

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABUL ÖRNEKLEME PLANLARININ BULANIK KÜME
YAKLAŞIMLARI ÇERÇEVESİNDE ANALİZİ

Gürkan IŞIK

DOKTORA TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Danışman

Prof. Dr. İhsan KAYA

Kasım, 2021

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KABUL ÖRNEKLEME PLANLARININ BULANIK KÜME YAKLAŞIMLARI
ÇERÇEVESİNDE ANALİZİ**

Gürkan IŞIK tarafından hazırlanan tez çalışması 10.11.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Endüstri Mühendisliği Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İhsan KAYA
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. İhsan KAYA, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Coşkun ÖZKAN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Emre ÇEVİKCAN, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ali Fuat GÜNERİ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Şule İtir SATOĞLU, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. İhsan KAYA sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Kabul Örnekleme Planlarının Bulanık Küme Yaklaşımları Çerçevesinde Analizi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Gürkan IŞIK

İmza

Bu alışma, Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) tarafından stn Başarılı Genç Bilim İnsanı dlleri (GEBİP) kapsamında desteklenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında bana yol gösteren, yardım ve emeklerini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. İhsan KAYA'ya, çalışmaya vakit ayırabilmem konusundaki fedakarlıklarından dolayı aileme, yöneticilerime ve çalışmaya desteğinden ötürü Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA)'ya teşekkürlerimi sunarım.

Gürkan IŞIK

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	xi
KISALTMA LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xvi
TABLO LİSTESİ	xviii
ÖZET	xix
ABSTRACT	xxi
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.1.1 α -Kesim Yaklaşımı ve Aralık Bulanık Kümeler	3
1.1.2 Bulanık Küme İşlemleri	4
1.1.3 Bulanık Dilsel Terim Kavramı	5
1.1.4 Bulanık Değiştirici Kavramı	8
1.2 Tezin Amacı	9
1.3. Hipotez	9
2 BULANIK KÜME UZANTILARI	10
2.1 Bulanık Küme Uzantılarının Sınıflandırması	10
2.2 Tip-2 Bulanık Küme	12
2.2.1 Aralık Tip-2 Bulanık Küme	13
2.2.2 Aralık Tip-2 Bulanık Küme İşlemleri	15
2.3 Sezgisel Bulanık Küme	15
2.4 Nötrosofik Küme	17
2.4.1 Aralık Nötrosofik Küme	21
2.4.2 Nötrosofik Kümelerde α -Kesimi	22

2.5	Pisagor Bulanık Küme	23
2.6	Tereddütlü Bulanık Küme	25
3	BULANIK KÜME UYGULAMALARI	27
3.1	Uygulamaların Konu Dağılımı	27
3.1.1	Karar Verme	29
3.1.2	İstatistik	32
3.1.3	Kalite Mühendisliği	33
4	BULANIK KÜME UZANTILARININ UYGULAMALARI	37
4.1	Karar Verme	37
4.1.1	Tip-2 Bulanık Kümeler İçin Karar Verme Uygulamaları	38
4.1.2	Sezgisel Bulanık Kümeler İçin Karar Verme Uygulamaları	38
4.1.3	Tereddütlü Bulanık Kümeler İçin Karar Verme Uygulamaları	39
4.1.4	Nötrosofik Bulanık Kümeler İçin Karar Verme Uygulamaları	40
4.1.5	Pisagor Bulanık Kümeler İçin Karar Verme Uygulamaları	41
4.2	İstatistik	42
4.3	Kalite Mühendisliği	43
4.3.1	Süreç Yeterlilik Analizi	43
4.3.2	Örnekleme Planları	45
4.3.3	Kontrol Diyagramları	48
5	KABUL ÖRNEKLEME PLANLARINDA BULANIK KÜME UYGULAMALARI	53
5.1	Kabul Örnekleme Planlarında Tip-1 Bulanık Küme Yaklaşımı	53
5.1.1	Kabul Örnekleme Planlarında Tip-1 Bulanık Küme Uygulamaları	53
5.2	Kabul Örnekleme Planlarında Bulanık Küme Uzantıları	54

5.2.1	Kabul Örneklem Planlarında Bulanık Küme Uzantıları	
	Uygulamaları	54
5.2.2	Nötrosofik Binom Dağılım	55
5.2.3	Nötrosofik Poisson Dağılım	56
5.2.4	Nötrosofik Örneklem Planı Yaklaşımlarının Detaylı Analizi . .	59
6	NÖTROSOFİK KABUL ÖRNEKLEME PLANI ÖNERİSİ	69
6.1	Bir Seviyeli Nicel Binom Nötrosofik Örneklem Planı Önerisi	69
6.1.1	Partinin Kabul Edilme Olasılığı.	70
6.1.2	Partinin Ret Edilme Olasılığı.	72
6.1.3	Partinin Kabul Durumunun Belirsiz Olması (Kararsızlık)	
	Olasılığı	73
6.1.4	Çıkan Ortalama Kalite (AOQ)	73
6.1.5	Ortalama Toplam Muayene (ATI)	73
6.1.6	Çalışma Karakteristiği (OC)	73
6.1.7	Örnek Uygulama	74
6.2	Bir Seviyeli Nicel Poisson Nötrosofik Örneklem Planı Önerisi	75
6.2.1	Partinin Kabul Edilme Olasılığı	76
6.2.2	Partinin Ret Edilme Olasılığı	76
6.2.3	Partinin Kabul Durumunun Belirsiz Olması (Kararsızlık)	
	Olasılığı	77
6.2.4	Çıkan Ortalama Kalite	77
6.2.5	Ortalama Toplam Muayene	77
6.2.6	Çalışma Karakteristiği (OC)	77
6.2.7	Örnek Uygulama	78

6.3 İki Seviyeli Nicel Binom Nötrosifik Örneklem Planı Önerisi	79
6.3.1 Partinin Kabul Edilme Olasılığı	81
6.3.2 Partinin Ret Edilme Olasılığı	81
6.3.3 Partinin Kabul Durumunun Belirsiz Olması (Kararsızlık) Olasılığı	82
6.3.4 Çıkan Ortalama Kalite (AOQ)	83
6.3.5 Ortalama Toplam Muayene	83
6.3.6 Ortalama Örnek Sayısı (ASN)	84
6.3.7 Çalışma Karakteristiğı	84
6.3.8 Örnek Uygulama	85
6.4 İki Seviyeli Nicel Poisson Nötrosifik Örneklem Planı Önerisi	86
6.4.1 Partinin Kabul Edilme Olasılığı	87
6.4.2 Partinin Ret Edilme Olasılığı	87
6.4.3 Partinin Kabul Durumunun Belirsiz Olması (Kararsızlık) Olasılığı	88
6.4.4 Çıkan Ortalama Kalite	88
6.4.5 Ortalama Toplam Muayene	89
6.4.6 Ortalama Örnek Sayısı	89
6.4.7 Çalışma Karakteristiğı	89
6.4.8 Örnek Uygulama	89
7 ARALIK NÖTROSOFİK KABUL ÖRNEKLEME PLANI ÖNERİSİ	92
7.1 Kabul Örneklemesinde Aralık Nötrosifik Kümeler	92
7.2 Bir Seviyeli Nicel Aralık Nötrosifik Örneklem Planı Önerisi	93
7.2.1 Partinin Kabul Edilme Olasılığı	95

7.2.2	Partinin Ret Edilme Olasılığı	95
7.2.3	Partinin Kabul Durumunun Belirsiz Olması (Kararsızlık)	
	Olasılığı	96
7.2.4	Çıkan Ortalama Kalite	96
7.2.5	Ortalama Toplam Muayene	96
7.2.6	Çalışma Karakteristiği	97
7.3	İki Seviyeli Nicel Aralık Nötrosifik Örnekleme Planı Önerisi	97
7.3.1	Partinin Kabul Edilme Olasılığı	98
7.3.2	Partinin Ret Edilme Olasılığı	99
7.3.3	Partinin Kabul Durumunun Belirsiz Olması (Kararsızlık)	
	Olasılığı	100
7.3.4	Çıkan Ortalama Kalite	102
7.3.5	Ortalama Toplam Muayene	102
7.3.6	Ortalama Örnek Sayısı	103
7.3.7	Çalışma Karakteristiği	103
7.4	Örnek Problem Çözümü	103
8	SEZGİSEL BULANIK KABUL ÖRNEKLEME PLANI ÖNERİSİ	106
8.1	Sezgisel Binom ve Poisson Dağılımları	107
8.2	Sezgisel Dilsel Bir Seviyeli Kabul Örnekleme	110
8.2.1	Partinin Kabul Edilme Olasılığı	110
8.2.2	Partinin Ret Edilme Olasılığı	111
8.2.3	Çıkan Ortalama Kalite	111
8.2.4	Ortalama Toplam Muayene	112
8.3	Sezgisel Dilsel İki Seviyeli Kabul Örnekleme	112

8.3.1	Partinin Kabul Edilme Olasılığı	112
8.3.2	Partinin Ret Edilme Olasılığı	114
8.3.3	Çıkan Ortalama Kalite	115
8.3.4	Ortalama Toplam Muayene	115
8.3.5	Ortalama Örnek Sayısı	116
8.4	Örnek Problem Çözümü	116
9	TEREDDÜTLÜ BULANIK DİLSEL KABUL ÖRNEKLEME PLANI	
	ÖNERİSİ	121
9.1	Tereddütli Bulanık Dilsel Terimler	121
9.2	Tereddütli Bulanık Dilsel Terimler Üzerine Yeni Bir Yaklaşım	124
9.3	Tereddütli Bulanık Dilsel Kabul Örnekleme Yaklaşımı Önerisi	127
9.4	Örnek Problem Çözümü	127
10	PİSAGOR BULANIK DİLSEL KABUL ÖRNEKLEME PLANI ÖNERİSİ	132
10.1	Pisagor Bulanık Dilsel Terimler	132
10.2	Pisagor Bulanık Dilsel İfade Üretmek için Bir Yaklaşım Önerisi . . .	133
10.3	Pisagor Bulanık Dilsel Kabul Örnekleme Önerisi	137
10.4	Örnek Problem Çözümü	138
11	TİP-2 BULANIK KABUL ÖRNEKLEME PLANI ÖNERİSİ	141
11.1	Aralık Tip-2 Bulanık Birli Kabul Örnekleme Önerisi	143
11.2	Aralık Tip-2 Bulanık İkili Kabul Örnekleme Önerisi	144
11.3	Örnek Problem Çözümü	148
12	SONUÇ VE ÖNERİLER	151
	KAYNAKÇA	154
	A NÖTROSOFİK PLANLAR İÇİN C++ PROGRAMI KAYNAK KODU	165
	TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	189

SİMGE LİSTESİ

u	Birim Başına Düşen Kusur Sayısı
$\tilde{A}$	Bulanık A Kümesi
$\pi_{\tilde{A}}$	Bulanık A Kümesine Ait Bilgi Yetersizliği Kaynaklı Belirsizlik
$\mu_{\tilde{A}}(x)$	Bulanık A Kümesine Ait Pozitif Üyelik Derecesi
$\nu_{\tilde{A}}(x)$	Bulanık A Kümesine Ait Üye Olmama Derecesi
$\eta_{\tilde{A}}(x)$	Bulanık A Kümesine Ait Yansız Üyelik Derecesi
$\tilde{T}_{a,b,c,d}(x)$	Bulanık Olasılık Dağılımı Fonksiyonu
S_{pk}	Çok Değişkenli Süreç Yeterlilik İndeksi
H	Değişkenin Adı
G	Değişken Adını Türetmek için Kullanılan Sözdizimsel Kural
M	Değişken Adları ile Bulanık Kümeleri Eşleştiren Anlamsal Kural
$T(H)$	Değişken Adlarından Oluşan Terim Kümesi
τ	İzin Verilen Kusur Durumu Belirsiz Parça Sayısı
c	İzin Verilen Kusurlu Parça Sayısı
T^2	Hotelling Test İstatistiği
C_{pmk}	Kayıp Bazlı Süreç Yeterlilik İndeksi
W^2	Kendall's Test İstatistiği
k	Kontrol Diyagramı Katsayısı
p	Kusurlu Parça Oranı
np	Kusurlu Parça Sayısı
i	Nötrosofik Senaryonun Belirsizlik Derecesi
t	Nötrosofik Senaryonun Doğruluk Derecesi

f	Nötrosifik Senaryonun Yanlılık Derecesi
θ	Ölçek Parametresi
$\bar{X}$	Örneklem Aritmetik Ortalaması
n	Örneklem Büyüklüğü
R	Örneklem Değişim Aralığı
S	Örneklem Standart Sapması
S^2	Örneklem Varyansı
Cpm	Sapma Bazlı Süreç Yeterlilik İndeksi
Cpl	Süreç Alt Yeterlilik İndeksi
Cpu	Süreç Üst Yeterlilik İndeksi
Cpk	Süreç Performans İndeksi
Cp	Süreç Potansiyel Yeterlilik İndeksi
β	Tüketici Riski
U	Uzay
α	Üretici Riski

KISALTMA LİSTESİ

AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci
ANK	Aralık Nötrosifik Küme
ANOVA	Varyans Analizi
ANP	Analitik Ağ Süreci
AQL	Kabul Edilebilir Kalite Seviyesi
ARAS	Toplamsal Oran Değerlendirmesi
ARL	Ortalama Koşum Uzunluğu
ASN	Ortalama Örnek Sayısı
ATI	Parti Başına Ortalama Muayene
BNP	En İyi Bulanık Olmayan Performans
COPRAS	Kompleks Orantılı Değerlendirme
CUSUM	Birikimli Ortalama
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇOK	Çıkan Ortalama Kalite
DEA	Veri Zarflama Analizi
DEMATEL	Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı
EDAS	Ortalama Çözümünden Uzaklık Bazlı Değerlendirme
ELECTRE	Eleme ve Seçim Gerçeklik Dışa Vurumu
EWMA	Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama
F-	Bulanık
FMEA	Hata Türleri Analizi
GWMA	Genel Ağırlıklı Hareketli Ortalama

HFLTS	Dilsel Tereddütlü Bulanık Küme
IT2FS	Aralık Tip-2 Bulanık Küme
LINMAP	Çok Boyutlu Tercih Analizi için Doğrusal Programlama
LQL	Sınırlayıcı Kalite Seviyesi
LSL	Alt Spesifikasyon Limiti
M-	Çok Değişkenli
MACBETH	Kategori Bazlı Değerlendirme Tekniği ile Caziplik Ölçme
MOORA	Oran Analizi Temelli Çok Amaçlı En İyileme
MST	En Küçük Ağaç Kapsama
MULTIMOORA	Tam Çarpımsal Form MOORA
N-	Nötrosofik
NBD	Nötrosofik Binom Dağılım
NK	Nötrosofik Küme
NPD	Nötrosofik Poisson Dağılım
OC	Çalışma Karakteristiği
PBK	Pisagor Bulanık Küme
PROMETHEE	Zenginleştirme Değerlendirmesi için Tercih Sıralama Organizasyon Yöntemi
QFD	Kalite Fonksiyon Yayılımı
SAW	Basit Toplamsal Ağırlıklandırma Yöntemi
SBK	Sezgisel Bulanık Küme
SVM	Destek Vektör Makinesi
SWARA	Adım Adım Değerlendirme Oranı Analizi
TBK	Tereddütli Bulanık Küme

TOPSIS	İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniğı
T2FCM	Tip-2 Bulanık C Ortalamaları
USL	Üst Spesifikasyon Limiti
ÜBK	Üçgen Bulanık Küme
VIKOR	Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
VSS	Değişken Örneklem Büyüklüğü
WASPAS	Ağırlıklı Kümelenmiş Kanı Yayılma Değerlendirmesi
YBK	Yamuk Bulanık Küme

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Bir üçgen T bulanık kümesi.....	2
Şekil 1.2 Bir yamuk T bulanık kümesi.....	2
Şekil 1.3 Üçgen ve yamuk bulanık kümeler için örnek α kesim.....	3
Şekil 1.4 α - kesim dönüşümü.....	4
Şekil 1.5 α - kesim yaklaşımı ile bulanık problem çözümü.....	4
Şekil 1.6 2 öğeli (M; -0,3) dilsel ifadesinin grafik gösterimi.....	7
Şekil 1.7 Kaydırma ve daraltma değiştiricileri uygulanmış bir bulanık küme.....	8
Şekil 2.1 Bulanık küme uzantıları.....	11
Şekil 2.2 (a) tip-1, (b) tip-2 ve (c) aralık tip-2 bulanık üyelik fonksiyonlarının karşılaştırılması.....	14
Şekil 2.3 Nötrosofik küme ile diğer kümelerin karşılaştırılması.....	21
Şekil 2.4 Aralık nötrosofik kümenin gösterimi.....	22
Şekil 2.5 Bir üçgen nötrosofik küme için örnek tip-1 α -kesimi.....	23
Şekil 3.1 Bulanık küme yayınlarının yıllara göre dağılımı.....	27
Şekil 4.1 Bulanık süreç yeterlilik indeksi çalışmalarının konu dağılımı.....	44
Şekil 5.1 Kusurlu olma, sağlam olma ve belirsizlik durumlarının dağılımı.....	68
Şekil 6.1 Bir seviyeli nötrosofik örnekleme planı muayene diyagramı.....	70
Şekil 6.2 Önerilen örnekleme planının standart örnekleme planı ile karşılaştırılması.....	72
Şekil 6.3 Örnek problem kümesi için çalışma karakteristiği diyagramı.....	74
Şekil 6.4 Örnek problem çözümüne dair bilgisayar çıktısı.....	75
Şekil 6.5 İkili nötrosofik örnekleme planı muayene diyagramı.....	80
Şekil 6.6 İki seviyeli örnek problem kümesi için çalışma karakteristiği	

diyagramı.....	84
Şekil 6.7 İki seviyeli örnek problemin çözümüne dair bilgisayar çıktısı.....	85
Şekil 6.8 Yakınsayan sonuçlara dair bilgisayar çıktısı.....	91
Şekil 7.1 Örnek problem için $\alpha = 0,4$ kesimi.....	104
Şekil 8.1 Örnek bir üyelik fonksiyonu için dilsel ifadeli α -kesimi.....	107
Şekil 8.2 Örnek problem için dilsel kusur bilgileri.....	117
Şekil 8.3 Farklı ürün segmentleri için kusurluluk α -kesimi düzeyleri.....	119
Şekil 9.1 Örnek bağlam bağımsız dilsel değerlendirmeler ve eşdeğer tereddütlü bulanık ifadeler.....	123
Şekil 9.2 Örnek bir değerlendirmeye eşdeğer sezgisel bulanık küme.....	127
Şekil 9.3 Sayısal örnekte kullanılan terim kümesi.....	128
Şekil 10.1 Mevcut ve önerilen pisagor bulanık dilsel yaklaşım adımları.....	134
Şekil 10.2 Örnek bir pisagor bulanık dilsel ifade üretme işlemi.....	135
Şekil 10.3 Ölçek limitlerine yakın örnek (a) sezgisel (b) pisagor bulanık üyelik fonksiyonları.....	137
Şekil 10.4 Örnek problem için pisagor bulanık parça kusurluluğu.....	139

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	Bulanık küme uzantıları yayın tarama sonuçları.....	11
Tablo 3.1	Bulanık küme uygulama alanları yayın tarama sonuçları.....	28
Tablo 3.2	Çok kriterli karar verme çalışmalarında kullanılan yöntemler.....	29
Tablo 4.1	Belirlenen kalite yönetimi konularına ilişkin bulanık küme uzantıları yayın sayıları.....	52
Tablo 5.1	Kabul örnekleme planlarına ilişkin nütrosifik küme uygulamaları.....	54
Tablo 6.1	Örnek problem için Pa değerlerinin karşılaştırması.....	72
Tablo 6.2	Örnek problemler için binom ve poisson sonuçlarının karşılaştırması.....	78
Tablo 6.3	İki seviyeli örnek problemler için binom ve poisson sonuçlarının karşılaştırması.....	90
Tablo 7.1	Üçgen nütrosifik küme için örnek problem sonuçları.....	104
Tablo 7.2	Aralık nütrosifik küme için problem sonuçları.....	105
Tablo 8.1	Kusur tiplerinin görece orantısı.....	117
Tablo 8.2	Sayısal örnek sonuçları.....	118
Tablo 8.3	Farklı ürün segmentleri için α -kesim ile elde edilen sonuçlar.....	120
Tablo 9.1	Sayısal örnek sonuçları.....	130
Tablo 10.1	Parça kusurluluğu için uzman değerlendirmeleri.....	138
Tablo 10.2	Elde edilen sayısal değerlendirmeler.....	139
Tablo 10.3	Dilsel pisagor bulanık değerlendirmeler için örnekleme planı sonuçları.....	140
Tablo 11.1	Örnek problem sonuçları.....	149

Kabul Örnekleme Planlarının Bulanık Küme Yaklaşımları Çerçevesinde Analizi

Gürkan IŞIK

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. İhsan KAYA

Klasik kabul örnekleme planlarında örneklem büyüklükleri ve kabul edilebilir kusur sayıları belirli değerler olarak ifade edilir. Fakat gerçek hayat problemlerinde bu değerlerin belirsizlik içermesi söz konusudur. Bulanık küme teorisi bu kapsamda kullanılabilecek en etkili yaklaşımlardan biridir fakat literatürde, kabul örnekleme planlarının belirsizlik altında modellenmesi konusunda çok az çalışma olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında, örnekleme planları, bulanık küme uzantıları yardımıyla farklı belirsizlik türleri altında modellenerek analizler gerçekleştirilmiş ve özellikle literatürde bu alandaki eksiklik giderilmeye çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda tez kapsamında nütrosifik kümeler (NK), sezgisel bulanık (SBK) ve tip-2 bulanık kümeler kullanılarak binom ve poisson dağılımları için örnekleme planları geliştirilmiştir. SBK için geliştirilen planlar dilsel terim yaklaşımıyla entegre edilmiştir. Bu planlar ayrıca dilsel pisagor bulanık kümeler (PBK) ve dilsel tereddütlü bulanık kümeler (TBK) için de kullanılabilir hale getirilmiştir. Önerilen yeni yaklaşımlar çerçevesinde örnekleme planlarının temel karakteristik fonksiyonlarından olan kabul ve ret ihtimalleri, ortalama örnek sayısı, ortalama

muayene sayısı, çıkan ortalama kalite ve çıkan ortalama kalite limiti analiz edilerek, geliştirilen istatistiksel dağılımlar doğrultusunda yeniden türetilmişlerdir. Ayrıca bu kümeleri esas alan temel istatistiksel dağılımlardan olan binom ve poisson dağılımları da yeniden tasarlanmıştır.

Geliştirilen bu planlar örnek sayısal problemler üzerinde incelenmiştir. Bulanık küme uzantılarının, geleneksel (tip-1) bulanık kümelere nazaran belirsizliği daha iyi temsil ettiği ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar, muayene kapsamındaki belirsizliğin uzmanlık yetersizliği, ölçüm yetersizliği vb. durumlardan kaynaklanmakta iken ise SBK kullanılarak modellenmesinin daha elverişli sonuçlar verdiğini göstermiştir. Eğer uzmanların görüşleri arasında önemli uyuşmazlıklar oluşuyor ise TBK kullanılarak, elde edilen verilerde tutarsızlık mevcut ise NK veya PBK yaklaşımıyla modelleme daha sağlıklı sonuçlar vermektedir. Bu küme türleri için oluşturulan planlarda, kabul veya ret kararının verilemediği kararsızlık durumu ortaya çıkabilmektedir. Eğer bu istenmeyen bir durum ise, insan faktöründen kaynaklı belirsizlik, sürecin kendisinden kaynaklı belirsizliklerle bir arada ele alınabilir. Böyle bir durumda, tip-2 bulanık kümeler ile modellemek daha elverişli olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kabul örnekleme planı, bulanık küme uzantısı, binom dağılım, poisson dağılım.

Analysis of Acceptance Sampling Plans based on Fuzzy Set Approach

Gürkan IŞIK

Department of Industrial Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Prof. Dr. İhsan KAYA

In classical ASPs, sample size and defective item proportion are expressed as certain values. However, in real case problems, these values may contain uncertainties and hesitancy. The Fuzzy Set Theory (FST) is one of the most efficient approaches to model these uncertainties. There are very few studies in the literature on modeling ASPs based on uncertainty. In this study, this gap in the literature has been tried to be closed by modeling sampling plans under different uncertainty types, aid of fuzzy set extensions. In this context, ASPs have been developed for binomial and poisson distributions using neutrosophic sets (NSs), intuitionistic fuzzy sets (IFSs) and type-2 fuzzy sets (T2FSs). The plans extended based on IFSs have been integrated with the linguistic term set approach. These plans have also been made available for linguistic pythagorean fuzzy sets (PFSs) and linguistic hesitant fuzzy sets (HFSs). By using the proposed new approaches, the basic characteristic functions of acceptance sampling plans such as average sampling number, average total inspection, average outgoing quality and average outgoing quality limit, have been also analyzed. Moreover, the binomial and poisson distributions have been reformulated based on this fuzzy set extensions.

The suggested ASPs have been examined on illustrative numerical examples. If the uncertainty is caused by the situations such as lack of expertise and insufficiency of measurement, modeling by using IFSs gives more convenient results. If there are significant variations between the expert evaluations, HFSs based modeling is preferable. If there is inconsistency in the input data, NSs or PFSs based modeling gives more reliable results. In the plans developed for these types of fuzzy sets, indeterminacy may arise as a third output in addition to the acceptance or the rejection. If this is an undesirable situation, modeling with T2FSs will be convenient.

Keywords: Acceptance sampling plan, fuzzy set extension, binomial distribution, poisson distribution.

1.1 Literatür Özeti

Klasik mantıkta önermelere ikili değerler kullanılarak cevap aranır, iki mutlak sonuç “0” ve “1” olarak ifade edilir. Klasik mantık üzerine inşa edilmiş matematiksel yaklaşım, olayları belirlilik altında inceleyen ve rahat uygulanabilir bir yaklaşımdır fakat doğada karşılaşılan belirsizlikleri modellemekte yetersiz kalmaktadır. Bulanık mantık, üyelik derecesi kavramını ortaya atar, 0 ve 1 arasındaki değerleri de dikkate alarak dile uygun değişkenler ile ifade eder. Bulanık küme, sürekli üyelik değerlerine sahip bir sınıftır ve belirsizlik düzeyi “üyelik derecesi” yardımı ile tanımlanır. “0” mutlak “yanlışı”, “1” ise mutlak “doğruluğu” gösterir. Bu üyelik derecesi belirsizliği tanımlamaya çalışan bir fonksiyonla ölçülebilir. Bu fonksiyon bir A Bulanık Kümesinin elamanlarını $[0,1]$ aralığındaki reel bir değere dönüştürür. Üyelik fonksiyonu matematik olarak 1.1 nolu denklemdeki şekilde ifade edilir [1]:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1] \quad (1.1)$$

Burada $\mu_{\tilde{A}}(x)$, “üyelik” derecesini ifade eder. Bunun tümleyeni olan $\mu_{\tilde{A}'}(x) = \vartheta_{\tilde{A}}(x)$ fonksiyonu ise “üye olmama” derecesini ifade eder ve üyelik derecesi ile ilişkisi 1.2 no’lu denklemde verilmiştir [1]:

$$\vartheta_{\tilde{A}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x) \quad (1.2)$$

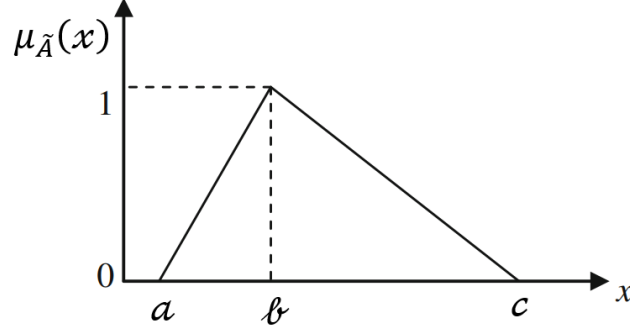
Bir bulanık küme 1.3 no’lu denklemdeki gibi ifade edilir [2]:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x) | x \in X)\} \quad (1.3)$$

Burada $\mu_{\tilde{A}}(x)$ üyelik fonksiyonu, X üyelik uzayıdır. Bulanık kümeler farklı tiplere sahip olabilmesine karşın en sık kullanılanlar üçgen ve yamuk bulanık kümelerdir. Üçgen bulanık küme (ÜBK) 1.4 no’lu denklemde gösterilen şekilde tanımlanır [3]:

$$\tilde{A}_{(a,b,c)}(x) = \begin{cases} \frac{(x-a)}{(b-a)}, & \text{ise } a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}, & \text{ise } b \leq x \leq c \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (1.4)$$

ÜBK için üyelik fonksiyonunun grafik gösterimi Şekil 1.1'deki gibidir:

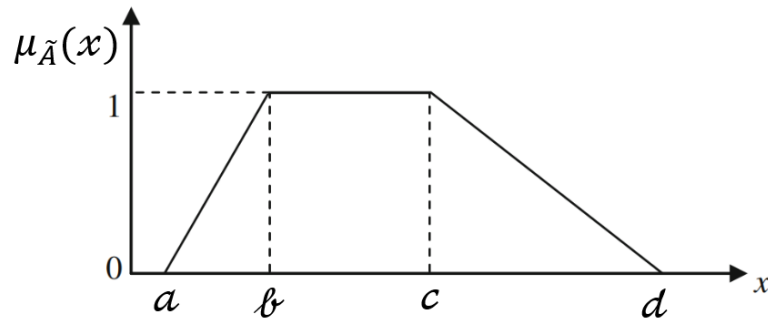


Şekil 1.1 Bir üçgen $\tilde{T}$ bulanık kümesi

Sık kullanılan diğer bulanık küme tipi ise yamuk bulanık kümedir (YBK). YBK 1.5 no'lu denklemdeki şekilde tanımlanır [3]:

$$\tilde{A}_{(a,b,c,d)}(x) = \begin{cases} \frac{(x-a)}{(b-a)}, & \text{ise } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{ise } b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}, & \text{ise } c \leq x \leq d \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (1.5)$$

YBK üyelik fonksiyonunun grafik gösterimi Şekil 1.2'de verilmiştir:



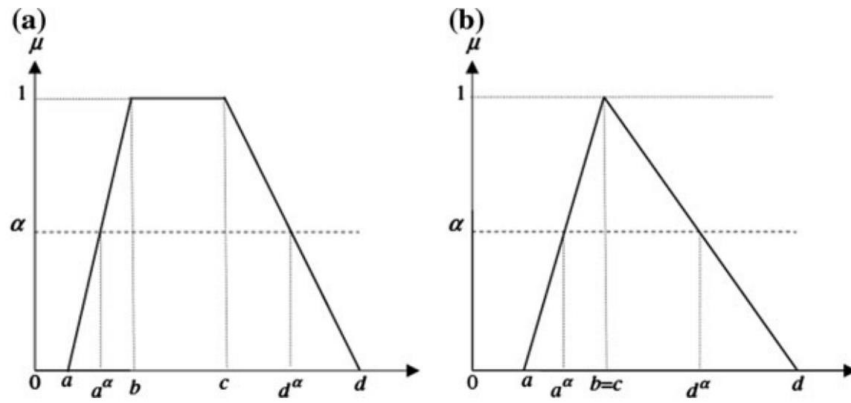
Şekil 1.2 Bir yamuk $\tilde{T}$ bulanık kümesi

Bir bulanık $\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x), \vartheta_{\tilde{A}}(x) | x \in X)\}$ kümesi içerisindeki bir elemana ilişkin üye olma ve üye olmama dereceleri sırasıyla $\mu_{\tilde{A}}$ ve $\vartheta_{\tilde{A}}$ olarak yeniden ifade edilerek $\langle \mu_{\tilde{A}} \in [0,1], \vartheta_{\tilde{A}} \in [0,1] \rangle$ şeklinde elde edilen yapıya bulanık sayı denir [4].

1.1.1 α -Kesim Yaklaşımı ve Aralık Bulanık Kümeler

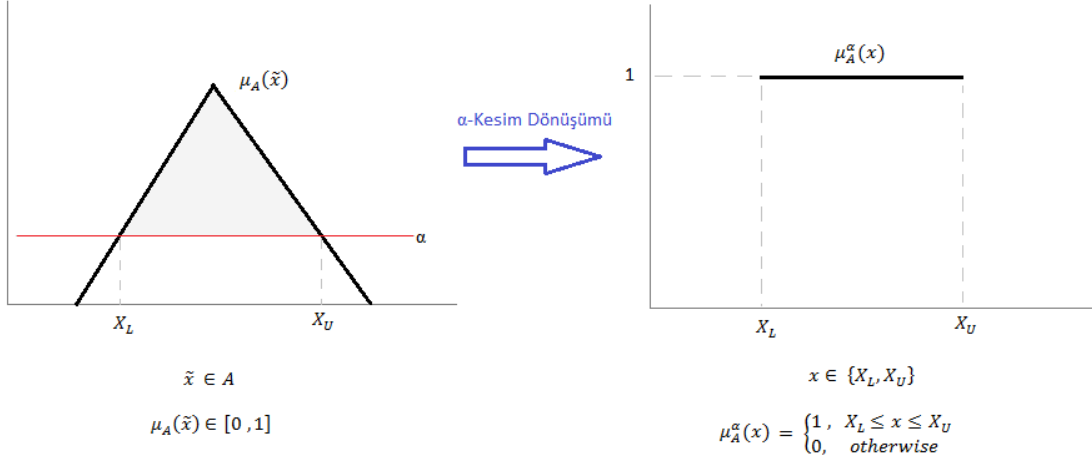
Bulanık sayılar doğrudan mühendislik problemlerinde kullanmaya her zaman uygun değildir. Çünkü bazen üyelik derecesi bilgisi keskin (crisp) sayı olarak ifade edilemeyecek şekilde belirsizdir. Bazen de problemin doğası gereği üyelik derecesinin modele yansıtılması mümkün olmayabilir. Ayrıca, bulanık kümeler ile işlem yapmak her zaman kullanışlı da olmamaktadır. Özellikle mühendislik problemlerinde karmaşıklığı azaltmak için genellikle durulaştırma yaklaşımları yardımıyla bulanık sayılar işlem yapması daha basit olan aralık değerli sayılara dönüştürülür. Durulaştırma yaklaşımları içerisinde en yaygın olanı α -kesim yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda, üyelik fonksiyonu belirlenmiş bir eşik değeri seviyesinden yatay olarak kesilir. Bu seviyenin üzerinde bir üyelik derecesine sahip olan üye elemanları tam üye, daha düşük üyelik derecesine sahip olan elemanlar ise hiç üye değilmiş gibi kabul edilir. Bu sayede aralık değerli bir küme elde edilir [5]. Bu aralık değerli sayı için üyelik derecesi keskin (crisp) sayı olarak ifade edilebileceği için modellerde kolaylıkla kullanılabilir [6], [7].

(a,b,d) şeklinde temsil edilen bir ÜBK ve (a,b,c,d) şeklinde temsil edilen bir YBK ye α -kesim uygulandığında Şekil 1.3'teki aralık değerli sayılar elde edilir.



Şekil 1.3 Üçgen ve yamuk bulanık kümeler için örnek α kesim [3]

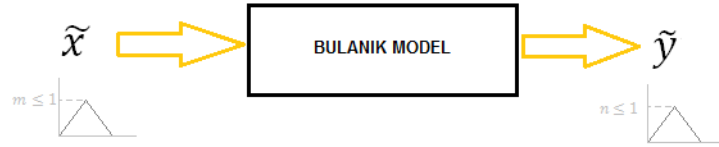
Zadeh [5], dilsel olasılık problemlerinin modellenmesi ile ilgili çalışmasında α -kesim yaklaşımının temellerini atmıştır. Bu erken çalışmaya rağmen, α -kesim yaklaşımının bulanık mantık uygulamalarında kullanılmaya başlaması zaman almıştır. Yager [8], α -kesimi aralık değerli bulanık kümeler için genelleştirmiştir.



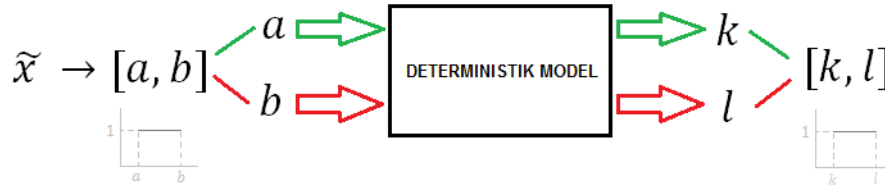
Şekil 1.4 α - kesim dönüşümü

α -kesim dönüşümü ile birlikte artık üyelik derecesi bilgisi modele yansıtılamaz duruma gelmektedir ve değişkenler bir aralık olarak ifade edilebilir. Şekil 1.4'ten de görüldüğü gibi bulanık küme bir aralık sayıya; $[a, b]$ dönüştürülür ve problem aralığın alt ve üst limitleri için (a ve b için) iki kez deterministik olarak çözülür. Böylece iki adet sonuç elde edilir. Bu iki sonuç bir araya getirilerek nihai sonuç aralık olarak ifade edilir. α - kesim dönüşümü ile çözüm Şekil 1.5'te şematize edilmiştir.

Bulanık Model ile Çözüm



α -Kesim Dönüşümü ile Çözüm



Şekil 1.5 α - kesim yaklaşımı ile bulanık problem çözümü

1.1.2 Bulanık Küme İşlemleri

İki aynı şekilli bulanık küme arasında aritmetik işlemler gerçekleştirilebilir. Yamuk şeklindeki iki bulanık küme $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$, $B =$

(b_1, b_2, b_3, b_4) arasında toplama çıkarma, çarpma ve bölme işlemleri 1.6-1.9 no'lu denklemlere göre gerçekleştirilir [1]:

$$\begin{aligned} A \oplus B &= (a_1, a_2, a_3, a_4) \oplus (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4) \end{aligned} \quad (1.6)$$

$$\begin{aligned} A \ominus B &= (a_1, a_2, a_3, a_4) \ominus (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1 - b_4, a_2 - b_3, a_3 - b_2, a_4 - b_1) \end{aligned} \quad (1.7)$$

$$\begin{aligned} A \otimes B &= (a_1, a_2, a_3, a_4) \otimes (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, a_3 \times b_3, a_4 \times b_4) \end{aligned} \quad (1.8)$$

$$\begin{aligned} A \oslash B &= (a_1, a_2, a_3, a_4) \oslash (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1/b_4, a_2/b_3, a_3/b_2, a_4/b_1) \end{aligned} \quad (1.9)$$

$a_2 = a_3$ ve $b_2 = b_3$ kabul edilirse aynı denklemler ÜBK için de kullanılabilir. Pozitif reel sayılardan oluşan sınır değerlerine sahip iki aralık bulanık kümenin $A = [a_1, a_3]$, $B = [b_1, b_3]$ birbirleriyle toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemleri 1.10-1.13 no'lu denklemlere uygun olarak gerçekleştirilir [9]:

$$A \oplus B = [a_1, a_3] \oplus [b_1, b_3] = [a_1 + b_1, a_3 + b_3] \quad (1.10)$$

$$A \ominus B = [a_1, a_3] \ominus [b_1, b_3] = [a_1 - b_3, a_3 - b_1] \quad (1.11)$$

$$A \otimes B = [a_1, a_3] \otimes [b_1, b_3] = [a_1 \times b_1, a_3 \times b_3] \quad (1.12)$$

$$A \oslash B = [a_1, a_3] \oslash [b_1, b_3] = [a_1/b_3, a_3/b_1] \quad (1.13)$$

1.1.3 Bulanık Dilsel Terim Kavramı

Bazı gerçek hayat probleminde olayları ve durumları sayılar ile ifade etmek kolay değildir. Dilsel bilgilerin kullanımı daha uygun ve anlaşılır olabilmektedir. Zadeh [5], bulanık küme modellerindeki belirsizliği yönetmek için bulanık dilsel yaklaşım kavramını ortaya atmıştır. Dilsel değişkenleri “değerleri doğal veya yapay bir dildeki kelimeler veya cümleler olan değişkenler” olarak tanımlar. Dilsel değerler sayılardan daha az kesinliğe sahiptir fakat insan düşünsel süreçlerine daha yakındır. Bir dilsel değişken 5'li bir yapıda 1.14 no'lu denklemdeki gibi gösterilir:

$$(\emptyset, T(\emptyset), U, G, M) \quad (1.14)$$

Burada $\wp$ değişkenin adı, $T(\wp)$ (veya basitçe T) $\wp$ 'nin terim kümesidir (ör: dilsel değerler kümesi). Her bir T değeri, genel olarak X ile simgelenen U uzayında dağılmış bulanık değişkenlerdir. G , $\wp$ 'nin değerlerinin isimlerini üretmek için kullanılan bir sözdizimsel kuraldır. M tüm $\wp$ 'ler ile anlamlarını eşleştiren, U 'unun bulanık bir alt kümesi olan bir anlamsal kuraldır [5].

Dilsel terimler iki grupta sınıflandırılabilir: sıralı yapı yaklaşımı ve bağlam bağımsız yaklaşım [10]. Sıralı yapı yaklaşımında, terim kümesi bir ölçek üzerinde dağılır ve toplam sıralama tanımlıdır. Bu yaklaşım, ara değerlerin belirlenmesi için bir uzlaştırma operatörüne ihtiyaç duyar. Bağlam bağımsız yaklaşımda ise terimler dilsek terim cümleleri bir kapsama bağlı olmaksızın tanımlanır [10].

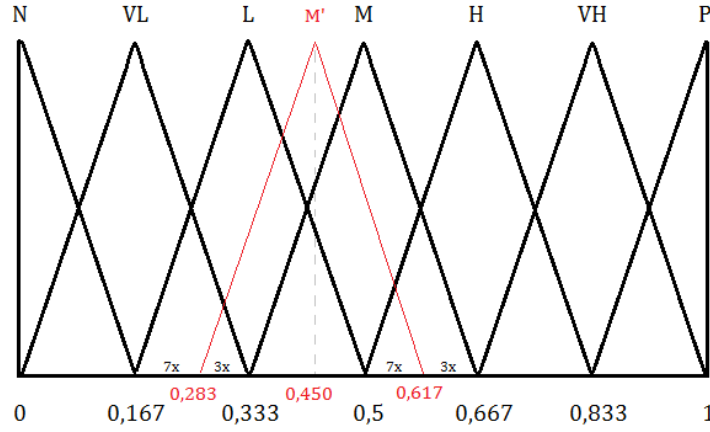
Bir terim kümesine karar verilmesi $T(\wp)$, U , G ve M 'ye karar verilmesi anlamına gelir. Burada belirlenen $M(X)$ bulanık alt kümesi üçgen, yamuk gibi herhangi bir şekle sahip olabilir. Bunun yanında, $M(X)$ kümesi sezgisel, tereddütlü vb. herhangi bir bulanık küme uzantısı yapısında da olabilir. Terim kümesi belirlenirken benimsenen temel yaklaşım, terim kümesinin keyfi olarak belirlenmesi ve bu kümeye ilişkin $M(X)$ bulanık alt kümelerinin sınır değerlerinin birbiri ile çakışık olmasıdır.

Sıralı yapıda bir terim kümesi oluşturmak için dilsel tanımlayıcılara ve onların anlamsal kurallarının belirlenmesi gerekir. Bunu yaparken en popüler yaklaşım, keyfi bir kümenin belirlenmesi ve bu kümedeki her bir terim için bir anlamsal karşılığın belirlenmesidir. Belirlenen terim kümesi şu koşulları sağlamalıdır [11]:

- $j = g - i$ iken $Neg(s_i) = s_j$ şartını sağlayan bir uzlaştırma operatörüne sahip olmalıdır. Burada $Neg()$ ifadesi uzlaştırma operatörünü temsil etmektedir.
- $s_i \leq s_j \Leftrightarrow i \leq j$ şartını sağlayan en büyükleme ve en küçükleme operatörlerine sahip olmalıdır.

Terim kümesi belirlenirken dikkat edilmesi gereken en önemli husus kümedeki terimlerinin sayısının doğru seçilmesidir. Eğer çok küçük bir terim kümesi belirlenmiş ise küme kısıtlayıcı olabilmektedir. Bunu aşmak için, küme elemanları ile doğrudan örtüşmeyen ara değerlere karar vermede kullanılacak

bir kestirim sürecine ihtiyaç vardır. Bu da veri kaybına neden olabilmektedir [11]. Diğer taraftan, eğer terim kümesi haddinden fazla büyük ise, bu defa da dilsel ifadeler anlamını yitirebilir ve kafa karışıklığına sebep olabilir. Bu iki sakıncayı da önlemek adına Herrera & Martínez [11] tarafından 2 ögeli terim kümesi yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşımda bulanık değişkenler bir dilsel terim ve “bilgi farkı” ismi verilen $[-0,5; 0,5)$ aralığındaki bir sayısal değer birleşimi şeklinde ifade edilir [11]. Örneğin (Yüksek; 0) şeklinde tanımlanan bir değişken, (Yüksek; -0,3) ile tanımlanan değişkenden büyük, (Yüksek; 0,2) ile tanımlanan değişkenden küçük bir bulanık sayıdır. Örneğin Şekil 1.6’da $M' = (M, -0,3)$ şeklindeki dilsel 2 ögeli bir ifade, L ile M arasında ancak M’ye daha yakın bir nokta olarak gösterilmektedir.



Şekil 1.6 2 ögeli (M; -0,3) dilsel ifadesinin grafik gösterimi

Verilen $g + 1$ elemanlı sıralı yapıda bir $S = \{s_i\} = \{s_0, \dots, s_g\}$ dilsel terim kümesi için,

$\alpha \in [-0,5; 0,5)$ bilgi farkı terimini ifade edecek şekilde bir 2 ögeli dilsel ifade 1.15 no’lu denklemdeki gibi gösterilir.

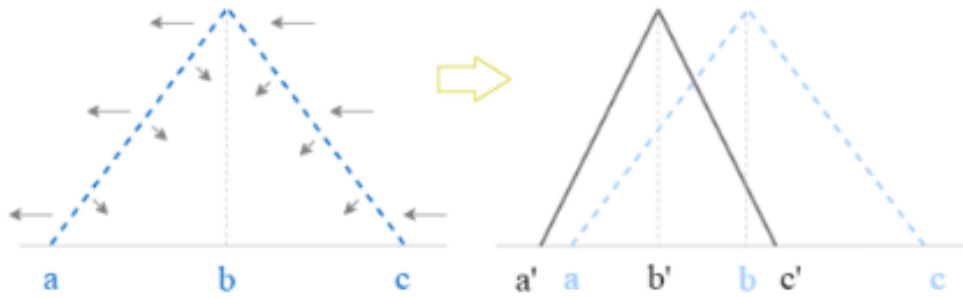
$$f_{I2T_{S=(s_i, \alpha)}} = \begin{cases} f_{10(1-\alpha)}^- & , \alpha < 0 \\ f_{s_i} & , \alpha = 0 \\ f_{10\alpha}^+ & , \alpha > 0 \end{cases} \quad (1.15)$$

Burada f_{s_i} , s_i terimine karşılık gelen bulanık kümeyi, $F^-(s_i) = \{f_{i_j=0, \dots, 9}^-\}$, $[s_{i-1}, s_i)$ aralığında eşit aralıkla konumlandırılmış etiketlenmemiş ardışık 10 adet bulanık kümeyi ve $F^+(s_i) = \{f_{i_j=0, \dots, 9}^+\}$ ise $(s_i, s_{i+1}]$ aralığında eşit aralıkla

konumlandırılmış etiketlenmemiş ardışık 10 adet bulanık kümeyi temsil etmektedir.

1.1.4 Bulanık Değiştirici Kavramı

Bir bulanık değiştirici iki bulanık küme arasında eşleme sağlayan bir değişkendir. Eğer iki bulanık küme arasındaki dönüşüm, bulanık kümelerle ilişkin diğer işlemlerden önce yapılırsa “ön değişiklik”, tüm işlemlerden sonra yapılırsa “son değişiklik” olarak isimlendirilir. Bulanık değiştiriciler dilsel ifadeler de olabilir. Eşleme sonucu ortaya çıkan yeni üyelik fonksiyonu, kaynak fonksiyondan daha dar olabileceği gibi, daha geniş de olabilir. Bulanık değiştiriciler, türüne bağlı olarak bulanık küme üzerinde çeşitli dönüşümler yapabilirler. Kümeyi tanımlı ekseninde kaydırabilir, genişletip daraltabilir. Ayrıca oluşan yeni kümedeki üyelik dereceleri, bulanık değiştiricinin türüne bağlı olarak zayıflayabilir veya kuvvetlenebilir. Yoğunlaştırıcı bulanık değiştiriciler kısıtlayıcı türdedir çünkü bulanık küme genişliğini, diğer bir deyişle kümenin kapsayıcılığını daraltırlar [12]. Değiştirici uygulanmış örnek bir bulanık küme Şekil 1.7’de gösterilmiştir. Değiştiricilere şu örnekler verilebilir: normalizasyon, eşlenik, parçalı doğrusal, kuvvetlendirme, genişleme, rhodes-menani, ters yoğunlaştırma, kuz’mın, köhler değiştirileri vb. [13].



Şekil 1.7 Kaydırma ve daraltma değiştiricileri uygulanmış bir bulanık küme

Doğrusal dönüşümlü yoğunlaştırıcı kuz’mın değiştiricisi bulanık kümeleri daraltmak için kullanılabilecek bir bulanık değiştiricidir. Temel olarak yaptığı işlem, bulanık kümenin destek noktalarını verilen bir değişkene bağlı olarak merkeze doğru kaydırmaktır. $M = \{m_i\} = \{m_0, \dots, m_h\}$, yoğunlaştırıcı kuz’mın değiştiricisi için bir dilsel terim kümesi olsun. Verilen bir üçgen bulanık $A =$

(a, b, c) kümesi için kuz'min değıştiricisi ile elde edilmiş yeni bulanık küme A' , 1.16 no'lu denklemdeki gibi hesaplanır [14]:

$$A' = \left(b - \frac{i \times (b - a)}{h}, b, b + \frac{i \times (c - b)}{h} \right) \quad (1.16)$$

1.2. Tezin Amacı

Bu çalışmada, Bulanık Küme ve uzantıları incelenmiştir. Bulanık küme uzantılarının bazı temel Endüstri Mühendisliği alanlarındaki uygulamaları araştırılmış ve henüz yeterli çalışmanın yapılmadığı alanlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda henüz literatürde yeterli uygulama alanı olmayan örnekleme planlarının bulanık küme uzantıları kapsamında analiz edilmesi ve değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Temel karakteristik fonksiyonların ve istatistiksel dağılımların bulanık küme yaklaşımları kapsamında değerlendirilmesi ve analiz edilmesi, bu kapsamda yeni önerilerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

1.3. Hipotez

Gerçek hayat problemleri içerdikleri belirsizlik ve klasik örnekleme planlarının ihtiyacı olan kesinlik durumundan dolayı, klasik örnekleme planlarının bulanık küme yaklaşımı çerçevesinde analiz edilmesi daha uygun olabilecektir. Klasik kabul örnekleme planları belirli örneklem büyüklükleri ve belirli olasılık dağılımları ile ifade edilmektedir. Oysa özellikle gerçek hayat problemlerinde gerek örneklem büyüklüğü gerekse de olasılık dağılımının net olarak ifade edilemediği durumlar olabilir. Bu tip durumları yönetebilmek için plan parametrelerinin bulanık kümeler ile ifade edilmesi yönünde çalışmalar yapılmıştır. Ancak bunlar yalnızca klasik tip-1 bulanık kümeler için yapılmıştır. Bu çalışmada bulanık küme uzantılarının örnekleme planlarında kullanımı ile birlikte daha etkin modellerin kurulabileceği ve daha tutarlı sonuçlar elde edilebileceği değerlendirilmekte ve bulanık küme uzantılarının klasik örnekleme planlarına entegre edilmesinin daha etkili ve anlamlı olacağı değerlendirilmektedir.

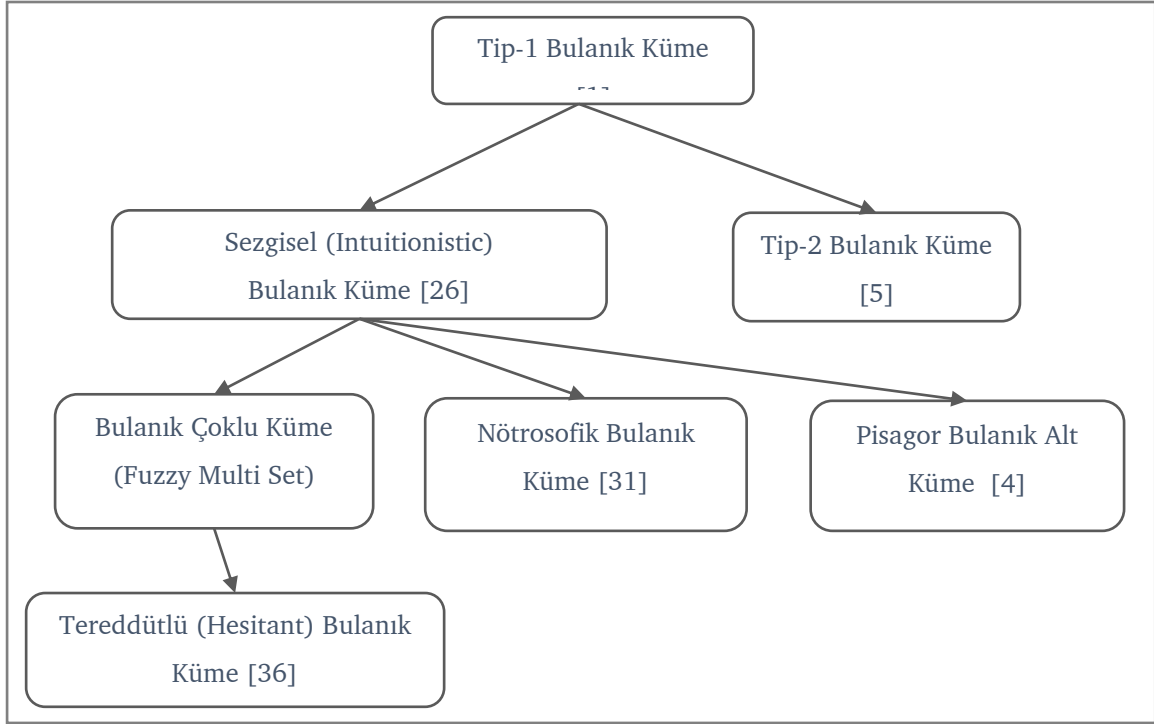
2.1 Bulanık Küme Uzantılarının Sınıflandırması

Bulanık küme yaklaşımı her ne kadar problemleri gerçeğe daha yakın modellemeyi sağlasa da bazı noktalarda yetersiz kalabilmektedir. Bu da bulanık küme uzantılarının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Kahraman vd. [15], bulanık küme uzantılarını aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır:

- Tip-1 Bulanık Küme: Sürekli bir üyelik derecesi fonksiyonunu temel alır. Zaman içerisinde farklı bulanık küme dağılımları oluşturulmuş, durulaştırma vb. geliştirmeler gerçekleştirilmiştir.
- Tip-n Bulanık Küme: Üyelik fonksiyonu belirsizlik içeren bulanık sayılardır. En yoğun kullanılanı Tip-2 bulanık kümelerdir. Tip-2, üzerinde en çok çalışma yapılan üçüncü bulanık küme uzantısıdır.
- Aralık Değerli Bulanık Küme: Bulanık kümelerin özel bir durumudur. Üyelik fonksiyonu aralık ile ifade edilir.
- Sezgisel Bulanık Küme (SBK): Üzerinde en çok çalışma yapılan bulanık küme uzantılarından biridir. Üyelik ve üye olmama derecelerinin toplamının 1'den küçük olduğu bulanık kümelerdir. SBK için yeni operatörler sunulmuş, çeşitli optimizasyon problemlerinde kullanılmak üzere modeller sunulmuştur.
- Bulanık Çoklu Küme: Üyelik fonksiyonu, “üyelik sayısı” ile ifade edilir. Üyelik sıralaması, elemanların azalan sıralaması olarak tanımlanır. Genellikle sınıflandırma algoritmalarında kullanılmıştır.
- Durağan Olmayan Bulanık Küme: Üyelik fonksiyonu zamana bağlı sürekli bir bölge ile ifade edilen bulanık kümelerdir. Çok fazla uygulama alanı bulamamıştır.
- Tereddütlü Bulanık Küme (TBK): Üzerinde en çok çalışma yapılan ikinci bulanık küme uzantısıdır. Her bir eleman için birden fazla üyelik derecesi

değerinin olduğu bulanık kümelerdir. Sıkça SBK yaklaşımı ile birlikte kullanılmıştır. Veri toplama aşamasında dilsel ifadelerin kullanılması ve bu ifadelerden yola çıkılarak üyelik derecesi kümeleri oluşturulması, TBK üzerinde yapılan en önemli açılımlardan biridir.

Bu uzantılar arasındaki ilişki Şekil 2.1’de verilmiştir:



Şekil 2.1 Bulanık küme uzantıları

Kahraman & Yanık [3] ve Kahraman vd. [15] tarafından değinilen bulanık küme uzantıları, 2015 yılından itibaren Google Scholar üzerinde taranmış ve Tablo 2.1’deki sonuçlar elde edilmiştir:

Tablo 2.1 Bulanık küme uzantıları yayın tarama sonuçları

Arama İfadesi	Sonuç Sayısı
Fuzzy	613.000
Fuzzy Extension	177.000
“Type-2 Fuzzy”	21.100
“Intuitionistic Fuzzy”	20.700
“Hesitant Fuzzy”	12.800
Neutrosophic	13.500

Tablo 2.1 Bulanık küme uzantıları yayın tarama sonuçları (devamı)

“Interval-Valued Fuzzy”	11.500
“Pythagorean Fuzzy”	5.350
"Linguistic Fuzzy"	4.690
“Bipolar Fuzzy”	2.460
“Picture Fuzzy”	2.330
“Spherical Fuzzy”	1.190
“Orthopair Fuzzy”	1.570
“Fuzzy MultiSet”	368
“Type-n Fuzzy”	311
“Non-Stationary Fuzzy”	93

Sonuçlar göstermektedir ki son yıllarda yapılan çalışmalarda en sık kullanılan bulanık küme uzantıları SBK, Tip-2, TBK, Nötrosofik ve PBK’dir.

2.2 Tip-2 Bulanık Küme

Tip-1 bulanık kümelerin kullanımı ile gerçek hayattaki ve doğadaki belirsizliklerin modellenmesi mümkün olmuş ve daha başarılı sonuçlar veren modeller kurulabilmeye başlanmıştır. Tip-1 bulanık kümelerin parametreleri kesin değerlerdir. Fakat bulanık üyelik fonksiyonları belirlenirken fonksiyonu parametrelerinin deterministik oluşu modelleme kalitesini düşürebilmektedir. Çünkü bazı durumlarda belirsizlik, bu parametrelerin kesin olarak belirlenemeyeceği kadar fazla olabilmektedir. Zadeh [5] bu parametrelerin de bulanık kümeler ile ifade edildiği tip-2 bulanık kümeleri önermiştir. Tip-2 bulanık kümelerin grafik gösterimi Şekil 2.2’de verilmiştir.

Belirli bir $x \in X$ değeri için, bulanık küme x düzeyinden düşey olarak kesildiğinde birden fazla üyelik derecesi elde edilmektedir ancak bu üyelik derecelerinin kesinlikleri birbiriyle aynı değildir. Bu sebeple bir tip-2 üyelik fonksiyonu 3-boyutlu bir yapıda karakterize edilir [16]. Diğer bir deyişle bir tip-2 bulanık küme, her bir $x \in X$ değeri için birincil ve ikincil üyelik fonksiyonlarına sahiptir. Tip-2 bulanık küme, bu ikisinin kolektif temsilidir. X uzayındaki bir $\tilde{A}$ tip-2 bulanık kümesi $\mu_{\tilde{A}}$ üyelik fonksiyonu ile 2.1 no’lu denklemdeki gibi ifade edilir [16] [2]:

$$\tilde{A} = \left\{ ((x, u), \mu_{\tilde{A}}(x, u)) \mid \forall x \in X, \quad \forall u \in J_x \subseteq [0,1], \quad 0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x, u) \leq 1 \right\} \quad (2.1)$$

Burada J_x , $[0,1]$ aralığını simgeler.

Sürekli ve kesikli üyelik fonksiyonlarına sahip Tip-2 bulanık kümeler 2.2-2.3 no'lu denklemlerdeki şekilde de gösterilebilir [19]:

$$\tilde{A} = \int_{\forall x \in X} \int_{\forall u \in J_x \subseteq [0,1]} \mu_{\tilde{A}}(x, u) / (x, u) = \int_{\forall x \in X} \left[\int_{\forall u \in J_x \subseteq [0,1]} \frac{f_x(u)}{u} \right] / (x) \quad (2.2)$$

$$\tilde{A} = \sum_{\forall x \in X} \sum_{\forall u \in J_x} \mu_{\tilde{A}}(x, u) / (x, u) \quad , J_x \subseteq [0,1] \quad (2.3)$$

$\int$ tüm geçerli x ve u üzerinden birleşimi ifade eder.

2.2.1 Aralık Tip-2 Bulanık Küme

Gerçek hayat mühendislik problemlerinde tip-2 bulanık kümeler ile çalışmak bazen büyük zorluklar getirebilmektedir. Çünkü her bir $x \in X$ için farklı bir ikincil üyelik fonksiyonu söz konusu olabilmektedir. Bu da hesaplama ve karar vermede zorlukları beraberinde getirir. Bu durum araştırmacıları aralık tip-2 bulanık kümelere yöneltmiştir. Aralık tip-2 bulanık kümeler, genel tip-2 bulanık kümelerin özel bir formudur. Aralık tip-2 bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları tek değer yerine bir aralık olarak ifade edilir [21]. Aralık değerli kümelerle çalışmak kolaydır çünkü ikincil üyelik derecesi 0 veya 1 dışında değer almaz [19].

Bir X uzayındaki $\mu_{\tilde{A}}(x, u) \in [0,1]$ tip-2 üyelik fonksiyonuna sahip bir $\tilde{A}$ bulanık kümesinin tüm elemanları için $\mu_{\tilde{A}}(x, u) = 1$ şartı sağlanıyor ise bu küme aralık tip-2 bulanık küme olarak isimlendirilir. Matematik gösterimi 2.4 no'lu denklemdeki şekildedir [17] [22]:

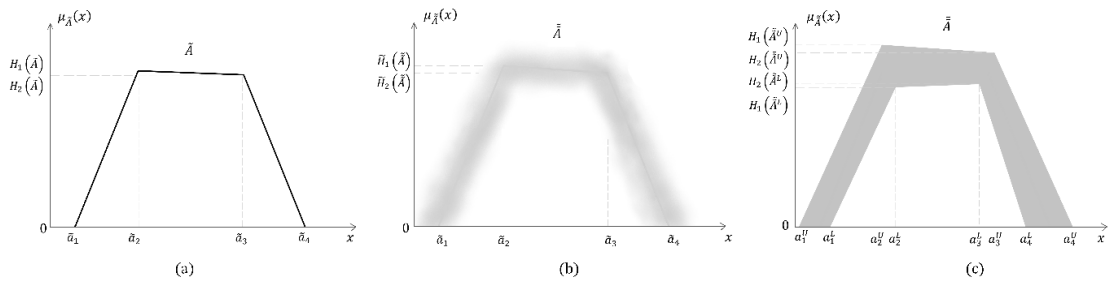
$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_x} 1 / (x, u) \quad , J_x \subseteq [0,1] = \int_{x \in X} \left[\int_{u \in J_x} \frac{1}{u} \right] / x \quad , J_x \subseteq [0,1] \quad (2.4)$$

Tip-2 bulanık kümeler α -düzlem yaklaşımı kullanılarak aralık tip-2 bulanık kümelere dönüştürülebilir. Bu yaklaşımda bir α eşik değeri belirlenir ve ikincil üyelik fonksiyonu bu düzeyden kesilir. Küme elemanları, daha büyük üyelik

dereceleri için tam üye, daha küçük üyelik dereceleri için üye değil olarak kabul edilir. Bir X uzayındaki $\tilde{A}$ tip-2 bulanık kümesinin α -düzlemi ($\tilde{A}_\alpha$) ikincil üyelik derecesi $\alpha \in [0,1]$ 'e eşit veya büyük olan tüm birincil üyelik derecelerinin birleşimidir. $\tilde{A}_\alpha$ 2.5 no'lu denklemdeki gibi formüle edilir [23]:

$$\begin{aligned}\tilde{A}_\alpha &= \{(x, u), \mu_{\tilde{A}}(x, u) \geq \alpha \mid \forall x \in X, \forall u \in J_x \subseteq [0,1]\} \\ &= \int_{\forall x \in X} \int_{\forall u \in J_x} \{(x, u) \mid f_x(u) \geq \alpha\}\end{aligned}\quad (2.5)$$

Şekil 2.2'de görüldüğü üzere aralık tip 2 bulanık kümeler, alt ve üst limitleri temsil eden iki adet tip-1 bulanık kümenin bir araya gelmesinde oluşur [24]. Bu da aralık tip-2 kümelerin destek, çekirdek ve tepe noktalarını kullanarak bir matematiksel gösterim yapılabilmesine olanak sağlar.



Şekil 2.2 (a) tip-1, (b) tip-2 ve (c) aralık tip-2 bulanık üyelik fonksiyonlarının karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında, daha kapsayıcı olduğu için tip-2 için YBK incelenmiştir. Çekirdek noktaları (a_2 ve a_3) eşit kabul edildiğinde, aynı formüller ÜBK için de kullanılabilir. Alt ve üst limit için $(a_1^U, a_2^U, a_3^U, a_4^U, a_1^L, a_2^L, a_3^L, a_4^L)$ destek ve çekirdek noktalarına ve $H_1(\tilde{A}^U)$, $H_2(\tilde{A}^U)$, $H_1(\tilde{A}^L)$, $H_2(\tilde{A}^L)$ yüksekliklere sahip Şekil 2.2.b'de gösterilen bir $\tilde{A}$ aralık tip-2 bulanık kümesinin matematik gösterimi 2.6 no'lu denklemdeki gibidir [24]:

$$\begin{aligned}\tilde{A}_i &= (\tilde{A}^U, \tilde{A}^L) \\ &= \left((a_1^U, a_2^U, a_3^U, a_4^U; H_1(\tilde{A}^U), H_2(\tilde{A}^U)), (a_1^L, a_2^L, a_3^L, a_4^L; H_1(\tilde{A}^L), H_2(\tilde{A}^L)) \right)\end{aligned}\quad (2.6)$$

2.2.2 Aralık Tip-2 Bulanık Küme İşlemleri

Yamuk aralık tip-2 bulanık küme işlemleri Lee ve Chen [24] tarafından incelenmiştir. İki aralık tip-2 bulanık küme olan $\tilde{A}_1 = (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L)$ ve $\tilde{A}_2 = (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L)$ arasında toplama, çıkarma ve çarpma işlemleri 2.7-2.9 no'lu denklemlerdeki gibi yapılır [24]:

$$\begin{aligned}\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 &= (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) \oplus (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) \\ &= ((a_{11}^U + a_{21}^U, a_{12}^U + a_{22}^U, a_{13}^U + a_{23}^U, a_{14}^U + a_{24}^U; \\ &\quad \min(H_1(\tilde{A}_1^U), H_1(\tilde{A}_2^U)), \min(H_2(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_2^U))), \\ &\quad (a_{11}^L + a_{21}^L, a_{12}^L + a_{22}^L, a_{13}^L + a_{23}^L, a_{14}^L + a_{24}^L; \\ &\quad \min(H_1(\tilde{A}_1^L), H_1(\tilde{A}_2^L)), \min(H_2(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_2^L)))) \quad (2.7)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2 &= (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) \ominus (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) \\ &= ((a_{11}^U - a_{24}^U, a_{12}^U - a_{23}^U, a_{13}^U - a_{22}^U, a_{14}^U - a_{21}^U; \\ &\quad \min(H_1(\tilde{A}_1^U), H_1(\tilde{A}_2^U)), \min(H_2(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_2^U))), \\ &\quad (a_{11}^L - a_{24}^L, a_{12}^L - a_{23}^L, a_{13}^L - a_{22}^L, a_{14}^L - a_{21}^L; \\ &\quad \min(H_1(\tilde{A}_1^L), H_1(\tilde{A}_2^L)), \min(H_2(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_2^L)))) \quad (2.8)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 &= (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) \otimes (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) \\ &= ((a_{11}^U \times a_{21}^U, a_{12}^U \times a_{22}^U, a_{13}^U \times a_{23}^U, a_{14}^U \times a_{24}^U; \\ &\quad \min(H_1(\tilde{A}_1^U), H_1(\tilde{A}_2^U)), \min(H_2(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_2^U))), \\ &\quad (a_{11}^L \times a_{21}^L, a_{12}^L \times a_{22}^L, a_{13}^L \times a_{23}^L, a_{14}^L \times a_{24}^L; \\ &\quad \min(H_1(\tilde{A}_1^L), H_1(\tilde{A}_2^L)), \min(H_2(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_2^L)))) \quad (2.9)\end{aligned}$$

2.3 Sezgisel Bulanık Küme

Tip-1 bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarında iki durum vardır; “üye olma” ve “üye olmama”. Oysa bu, bazı gerçek hayat problemlerini modellemede yetersiz kalmaktadır. Atanassov [25], konu ile ilgili seçim örneğini verir. E seçilmiş hükümetlere sahip tüm ülkelerin kümesi olsun. $x \in X$ mevcut hükümetlere oy vermiş seçmenlerin oranını gösteren bir bulanık küme ve $\mu(x)$ üyelik fonksiyonu

olsun. Bu durumda $v(x) = 1 - \mu(x)$ ile ifade edilen küme mevcut hükümetlere oy vermemiş kişilerin oranını temsil eder ancak daha fazla detay vermez. Oysa bu kişilerin bazıları oy vermeye gitmiş ancak mevcut hükümetlere oy vermemiş, bazıları ise hiç oy vermeye gitmemiştir. Benzer durumları modelleyebilmek için SBK kavramı Atanassov [26] tarafından ortaya atılmıştır. SBK için “üye olma” ve “üye olmama” durumlarının toplamı 1’den küçüktür. $\pi(x)$, bilgi yetersizliği kaynaklı belirsizliği ifade etmek üzere SBK’ler 2.10-2.12 no’lu denklemlerdeki gibi formüle edilir:

$$0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x) + v_{\tilde{A}}(x) \leq 1 \quad (2.10)$$

$$\pi_{\tilde{A}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x) + v_{\tilde{A}}(x) \quad (2.11)$$

$$\tilde{A} = \{\langle x, \mu_{\tilde{A}}(x), v_{\tilde{A}}(x) \rangle \mid x \in X\} \quad (2.12)$$

Jamkhaneh & Nadarajah [27], SBK’yi genelleştirmiş ve cebirsel özelliklerini tanımlamıştır. Genelleştirilmiş SBK 2.13 no’lu denklemdeki gibi ifade edilir:

$$\tilde{A} = \{\langle x, \mu_{\tilde{A}}(x), v_{\tilde{A}}(x) \rangle \mid x \in X\} \quad (2.13)$$

Burada $\mu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1]$ “üyelik” derecesi ve $v_{\tilde{A}}(x) \in [0,1]$ “üye olmama” derecesidir. Genelleştirilmiş SBK $\delta = n$ veya $\delta = \frac{1}{n}$, $n = 1, 2, \dots, N$ olmak üzere 2.14 no’lu şartı sağlar:

$$0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x)^\delta + v_{\tilde{A}}(x)^\delta \leq 1 \quad (2.14)$$

Aralık SBK, parametreleri kesin bir sayı değil aralık olan SBKdir. X uzayındaki bir $\tilde{A}$ sezgisel bulanık kümenin tanımı ve sağladığı koşul 2.15-2.16 no’lu denklemlerde verilmiştir[28]:

$$\tilde{A} = \{\langle x, [\mu_{\tilde{A}}^-(x), \mu_{\tilde{A}}^+(x)], [v_{\tilde{A}}^-(x), v_{\tilde{A}}^+(x)] \rangle \mid x \in X\} \quad (2.15)$$

$$0 \leq \mu_{\tilde{A}}^+(x) + v_{\tilde{A}}^+(x) \leq 1 \quad (2.16)$$

Own [29], SBK’yi tip-2 bulanık kümelere dönüştürmek için bir matematik dönüşüm yöntemi sunmuş, bu yöntemi örüntü tanıma ve tıbbi teşhis problemlerinde uygulamıştır. X uzayındaki bir $\tilde{A} = \{\sum \langle x, \mu_{\tilde{A}}(x), v_{\tilde{A}}(x) \rangle \mid x \in X\}$ SBK için tip-2 bulanık küme 2.17 no’lu denklemdeki formül ile elde edilir:

$$\tilde{A} = \sum \left[\frac{1}{\mu_{\tilde{A}}(x) + p\pi_{\tilde{A}}(x)} + \frac{0}{1 - v_{\tilde{A}}(x) + p\pi_{\tilde{A}}(x)} \right] / x \quad (2.17)$$

Burada $p \in [0,1]$ olan, tereddüt düzeyini belirlemeye yarayan bir parametredir.

Karar vericiye evet, kaçınma, hayır ve reddetmeyi içeren daha fazla bilgi sunmak için Cuong [30] tarafından SBK'lerin bir uzantısı olarak Resim Bulanık Küme (Picture Fuzzy Set) kavramı ortaya atılmıştır. Oylama senaryosu buna uygun örnek olarak verilebilir. Oylamaya katılan insanlar dört gruba ayrılabilir: lehte oylayanlar, oylamadan kaçınanlar, aleyhte oylayanlar ve oylamayı reddedenler.

X uzayında bir $\tilde{A}$ resim bulanık kümesi 2.18 no'lu denklemdeki şekilde ifade edilir:

$$\tilde{A} = \{\langle x, \mu_{\tilde{A}}(x), \eta_{\tilde{A}}(x), \nu_{\tilde{A}}(x) \rangle \mid x \in X\} \quad (2.18)$$

Burada $\mu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1]$ pozitif üyelik, $\eta_{\tilde{A}}(x) \in [0,1]$ yansız üyelik, $\nu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1]$ negatif üyelik derecesi olarak isimlendirilir ve 2.19 no'lu denklemdeki şartı sağlar:

$$(\forall x \in X), (\mu_{\tilde{A}}(x) + \eta_{\tilde{A}}(x) + \nu_{\tilde{A}}(x)) \leq 1 \quad (2.19)$$

Resim bulanık sayılar için reddetme üyelik derecesi ise 2.20 no'lu denklemdeki gibi hesaplanır:

$$\pi_{\tilde{A}} = 1 - (\mu_{\tilde{A}}(x) + \eta_{\tilde{A}}(x) + \nu_{\tilde{A}}(x)) \quad (2.20)$$

2.4 Nötrosofik Küme

Nötrosofik küme (NK), sezgisel kümeleri temel alan, sezgisel kümelerin genelleştirilmiş bir versiyonudur. SBK'nin modellemede yetersiz kaldığı durumları da modellemeye olanak tanır. SBK üye olma, üye olmama ve belirsizlik durumlarını birbirine bağımlı ele alır ve bu üçünün toplamının 1'e eşit olmasını zorunlu tutar. Ancak NK için böyle bir zorunluluk yoktur, üç durum birbirinden bağımsız ele alınır. Bu sayede tutarsız veri durumunda modelleme mümkün olmaktadır. Nötrosofik mantık insanların fikir yürütme yaklaşımlarına benzer davranış göstermeye çalışır. Bulanık küme parametreleri daha dilsel ifade edilir. Bu sebeple bulanık kümeye konu önermenin "T: doğruluk yüzdesi", "I: belirsizlik yüzdesi" ve "F: yanlışlık yüzdesi" olmak üzere üç parametresi vardır [31].

Bir NK matematik olarak şu şekilde ifade edilir [32]:

$$(t, i, f) = (truth, indeterminacy, falsehood) \quad (2.21)$$

$$0 \leq t + i + f \leq 3, \quad t, i, f \in [0,1] \quad (2.22)$$

Nötrosofik kümeler üç durumlu senaryoları modellemek için de kullanılabilir. Örneğin, bir futbol müsabakasının sonucu ile ilgili durum modellenirken ilk takımın taraftarlarına takımın kazanma durumu sorulduğunda %60 kazanır dediğini düşünelim. Karşı takımın taraftarlarına da kendi takımı için sorulduğunda %70 dediklerini varsayalım. Son olarak tarafsız bir uzmana maçın berabere bitme durumu sorulup %30 cevabının alındığını düşünelim. Bu durumda toplam oran %160 olacaktır. Bu örnekte toplam oran 1'i geçmektedir. $t + i + f > 1$ olan durumlar bir Nötrosofik küme olarak modellenenbilmesine karşın, SBK olarak modellenemez [31].

t , i ve f değerleri pozitif reel sayılar olabileceği gibi aralık değerli sayı da olabilir [31]. Yukarıdaki örnekte beraberlik durumu için %20 ile %30 arası benzeri bir cevap da alınmış olabilir.

Klasik (tip-1) bulanık küme yalnızca üye olma durumunu dikkate alır; yalnızca $\mu(x) \in [0,1]$ üyelik fonksiyonuna sahiptir. Klasik bulanık kümelerde üye olmama durumu $1 - \mu(x)$ ile ifade edildiğinden yalnızca “tam bilgi” (complete information) durumunda kullanılabilir.

SBK ise üye olma durumunun yanında üye olmama durumunu da dikkate alır; $\mu(x) \in [0,1]$ üyelik fonksiyonuna ve $\vartheta(x) \in [0,1]$ üye olmama fonksiyonuna sahiptir ve $0 \leq \mu(x) + \vartheta(x) \leq 1$ şartını sağlar [25]. Burada üye olma ve üye olmama durumlarının 1'den küçük olması durumu eksik bilgi (incomplete information) durumunu ifade eder. Yani SBK, klasik bulanık kümelerden farklı olarak eksik bilgi durumunda da kullanılabilir [33] .

NK de ise üye olma ve üye olmama durumuna ek olarak belirsizlik (indeterminacy) durumu da dikkate alınır. “Üye olma” durumu “truthness” kavramı ve t simgesi ile ifade edilir, “üye olmama” durumu “falsity” kavramı ve f simgesi ile ifade edilir. “Belirsizlik” durumu ise “indeterminacy” kavramı ve i simgesi ile ifade edilir. NK için $0 \leq t + i + f \leq 3$ şartı sağlanır. Bu toplamın 1'e

eşit olması SBK'ye karşılık gelir. Fakat NK, SBK'yi de kapsayan daha geniş bir kümedir. Çünkü bu toplamın 1'den büyük olması durumu gerçek hayat problemlerimde karşımıza çıkan tutarsız bilgi (inconsistent information) durumunu da kapsadığı anlamına gelir. Nötrosifik kümenin diğer kümeler ile ilişkisi Şekil 2.3'te verilmiştir. [33].

NK nin, diğer kümeler ile matematik karşılaştırması 2.23-2.30 no'lu denklemler aracılığıyla görülebilir. Burada “supremum” en küçük üst limiti, “infimum” ise en büyük alt limiti ifade eder [33].

Klasik Küme:

$$\begin{aligned}
 I &= \emptyset \\
 \inf(T) &= \sup(T) = 0 \text{ veya } 1 \\
 \inf(F) &= \sup(F) = 0 \text{ veya } 1 \\
 \sup(T) + \sup(F) &= 1
 \end{aligned} \tag{2.23}$$

Bulanık Küme:

$$\begin{aligned}
 I &= \emptyset \\
 \inf(T) &= \sup(T) \in [0,1] \\
 \inf(F) &= \sup(F) \in [0,1] \\
 \sup(T) + \sup(F) &= 1
 \end{aligned} \tag{2.24}$$

Aralık Değerli Bulanık Küme:

$$\begin{aligned}
 I &= \emptyset \\
 \inf(T), \sup(T), \inf(F), \sup(F) &\in [0,1] \\
 \sup(T) + \inf(F) &= 1 \\
 \inf(T) + \sup(F) &= 1
 \end{aligned} \tag{2.25}$$

Sezgisel Bulanık Küme:

$$\begin{aligned}
 I &= \emptyset \\
 \inf(T) &= \sup(T) \in [0,1] \\
 \inf(F) &= \sup(F) \in [0,1] \\
 \sup(T) + \sup(F) &\leq 1
 \end{aligned} \tag{2.26}$$

Aralık Değerli Sezgisel Bulanık Küme:

$$\begin{aligned} I &= \emptyset \\ \inf(T), \sup(T), \inf(F), \sup(F) &\in [0,1] \\ \sup(T) + \sup(F) &\leq 1 \end{aligned} \quad (2.27)$$

Tutarlılık Ötesi Küme:

$$\begin{aligned} I &= \emptyset \\ \inf(T) &= \sup(T) \in [0,1] \\ \inf(F) &= \sup(F) \in [0,1] \\ \sup(T) + \sup(F) &> 1 \end{aligned} \quad (2.28)$$

Aralık Değerli Tutarlılık Ötesi Küme:

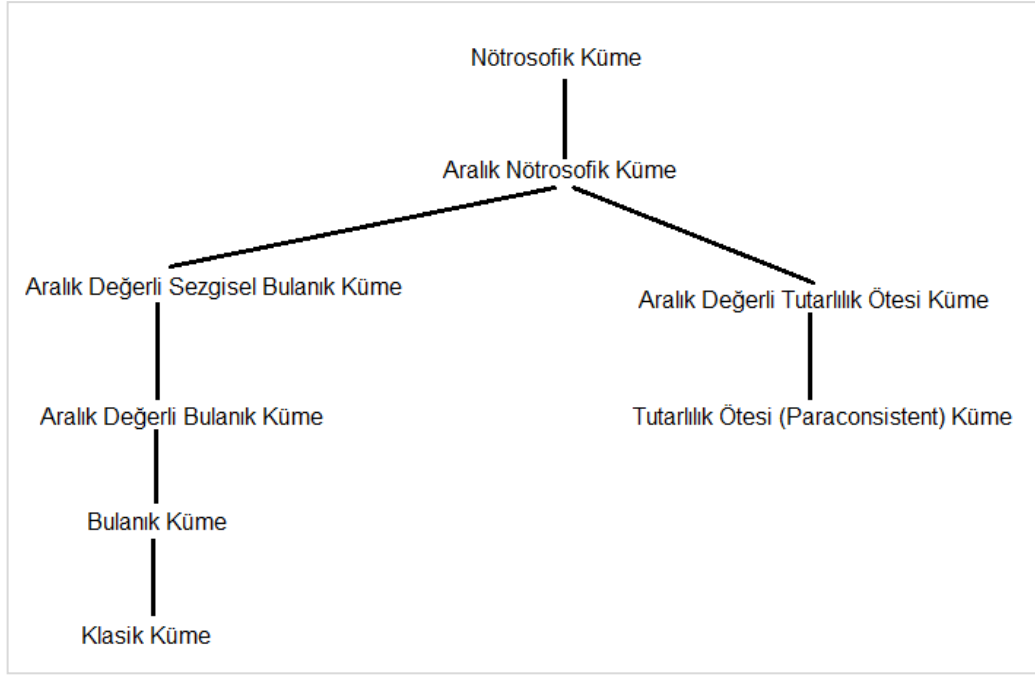
$$\begin{aligned} I &= \emptyset \\ \inf(T), \sup(T), \inf(F), \sup(F) &\in [0,1] \\ \inf(T) + \inf(F) &> 1 \end{aligned} \quad (2.29)$$

Nötrosofik Küme:

$$\begin{aligned} I &\neq \emptyset \\ \inf(T), \sup(T), \inf(F), \sup(F), \inf(I), \sup(I) &\in]0^-, 1^+[\\ 0^- &\leq \sup(T) + \sup(F) + \sup(I) \leq 3^+ \end{aligned} \quad (2.30)$$

Burada $]0^-, 1^+[$ ifadesi ile 0-1 aralığındaki en uç limitlerin de dahil edildiğini ifade etmektedir.

Yukarıdaki denklemler göstermektedir ki nötrosofik küme tam bilgi (“complete information”), eksik bilgi (“incomplete information”) ve tutarsız bilgi (“inconsistent information”) durumlarını ifade eden tüm kümeleri kapsayan genelleştirilmiş bir kümedir. Özellikle vurgulanmalıdır ki tüm küme tipleri içerisinde belirsizlik (indeterminacy) yalnızca nötrosofik küme tarafından dikkate alınmaktadır. Durumu tersten ifade edersek, kurulan bir model belirsizlik (indeterminacy) durumunu dikkate almıyorsa bu model nötrosofik kümeler ait tüm durumlar için kullanılamaz, yalnızca belirsizlik içermeyen alt kümeler için kullanılabilir.



Şekil 2.3 Nötrosofik küme ile diğer kümelerin karşılaştırılması

2.4.1 Aralık Nötrosofik Küme

Aralık nötrosofik küme (ANK), nötrosofik kümenin gerçek bilimsel ve mühendislik uygulamalarında kullanılan bir türüdür. $x \in X$ olacak şekilde bir A nötrosofik kümesinin “doğruluk-üyelik fonksiyonu” (truth-membership) T_A , “yanlışlık-üyelik fonksiyonu” (falsity-membership) F_A ve “belirsizlik-üyelik fonksiyonu” (indeterminacy-membership) I_A ve her x için $T_A(x)$, $F_A(x)$, $I_A(x) \subseteq [0,1]$ sağlanıyor ise A aralık nötrosofik kümedir [33].

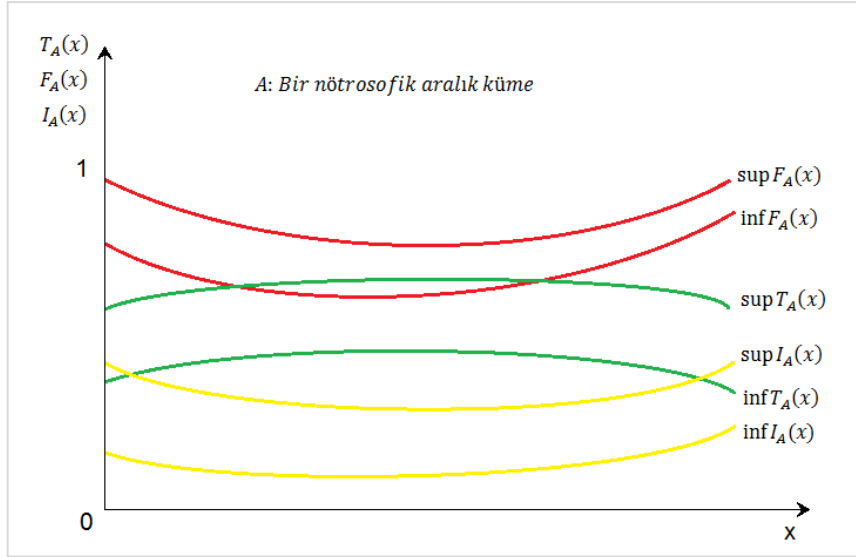
X kesikli ise A , 2.31 no’lu denklemdeki şekilde yazılabilir:

$$A = \sum_{i=1}^n \langle T(x_i), I(x_i), F(x_i) \rangle / x_i, \quad x_i \in X \quad (2.31)$$

X sürekli ise A , 2.32 no’lu denklemdeki şekilde yazılabilir:

$$A = \int_{x \in X} \langle T_A(x), I_A(x), F_A(x) \rangle / (x) \quad (2.32)$$

Burada $\langle \rangle$ parantezleri her türlü açık, kapalı tüm aralıkları ifade eder [33]. Örnek bir A aralık nötrosofik kümesi Şekil 2.4’teki gibi şematize edilebilir.



Şekil 2.4 Aralık n trosodik kümenin gösterimi

Aralık n trosodik sayılar, doğru olma (truthness) durumu T , yanlış olma (falsity) durumu F ve belirsizlik (indeterminacy) I durumları aralık değerli sayılar olarak ifade edilen sayılardır. Dolayısıyla bir aralık n trosodik sayı, $[0,1]$ aralığında 3 adet aralık değerli sayı ile ifade edilir ve matematik olarak 2.33 no'lu denklemdeki şekilde gösterilir [33]:

x : bir bulanık n trosodik sayı

$T_x = [T_{x_L}, T_{x_U}]$: x 'e ilişkin doğru olma durumu

$F_x = [F_{x_L}, F_{x_U}]$: x 'e ilişkin yanlış olma durumu

$I_x = [I_{x_L}, I_{x_U}]$: x 'e ilişkin belirsizlik durumu olmak üzere

$$x = \langle [T_{x_L}, T_{x_U}], [F_{x_L}, F_{x_U}], [I_{x_L}, I_{x_U}] \rangle$$

$$T_x, I_x, F_x \in [0,1]$$

$$0 \leq \sup T_x + \sup F_x + \sup I_x \leq 3 \quad (2.33)$$

 R: $A = \{x_1, x_2, x_3\}$ bir aralık n trosodik küme olsun.  rnek bir A kümesi 2.34 no'lu denklemde verilmiştir [33]:

$$A = \langle [0,3; 0,5], [0,5; 0,7], [0,2; 0,4] \rangle / x_1 + \langle [0,2; 0,3], [0,8; 1,0], [0,5; 0,7] \rangle / x_2 + \langle [0,2; 0,3], [0,7; 0,8], [0,6; 0,8] \rangle / x_3 \quad (2.34)$$

2.4.2 N trosodik Kümelerde α -Kesimi

α -kesim yaklaşımında üyelik derecesi cinsinden bir eşik değer belirlenir ve bulanık küme bu e ik seviyesinden yatay olarak kesilir. Bu seviyenin üzerinde

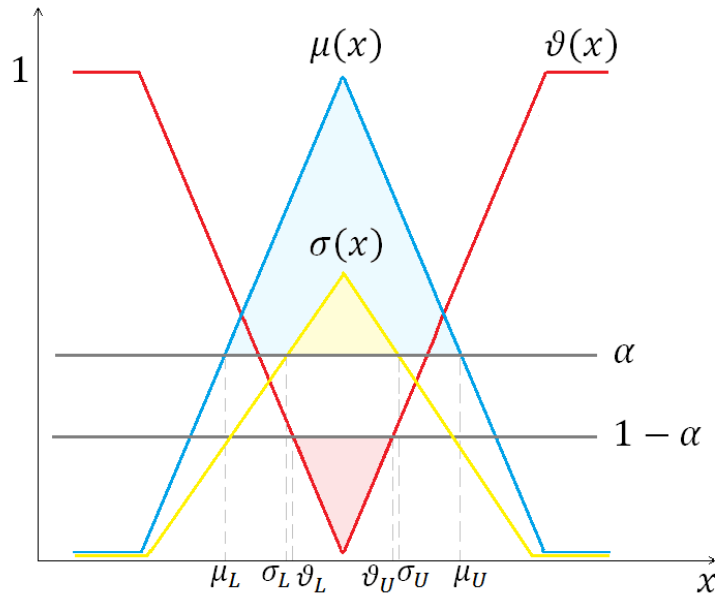
üyelik derecesine sahip olan üyeler tam üye kabul edilerek aralık değerli bir küme elde edilir [1]. Benzer şekilde, NK de α -kesimi kullanılarak aralık nütrososofik kümeler çevrilebilir. Bir $\tilde{A} = \langle \mu_{\tilde{A}}(x), \sigma_{\tilde{A}}(x), \vartheta_{\tilde{A}}(x) \rangle$ nütrososofik kümesi için α -kesimi, $\alpha \in [0,1]$ olacak şekilde 2.35 no'lu denklemde görüldüğü gibi iki farklı şekilde uygulanabilir [34].

$$\text{Tip 1: } \tilde{\tilde{A}}_{\alpha} = \{x: x \in X, (\mu_{\tilde{A}}(x), \sigma_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha) \vee (\vartheta_{\tilde{A}}(x) \leq 1 - \alpha)\}$$

$$\text{Tip 2: } \tilde{\tilde{A}}_{\alpha} = \{x: x \in X, (\mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha, \sigma_{\tilde{A}}(x) \leq \alpha) \vee (\vartheta_{\tilde{A}}(x) \leq 1 - \alpha)\} \quad (2.35)$$

Denklemdeki $\mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha$ ifadesi $\vartheta_{\tilde{A}}(x) \leq 1 - \alpha$ ifadesini zorunlu kıldığından dolayı α -kesimi 2.36 no'lu denklemdeki gibi sadeleştirilebilir [34]. Buna ilişkin grafik gösterim Şekil 2.5'te verilmiştir.

$$\tilde{\tilde{A}}_{\alpha} = \{x: x \in X, \vartheta_{\tilde{A}}(x) \leq 1 - \alpha\} \quad (2.36)$$



Şekil 2.5 Bir üçgen nütrososofik küme için örnek tip-1 α -kesimi

2.5 Pisagor Bulanık Küme

Pisagor bulanık küme (PBK) kavramı Yager [4] tarafından standart olmayan bulanık alt kümeleri ifade etmek için ortaya atılmıştır ve temelde Pisagor üyelik fonksiyon derecelerini kullanır. PBK, temel olarak SBK'dir ancak $\mu(x) + v(x) > 1$ olan bazı durumları da kapsar. Yapı itibarıyla ikinci seviyeden geliştirilmiş SBK'dir ve 2.14 no'lu denklemde $\delta = 2$ kullanılarak formüle edilir. PBK tutarsız

veri durumunda modellemeye olanak sağlar ancak NK'e kıyasla daha dar bir alanı kapsar. X uzayındaki bir $\tilde{A} = \{\langle x, \mu_{\tilde{A}}(x), \nu_{\tilde{A}}(x) \rangle \mid x \in X\}$ bulanık kümesinin 2.37 no'lu denklemdeki şartı sağlayan alt kümeleri Pisagor bulanık alt küme olarak isimlendirilir [2]:

$$0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x)^2 + \nu_{\tilde{A}}(x)^2 \leq 1 \quad (2.37)$$

PBK, adından da anlaşılacağı üzere Pisagor teoremi üzerine kurgulanmıştır. Bir Pisagor bulanık $\tilde{A}$ kümesi için, $A_Y(x)$, x 'in $\tilde{A}$ 'ya üyeliği için destek, $A_N(x)$, x 'in $\tilde{A}$ 'ya üyeliği karşıtı destek ve $\theta(x) \in [0, \pi/2]$ bir radian açı olacak şekilde pisagor üyelik derecesi ve üye olmama derecesi 2.38-2.39 no'lu denklemlerdeki gibi tanımlanır [4]:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = A_Y(x) = r(x) \cdot \cos(\theta(x)) \quad (2.38)$$

$$\nu_{\tilde{A}}(x) = A_N(x) = r(x) \cdot \sin(\theta(x)) \quad (2.39)$$

Buna bağlı olarak x değerlendirmesinin sağlamlığı $r(x) \in [0, 1]$ ve x değerlendirmesinin yönelimi $d(x) \in [0, 1]$, 2.40-2.41 no'lu denklemlerdeki şekillerde tanımlanır [4]:

$$r(x) = \sqrt{(A_Y^2(x) + A_N^2(x))} \quad (2.40)$$

$$d(x) = \frac{\pi - 2\theta(x)}{\pi} \quad (2.41)$$

Belirsizlik terimi ise 2.42 no'lu denklem ile elde edilir [4]:

$$\pi_{\tilde{A}}(x) = \sqrt{1 - r_{\tilde{A}}^2(x)} = \sqrt{1 - (\mu_{\tilde{A}}^2(x) + \nu_{\tilde{A}}^2(x))} \quad (2.42)$$

Aralık değerli PBK, 2.43-2.46 denklemleri yardımıyla formüle edilir [35]:

$$\tilde{P} = \{\langle x, [\mu_{\tilde{P}}^-(x), \mu_{\tilde{P}}^+(x)], [\nu_{\tilde{P}}^-(x), \nu_{\tilde{P}}^+(x)] \rangle \mid x \in X\} \quad (2.43)$$

$$0 \leq (\mu_{\tilde{P}}^+(x))^2 + (\nu_{\tilde{P}}^+(x))^2 \leq 1 \quad (2.44)$$

$$\pi_{\tilde{P}}(x) = [\pi_{\tilde{P}}^-(x), \pi_{\tilde{P}}^+(x)] \quad (2.45)$$

$$\pi_{\tilde{P}}(x) = \left[\sqrt{1 - (\mu_{\tilde{P}}^+(x))^2 - (\nu_{\tilde{P}}^+(x))^2}, \sqrt{1 - (\mu_{\tilde{P}}^-(x))^2 - (\nu_{\tilde{P}}^-(x))^2} \right] \quad (2.46)$$

Aşağıda geleneksel, sezgisel, nütrosifik ve pisagor bulanık kümeler için örnek üyelik ve üye olmama dereceleri sırasıyla verilmiştir:

- *Geleneksel:* $\mu(x) = 0,8$ $\vartheta(x) = 0,2 \Rightarrow \mu(x) + \vartheta(x) = 1$
- *Sezgisel:* $\mu(x) = 0,8$ $\vartheta(x) = 0,1$ $\pi(x) = 0,1 \Rightarrow \mu(x) + \vartheta(x) + \pi(x) = 1$
- *Nütrosifik:* $\mu(x) = 0,8$ $\vartheta(x) = 0,6$ $\pi(x) = 0,7 \Rightarrow \mu(x) + \vartheta(x) + \pi(x) \leq 3$
- *Pisagor:* $\mu(x) = 0,8$ $\vartheta(x) = 0,6$ $\pi(x) = 0 \Rightarrow \mu^2(x) + \vartheta^2(x) + \pi^2(x) = 1$

2.6. Tereddütlü Bulanık Küme

Bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu genellikle uzman görüşü ile belirlenir. Fakat bu uzman görüşüne çok fazla güvenmeyi gerektirir ve uzmanın yaptığı bir hata modelin kalitesini ciddi oranda etkilemektedir. Ayrıca bazı durumlarda uzmanlar üyelik fonksiyonunu belirlemede zorlanmaktadır. Bu sorunu aşmak için Torra [36] TBK kavramını ortaya atmıştır. Bu modelleme sayesinde uzmanlık eksikliği yaşanan bir olayla ilgili yanlış değerlendirmelerin negatif etkilerinin en aza indirilmesi hedeflenmiştir. TBK, SBK ve bulanık çoklu kümeler üzerine inşa edilmiştir.

Çoklu kümeler, bir elemanın birden fazla bulunmasına müsaade edilen kümelerdir. Örneğin verilen bir $X = \{\varnothing, h, \iota\}$ kümesi için $M = \{\varnothing, h, h, h, h, \iota, \iota\}$ kümesi bir çoklu kümedir. Bulanık çoklu küme ise her elemanı üyelik değerine sahip bir çoklu kümedir. Örneğin yukarıdaki X kümesi için $\tilde{M} = \{(\varnothing; 0,5), (h; 0,2), (h; 0,3), (h; 0,6), (h; 0,8), (\iota; 0,5), (\iota; 0,9)\}$ bir bulanık çoklu kümedir [36].

TBK, her bir tekil elemanı için birden fazla üyelik değeri olan kümelerdir. Diğer bir deyişle tereddütlü bulanık sayıların üyelik değeri de bir kümedir. X bir küme olmak üzere, X üzerinde bir tereddütlü bulanık küme her bir değer için $[0,1]$ aralığında değerlere sahip bir alt küme verir. Matematiksel gösterimi 2.47'deki gibidir [2]:

$$\tilde{A} = \{\langle x, h_{\tilde{A}}(x) \rangle | x \in X\} \quad (2.47)$$

Burada $h_{\tilde{A}}(x)$, $x \in X$ olan bir elemanın $\tilde{A}$ kümesine üyelik derecesini gösteren $[0,1]$ aralığında değerlere sahip bir kümedir. $M = \{\mu_1, \dots, \mu_N\}$ üyelik fonksiyonlarının

kümesini ifade ediyorken M üzerindeki bir tereddütlü bulanık küme ($h_M(x)$) 2.48 no'lu denklemdeki gibi tanımlanır [36]:

$$h_M(x) = \bigcup_{\mu \in M} \{\mu(x)\} \quad (2.48)$$

Tereddütlü bulanık küme kavramı ile daha geniş kullanıcı grupları tarafından sağlanan bilgiler birleştirilerek üyelik fonksiyonu olarak kullanılabilir hale gelmiştir. [37], tereddütlü bulanık küme ile bulanık dilsel yaklaşımı bir araya getirerek dilsel tereddütlü bulanık kümeyi (HFLTS) ortaya atmıştır. Çünkü bulanık dilsel yaklaşım her ne kadar uzmanın dilsel ifadelerle daha kolay değerlendirme yapacağını öne sürse de birkaç değer arasında kararsız kaldıkları durumlarda tek bir seçim yapmak zorunda bırakmaktadır. HFLTS tek bir terim seçmek yerine dilsel bir anlatımla (“daha az”, “daha çok”, “arasında” gibi ifadeler kullanarak) değerlendirme yapmaya olanak sağlamaktadır. Karar verme sürecinde, değerlendirmeler matematik ifadelerle dönüştürülür, bir araya getirilir ve çıkarım için kullanılır. Tercih matrisi sıralamaya dönüştürülerek sonuç elde edilir.

Her bir küme elemanı birden fazla üyelik derecesine sahip olduğu için, TBK birçok gerçek hayat mühendislik probleminde doğrudan kullanımı mümkün olamamaktadır. TBK, 2.49-2.50 no'lu denklemler yardımıyla SBK'ye dönüştürülerek modellemelerde kullanılabilir [36]:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = h^-(x) = \min h(x) \quad (2.49)$$

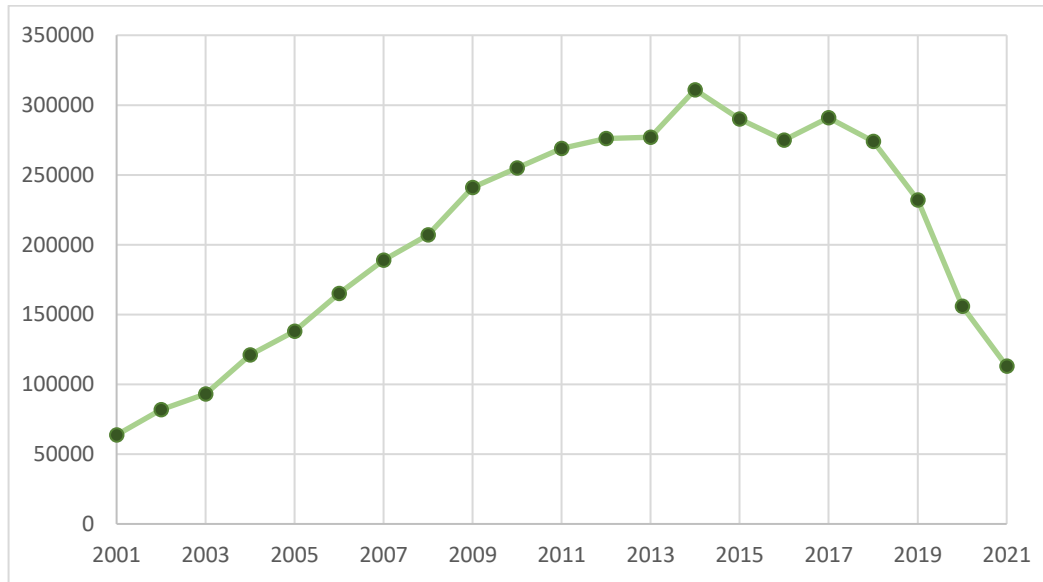
$$\vartheta_{\tilde{A}}(x) = 1 - h^+(x) = 1 - \max h(x) \quad (2.50)$$

Burada $\tilde{A}_{env(h)} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x), \vartheta_{\tilde{A}}(x) | x \in X\}$ kümesi bir sezgisel bulanık kümedir. $h^-(x)$ alt limit ve $h^+(x)$ ise üst limit olarak isimlendirilir [3].

3.1 Uygulamaların Konu Dağılımı

Bulanık küme özellikle son yıllarda akademik çalışmalarda yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bulanık küme teorisinin matematiği, mühendislik alanındaki mevcut deterministik modellerin belirsizlik altında da çalışabilecek şekilde geliştirilmesi ve bu modellerin gerçek problemler için uygulanması gibi farklı amaçlarla çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmaların 1965-2015 arasında yıllara göre dağılımı Kahraman vd. [15] tarafından sunulmuştur. Son 20 yıldaki makaleler ise Google Scholar ve Web of Science veritabanlarında taranmış ve sayıları Şekil 3.1’de sunulmuştur.

Yapılan çalışmaların 1965-2015 arasında çalışma alanlarına göre dağılımı Kahraman vd. [15] tarafından sınıflandırılmıştır. Bulanık kümeler, yoğun olarak mühendislik, bilgisayar bilimi, matematik ve karar verme süreçleri için kullanılmasına karşın, enerji, kimya, ilaç, tıp, psikoloji gibi farklı alanlarda da kullanılmaktadır.



Şekil 3.1 Bulanık küme yayınlarının yıllara göre dağılımı

Bu bölümde bulanık küme uzantılarının bazı temel Endüstri Mühendisliği alanlarındaki uygulamaları derlenmiştir. Kahraman & Yanık [3], Suganthi vd. [38], Arnold [39] ve Mardani vd. [40] tarafından değinilen konular, 2015 yılından itibaren taranmış ve Tablo 3.1’deki sonuçlar elde edilmiştir:

Tablo 3.1 Bulanık küme uygulama alanları yayın tarama sonuçları

Arama İfadesi	Sonuç Sayısı
Fuzzy Statistics	287.000
Fuzzy “Decision Making”	239.000
Fuzzy Regression	169.000
Fuzzy “Genetic Algorithm”	84.500
Fuzzy “Particle Swarm”	57.900
Fuzzy “Renewable Energy”	41.200
Fuzzy AHP	37.900
Fuzzy “Supply Chain”	37.700
Fuzzy “Linear Programming”	32.000
Fuzzy TOPSIS	27.300
Fuzzy “Normal Distribution”	22.600
Fuzzy “Ant Colony”	22.500
Fuzzy MCDM	21.900
Fuzzy Taguchi	17.200
Fuzzy VIKOR	16.800
Fuzzy “Nonlinear Programming”	16.200
Fuzzy DEMATEL	15.600
Fuzzy ELECTRE	15.200
Fuzzy QFD	14.400
Fuzzy PROMETHEE	14.300
Fuzzy FMEA	10.700
Fuzzy “Exponential Distribution”	8.220
Fuzzy “Hypothesis Test”	6.370
Fuzzy “Control Chart”	4.010
Fuzzy “Process Capability”	3.060
Fuzzy “Sampling Plan”	1.150

Bulanık küme, istatistik, kalite mühendisliği, matematik modelleme ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) gibi temel endüstri mühendisliği alanlarında yoğun olarak çalışılmıştır. Tablo 3.1'deki sonuçlara bakıldığında istatistik ve ÇKKV konuları çok yoğun çalışılmıştır. Kullanılan araçlar, sezgisel algoritmalar ve matematik programlama da dikkate alındığında endüstri mühendisliği alanında en yoğun çalışılan konu “karar verme” olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.1.1 Karar Verme

Mardani vd. [41], 1994 ve 2014 yılları arasındaki bulanık çok amaçlı karar verme teknikleri ile ilgili yayınları incelemiştir. Kullanılan tekniklerin frekansları Tablo 3.2'de verilmiştir. Hibrit modüler metotların gelişimi gün geçtikçe daha önemli hale geleceği ifade edilmektedir.

Tablo 3.2 Çok kriterli karar verme çalışmalarında kullanılan yöntemler [41]

Karar Verme Tekniği	Frekans	Oran
Hibrit Bulanık ÇKKV	141	%13
Hibrit ÇKKV	215	%20
AHP	171	%16
Bulanık AHP	103	%10
Bulanık TOPSOS	79	%7
TOPSIS	80	%7
ANP	38	%4
Bulanık ANP	26	%2
PROMETHEE	20	%2
OWA	28	%3
DEMATEL	30	%3
VIKOR	22	%2
Çok Kriterli Grup Karar Verme	16	%1
ELECTRE	10	%1
Bulanık VIKOR	16	%1
Çok Kriterli Karar Destek	7	%1
Bulanık ELECTRE	8	%1
Bulanık DEMATEL	9	%1

Tablo 3.2 Çok kriterli karar verme çalışlarında kullanılan yöntemler [41]
(devamı)

Bulanık PROMETHEE	5	%0
Bulanık Ağırlıklı Ortalama	1	%0
Bulanık ENTROPY	4	%0
Diğer	52	%5

Bu metotlar, halihazırda geliştirilmiş FTOPSIS, FSAW, FDEA, FAHP, FANP, FVIKOR, FDEMATEL, FPROMETHEE, FELECTRE gibi tekniklerin gri sayı teorisi kullanılarak yeniden geliştirilmesini temel alır. Benzer şekilde, yakın zamanda COPRAS, ARAS-F, MOORA, MULTIMOORA, SWARA ve WASPAS gibi teknikler geliştirilmiştir. Bulanık karar verme yöntemleri tedarik zinciri yönetiminde ekonomik sipariş miktarının belirlenmesi, tedarikçi seçimi, üretim planlama, yatırım analizi gibi konularda uygulama alanı bulmaktadır.

Kahraman vd. [42], bulanık çok amaçlı karar verme tekniklerini derlemiştir. Tüm ÇKKV (çok ölçütlü karar verme ve çok amaçlı karar verme) yöntemleri tip-1 (geleneksel) bulanık kümeler için uyarlanmıştır. Bu yöntemlerin en çok kullanıldığı alanlar bilgisayar bilimleri, mühendislik, matematik ve çevre bilimleridir. Yöntemler şu başlıklar altında incelemiştir:

- Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme
 - Derecelendirme Metotları: Bulanık ELECTRE, Bulanık PROMETHEE
 - Uzaklık Bazlı Metotlar: Bulanık VIKOR, Bulanık TOPSIS
 - İkili Karşılaştırma Bazlı Metotlar: Bulanık AHP, Bulanık ANP, Bulanık MACBETH
 - Diğer Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Metotları: Bulanık DEMATEL, Bulanık Veri Zarflama Analizi
- Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme
 - Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama
 - Bulanık Çok Amaçlı Hedef Programlama
 - Bulanık Sezgisel (Heuristic) Çok Amaçlı Karar Verme

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitlenmesiyle beraber enerji planlama sürdürülebilir gelişme için önemli bir konu haline gelmiştir. Ancak alternatiflerin farklı doğaları ve göz önünde bulundurulması gereken farklı kriterlerin olması ve parametrelerin kesin değerlerle ifade edilememesi, bu alanda bulanık ÇKKV yöntemlerinin kullanımının önünü açmıştır. Kahraman vd. [2], enerji sistemlerini sosyal, politik, fiziksel ve süreç vb. yönlerden etkileri olan, karşılıklı ilişkili heterojen yapıda oldukları için kompleks sistemler olarak tanımlamaktadır. Çünkü davranışları her bir bileşenini ayrı anlayarak kestirilemez. Bu sebeple klasik mantık temelli yaklaşımlar ile modellenemezler, bulanık çok amaçlı karar verme yöntemleri bu alanda sıkça kullanılır. Nitekim biyoenerji, dalga enerjisi fotovaktik sistemler, hidrojen enerjisi, nükleer enerji, rüzgâr enerjisi ve termal enerji üzerine yaptıkları literatür araştırmasına göre en çok tercih edilen uygulamalar çok amaçlı karar verme ve yapay zekâ ile hesaplamadır. Bunu takiben optimizasyon, risk analizi, kestirim gibi yöntemler gelmektedir. Çalışmalarda yoğun olarak üçgen bulanık sayı, akabinde ise doğrusal üyelik fonksiyonu, aralık değerli bulanık sayı ve ikizkenar yamuk bulanık sayı tercih edilmiştir. Bulanık küme uzantısı olarak tereddütlü bulanık küme, tip-2 bulanık küme ve aralık tip-2 bulanık küme kullanan çalışmalar da mevcuttur.

Suganthi vd. [38], enerji seçeneklerinin değerlendirilmesi konusunda yapılan çalışmaları derlemiştir. Delphi, regresyon, gri kestirim, AHP, ANP, genetik algoritma, VIKOR, TOPSIS, parçacık sürü optimizasyonu, karınca optimizasyonu gibi yöntemlerin bulanık versiyonları geliştirilmiş ve bu enerji planlama alanında uygulanmıştır. Üzerine en çok çalışılan rüzgâr enerjisi iken, ardından güneş enerjisi gelmektedir. Nükleer enerji ve biyoenerji gibi enerji kaynakları da çalışmalara konu edilmiştir. Bir kısım çalışmalarda, yatırım maliyeti, işletme maliyeti, karbondioksit emisyonu, enerji etkinliği vb. kriterler göz önünde bulundurulurken tesis yeri seçimi, enerji kaynağı kombinasyonu, en iyi enerji kaynağının seçilmesi gibi kararlar alınmıştır. Bazı çalışmalar sıcaklık, radyasyon gibi konuları dikkate alarak enerji kaynaklarının ekolojik etkilerini en aza indirmeyi hedeflerken bir kısmı da enerji kapasitesi ve enerji ihtiyaç ölçümü üzerinedir. Bazı çalışmalarda ise risk, operasyonel maliyet gibi kriterler arasında

denge kurulmaya çalışılmıştır. Ertay vd. [43], Türkiye için rüzgâr, güneş, biyokütle, jeotermal ve hidro güç enerji alternatiflerini dilsel değerlendirmeler üzerinden incelemiş ve MACBETH yöntemini kullanarak teknoloji, çevre ve ekonomi kriterlerine göre sıralamıştır. Alternatifleri bulanık AHP kullanarak da sıralamış ve MACBETH'in sonuçları ile karşılaştırmıştır.

3.1.2 İstatistik

Tablo 2.1'deki tarama sonuçları incelendiğinde bulanık istatistik ve bulanık olasılık dağılımlarla ilgili yayınların sayısı da bir hayli yüksektir. Yayın sayısı çok fazla ve içerik yelpazesi çok geniş olduğu için bu konudaki bir araştırma müstakil bu çalışma olacak derecede büyüktür. Bu yüzden, fazla detaya girilmeden birkaç çalışmaya değinilmiştir.

Arnold [39], bulanık hipotez tezlerinin formüle edilmesi için bir yöntem sunmuştur ve bu yöntemi tek parametrelili üstel dağılım için kullanmıştır. Tip-I ve Tip-II hataların ve α ve β büyüklüklerinin hesaplanmasının yanı sıra bunların örneklem büyüklüğü ile aralarındaki ilişkiyi de göstermiştir.

Taheri [44], istatistik nokta tahmini, aralık tahmini, hipotez testi, regresyon, Bayes metodu vb. alanında bulanık sayılar kullanılarak yapılan çalışmaları derlemiştir. İncelediği çalışmalarda kullanılan yöntemler ve konuları şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Nokta Tahmini: Popülasyon moment ve parametrelerinin tahmini, maksimum yakınlık tahminleyicileri ve bulanıklık kaynaklı kayıp bilgisi hesaplama, belirsiz gözleme sahip örneklem için yansız kestirim ve bilinmeyen parametreler için maksimum yakınlık tahminleyicileri, bulanık kayıp ve yararlar için istatistik çıkarım metotları vb.
- Aralık Tahmini: Bulanık rastsal sayılar için bulanık aralık tahminleri, bulanık güven aralığı vb.
- Hipotez Testi: Üstel bulanık dağılımlar için tek kuyruk ve çift kuyruk hipotez testi formülasyonu, tip-I ve tip-II hata olasılıklarının hesaplanması, kırılğan bulanık dağılımlar için hipotez testleri ve Neyman-

PearsonLema, bulanık beklenti için asimptotik hipotez testi, hipotezlerin kabul edilebilirlik derecesi, hipotez testlerinde p-değeri hesaplaması vb.

- Regresyon: Doğrusal regresyon, regresyon aralık analizi veri tipi analizi ve değişken seçimi, en küçük kareler metodu, uyum derecesi indeksi hesaplaması, bulanık veri zarflama analizi ve regresyon ilişkisinin modellenmesi, bulanık örüntü tanıma ve ağırlıklı doğrusal regresyon bazlı tahminleme modeli, doğrusal regresyon modeli ile bulanık doğrusal hipotez testi vb.
- Bayes Metodu: Bayes karar kuralı için kayıp fonksiyonunun belirlenmesi, nokta tahmini için Bayes metodu, hipotez testi için Bayes ve minimax prosedürü vb.
- Diğer: iki bulanık örneklemin ortalama tahminleyicileri, bulanık sayıları dağılımını göstermek için histogram oluşturma metodu, örneklem ortalamasının yansız kestirimi, ANOVA vb.

Buckley [45], üçgen bulanık sayılar kullanarak, normal dağılımın ortalama ve varyansı için güven aralıklarını hesaplamış ve doğrusal regresyon modeli oluşturarak nokta tahminlemesi yapmıştır. Formülleri kırılğan rastsal sayılar için genelleştirir. Regresyon parametrelerini bulanık sayının tahminleyicileri olarak kullanmak için bulanık hipotez testleri yapmıştır. Filzmoser & Viertl [46], p-değerini bulanık sayılar için genelleştirmiştir, α değeri ile karşılaştırarak hipotez testleri gerçekleştirmiştir. Parchami vd. [47], kırılğan rastsal veriler için bulanık hipotez testlerinde p-değerini bulanık küme olarak oluşturmuş ve δ -kesimlerini bulmuştur. Burada p-değeri bulanık olduğu için önem seviyesi de bulanıktır. Hesamian & Chachi, [48], veriler bulanık rastsal değişken ve önem seviyesi kırılğan sayı olduğu durumda parametrik olmayan iki-örnekli Kolmogorov-Smirnov testi için bir yöntem önermiştir.

3.1.3 Kalite Mühendisliği

Kahraman & Yanık [3], kalite yönetimi alanındaki temel konuları kitap olarak ele almış ve kalite yönetimi alanında bulanık mantık ile ilgili önemli gelişmelere kitapta detaylı yer vermiştir. Genel hatları ile şu şekilde kategorize edilebilir:

- Bulanık $\bar{X} - R$, $\bar{X} - S$, EWMA, GWMA kontrol diyagramları ve doğal olmayan eğilim analizi
- Bulanık $\tilde{p}, \tilde{np}, \tilde{c}$ ve $\tilde{u}$ kontrol diyagramları
- Bulanıklık altında süreç yeterlilik indeksleri
- Bulanık evrimsel algoritmalar kullanarak güvenilirlik analizi
- Bulanık birli ve ikili örnekleme planları
- Yapay zekâ deney tasarımı bulanık yöntemler
- Bulanık hata modları analizi (FMEA)
- Bulanık AHP, bulanık grup karar verme ve bulanık genetik algoritma destekli QFD
- Sinir ağlarında bulanık Taguchi metodu

Fernández [49], bulanık kontrol diyagramı çalışmalarını “geleneksel kontrol diyagramlarının performansını arttıran” ve “yeni kontrol diyagramı öneren” olmak üzere iki sınıfa ayırmaktadır. Bulanık geleneksel kontrol diyagramları, geleneksel diyagramlardan daha hassastır. Bu alanda geliştirilen diyagramlar genellikle tek değişkenlidir, üyelik fonksiyonu ve kontrol limitleri bulanık sayılardır. Nicel diyagram olarak α -kesimli $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ ve $\tilde{\bar{X}} - \tilde{S}$ diyagramları, nitel diyagramlar olarak ise α -kesim ve $\tilde{c}$ diyagramları önerilmiştir. Yeni kontrol diyagramları olarak ise dilsel değişkenleri temel alan Shewhart tipi diyagramlar, dilsel ortalama koşum süresi (ARL) diyagramları, bulanık regresyon ile elde edilmiş kalite kalifikasyonlarının gösterildiği bulanık kontrol diyagramları, çok terimli bulanık kontrol diyagramları (FM-diyagramı), bulanık değişken örneklem büyüklüğüne sahip çok terimli süreç kontrol diyagramı (VSS) gibi çalışmalar mevcuttur. Çok değişkenli durum için ise Hotelling T^2 istatistiğinin bulanık versiyonunun kullanıldığı kontrol diyagramı geliştirilmiştir. Şentürk [50], literatürde bulanık kural metodu bazlı yalnızca $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ ve $p - np$ kontrol diyagramları olduğu tespitini yaparak üçgen bulanık sayılar için $\tilde{c}$ kontrol diyagramı önermiştir. Önerilen diyagram bulanık ortalama, bulanık medyan ve bulanık orta aralık gibi iyi bilinen durulaştırma yöntemlerinden kaçınmaktadır.

Diyagram 3 temel kural kullanır. İlk kural uygunsuzlukların tamamıyla kontrol limitleri içinde veya tamamıyla kontrol limitler dışında olduğu durumları dikkate alır. İkinci kural, uygunsuzlukların bir kısmının kontrol limitleri içinde, bir kısmının ise dışında olduğu durumlarda, limitler içinde kalan oran önceden belirlenmiş bir limitin içinde kalırsa süreç “görece kontrol altında” olarak sınıflandırılır. Üçüncü kural ise uygunsuzluğun bulanık sayısının kontrol limitlerinin dışına daha yakın olduğu durumları dikkate alır. Shu vd. [51], bulanık $\bar{x}$ ve s diyagramları geliştirmiş ve bulanık ortalama $\tilde{\bar{x}}$ ve bulanık ortalama standart sapma $\tilde{s}$ da dahil tüm formülleri detaylı bir biçimde sunmaktadır. Bir uygulamalı örnek üzerinden “kontrol altında”, “görece kontrol altında”, “kontrol dışında” ve “görece kontrol dışında” durumlarını tespit etmiştir.

Ghobadi vd. [52], bulanık kontrol diyagramlarını tek değişkenli ve çok değişkenli olarak iki grupta sınıflandırmaktadır. Tek değişkenli kontrol diyagramlarına örnek çalışmalar olarak Shewhart tipi kontrol diyagramı, çok aşamalı süreçlerde nitelik kontrol diyagramları, nitel kalite karakteristikleri için uygunsuzluk derecesi, α -kesim bulanık $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ ve $\tilde{\bar{X}} - \tilde{S}$ kontrol diyagramları, klasik CUSUM diyagramı, çokterimli süreç kontrol diyagramı, kontrol diyagramı anormallik değerlendirme kuralları, süreç profilindeki orta ve büyük kaymaların tespiti yaklaşımları, $I - MR$ kontrol diyagramlarının sinyal olasılığı cinsinden kuvveti çalışmalarını sunmaktadır. Tek değişkenli kontrol diyagramlarına örnek çalışmalar olarak ise ortalama kaymasını tespit için sinirsel bulanık model, T^2 ve W^2 izleme istatistikleri, çokterimli süreç kontrol diyagramı, bulanık çok değişkenli EWMA (F-MEWMA), çalışmalarını sunmaktadır. Çalışma temelde bulanık çok değişkenli CUSUM (F-MCUSUM) geliştirmiştir. Geliştirilen F-MCUSUM’ın performansı $F - T^2$ ve F-MEWMA ile ARL kriteri kullanılarak karşılaştırılmaktadır. Küçük kaymaları F-MCUSUM en çabuk tespit ederken, büyük kaymaları en geç tespit etmektedir.

Soysal & Boran, [53] ise ÜBK için $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ diyagramı oluşturmuş ve süreç yeterlilik analizi gerçekleştirmiştir. Çalışmanın giriş kısmında ayrıca daha önce yapılmış α -kesim kullanarak bulanık $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ ve $\tilde{\bar{X}} - \tilde{S}$ kontrol diyagramları, üçgen ve yamuk bulanık gözlem değerlerine sahip süreçlerin istatistiksel kontrol altında olup

olmadığının bulanık $\tilde{X} - \tilde{R}$ diyagramı üzerinde belirlenmesi için bulanık orta ve bulanık kural yaklaşımları, ÜBK için yeterlilik indeksleri $Cp, Cpk, Cpm, Cpmk$ ve güven aralıkları, spesifikasyon limitleri ve varyansın üçgen veya yamuk bulanık sayı olması durumunda Cp ve Cpk indeksleri, Taguchi kayıp tabanlı bulanık süreç yeterlilik indeksi geliştirmelerine değinmiştir. Parchami vd. [54], bulanık güven aralığı bulanık süreç yeterlilik indeksleri, bulanık süreç yeterlilik indeksleri için bulanık güven aralığı, α -kesim bazlı bulanık sayılar için Cp indeksinin testi, tedarikçi seçiminde üçgen ve yamuk bulanık sayılar için Cpm indeksi tahminleme, Taguchi indeksinin bulanık tahminleyicisinin hesaplanması, Cpm indeksi bazlı kritik p-değeri hesabı, risk değerlendirmede üçgen ve yamuk bulanık sayılar için spesifikasyon limiti ve ortalamadan faydalanılması, bulanık süreç yeterlilik indekslerinin 6-sigma yaklaşımında kullanımı, bulanık tahminleyici Spk indisinin üyelik fonksiyonunun ve p-değerinin kritik değerleri kullanılarak hipotez testleri, spesifikasyon limitlerinin, ortalamanın ve varyansın bulanık olduğu durumlarda süreç yeterlilik indekslerinin hesaplanması gibi çalışmalara değinmiştir.

4.1 Karar Verme

Bulanık küme uzantılarının karar verme alanında kullanımına dair yayın sayısı oldukça yüksektir. Bu sebeple, bu bölümde “karar verme” konusundaki uygulamalar çok detaylandırılmadan özetlenmiştir.

Mardani vd. [40], “karar verme” problemlerinde tereddütlü bulanık küme, iki-boyutlu dilsel, SBK, tip-2 bulanık küme, sıralı ağırlıklı ortalama, bulanık Choquet integral operatörü, PBK gibi çeşitli birleştirme operatörleri ile ilgili son 30 yıla ait 312 yayını incelemiştir. Çalışmalarda genellikle çok ölçütlü karar verme problemleri için yeni operatörler geliştirilmiş ve AHP, TOPSIS, VIKOR gibi yöntemlerin bulanık küme uzantıları için genişletilmiştir. Yapılan incelemeler sonucu gelişmeye açık alanlar ile ilgili öngörülerini paylaşmıştır. Örneğin, bazı çalışmalar zaman sıralaması tercihi kullanarak dinamik sezgisel normal bulanık birleştirme operatörleri mevcuttur ancak yeni çalışma olarak bu metodun aralık tipi sezgisel normal bulanık sayılar için genişletebileceği önerilmiştir. Benzer şekilde, Heronian birleştirme operatörleri tereddütlü, nütrosifik ve tip-2 bulanık kümeler için genişletilebileceği ifade edilmiştir. PBK uygulamalarının yetersiz olduğu belirtilmiştir. Bazı çalışmalarda, tereddütlü ve PBK’nin entegre edilmesi ile HPFS elde edilmiştir. Benzer şekilde PBK’nin aralık-değerli bulanık kümeler ile entegre edilmesi çalışma önerisi olarak sunulmuştur. Aralık-değerli SBK ile sınıflandırma algoritmalarının entegrasyonu için önerilen modellerin gerçek hayat problemlerini çözmek için kullanılabileceği önerisi de verilmiştir. Gelişime açık olarak nitelendirdikleri diğer öneriler de şu şekilde sıralanabilir: Bazı çalışmalar aralık tip-2 bulanık sayılar ile ELECTRE vb. teknikleri entegre etmişlerdir. Gelecek çalışmalar PROMETHEE, EDAS, TOPSIS ve VIKOR gibi teknikleri entegre edebilirler. Bazı çalışmalar dilsel tereddütlü bulanık bilgiyi VIKOR ile entegre etmişlerdir. Gelecek çalışmalar ELECTRE, TOPSIS ve TODIM gibi tekniklerle entegre edebilirler. Bazı çalışmalar aralık tip-2 bulanık sayıları ve

TOPSIS ve DEMATEL tekniklerini kullanarak problem çözmüşlerdir. Yeni çalışmalar bunu tereddütlü bulanık kümeye genişletebilir.

Bulanık küme uzantıları karar verme problemlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Mardani vd. [40] ve Mardani vd. [41] benzeri araştırmalar gösteriyor ki çok amaçlı karar verme konusunda gelişmeye açık alanlar oldukça azalmış ve oldukça karmaşıklaşmıştır. Her bir uzantı için yapılan çalışmalara alt başlıklar altında özet bir şekilde değinilmiştir.

4.1.1 Tip-2 Bulanık Kümeler İçin Karar Verme Uygulamaları

Mardani vd. [41], bulanık ÇKKV üzerine literatür taraması yapmıştır. Çalışmaların çoğu tip-1 (geleneksel) bulanık kümeler için olmasına karşın sezgisel bulanık ELECTRE, tereddütlü bulanık VIKOR, Pisagor bulanık TOPSIS, aralık tip-2 bulanık COPRAS, aralık-değerli bulanık ELECTRE, aralık-değerli bulanık TOPSIS ve aralık-değerli VIKOR teknikleri de geliştirilmiştir. Balin & Baraçlı [55], aralık tip-2 bulanık AHP kullanarak kriter ağırlıklarını hesaplamış ve aralık tip-2 bulanık TOPSIS kullanarak Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynağının seçimi problemini çözmüştür. Tip-2 bulanık kümeler matematik programlama alanında da kullanılmıştır. Tüm popüler bulanık küme uzantıları için çalışmalar mevcuttur. Örnekler aşağıda sıralanmıştır:

Garcia & Figueroa [56], aralık tip-2 bulanık sağ taraf değerlerine sahip doğrusal programlama modeli geliştirmiştir. Dalman & Bayram, [57], aralık tip-2 bulanık sayıları kullanarak çok amaçlı doğrusal olmayan problemlerin çözümü için bulanık hedef programlama yaklaşımı sunmaktadır. Taylor serileri kullanarak problemi tek amaçlı doğrusal programlama problemine dönüştürerek çözmüştür. Ojha vd. [20], çok amaçlı bir hiyerarşik bulanık çıkarım ağacı tasarlamış ve bunu tip-1 ve tip-2 bulanık sayılar için 6 örnek problem üzerinde uygulamış, performanslarını karşılaştırmıştır. Ayrıca geliştirilen modeli literatürdeki başka yöntemler ile kıyaslamış ve önerilen modelin daha az kompleks ve yüksek tutarlılıkta sonuçlar elde ettiğini tespit etmiştir. Kundu vd. [58], aralık tip-2 yamuk bulanık karar değişkenleri kullanarak doğrusal ulaştırma problemlerinin çözümü için bir metot geliştirmiştir. Aynı metodu en kısa yol problemi, minimum kapsayan ağaç problemi gibi farklı problem tiplerinin çözümü için de

kullanmıştır. Srinivasan & Geetharamani [59], kusursuz normal aralık tip-2 yamuk bulanık sayıyı sunmuş ve kaynak katsayıları bu tipte bulanık sayılar olan doğrusal programlama problemlerinin çözümü için tatmin derecesi bazlı bir metot önermiştir.

4.1.2 Sezgisel Bulanık Kümeler İçin Karar Verme Uygulamaları

Xu & Zhao [60], SBK ve SBK uzantılarının kullanıldığı 140 karar verme çalışmasını incelemiştir. Entropi ölçümü, uzaklık ölçümü, skor fonksiyonu, gri ilişki katsayısı, ağırlıklandırma metodu gibi teknikler kullanan doğrusal ve doğrusal olmayan programlama modelleri ve TOPSIS, VIKOR, LINMAP, ELECTRE, PROMETHEE bazlı modeller, çok kriterli lojistik yönetimi, kaynak yönetimi, değerlendirme ve kestirim problemlerinin çözümü için kullanılmıştır. Razmi vd. [61], sezgisel bulanık etkinlik ve pareto-optimalliği koşulları altında çok kriterli programlama problemlerinin çözümü için yeni bir yöntem önermiştir. Bu yöntem SBK kavramı, hedef programlama ve interaktif prosedürlerin avantajlarını bir araya getirmektedir. Rani vd. [62], parabolik çok amaçlı doğrusal olmayan optimizasyon programlama problemlerinin çözümü için bir algoritma önermiştir. Her bir amaç için doğrusal ve doğrusal olmayan sezgisel bulanık üyelik fonksiyonları dikkate alınarak bir ulaştırma problemine çözüm üretilmiştir. Wan vd. [63], bir grup karar verme türü olarak sezgisel bulanık tercih ilişkilerine sahip lojistik dış kaynak sağlayıcı seçimi problemini sezgisel bulanık doğrusal programlama modeli geliştirerek çözmüştür. Piasecki [64], yatırım tavsiyeleri için SBK yaklaşımı kullanmıştır. Verim oranı, beklenen verim oranı, gelir endeksi ve limit değerlerinin sezgisel bulanık versiyonlarını formüle etmiştir. Sık kullanılan bazı finansal denge kriterleri ve oranlarının bulanık versiyonlarını oluşturmuştur. Ejegwa [65], SBK ve onun uzaklık ölçümlerini kullanarak tıbbi teşhis, kariyer belirleme ve örüntü tanıma problemlerini çözmüştür.

4.1.3 Tereddütlü Bulanık Kümeler İçin Karar Verme Uygulamaları

Xu vd. [66], çok boyutlu tercih analizi için bir tereddütlü bulanık dilsel doğrusal programlama tekniği önermiştir. Bu tekniği ÇKKV problemlerinin çözümü için kullanmış ve TOPSIS ile karşılaştırmalı analiz yapmıştır. Ranjbar & Effati [67],

simetrik ve tereddütlü bulanık sağ taraf değerlerine sahip doğrusal programlama problemleri için iki yeni yaklaşım önermiştir. Wang & Li [68], resim bulanık kümeler ile TBK birleştirerek resim TBK, işlemlerini ve karşılaştırma metodunu oluşturmuştur. Genelleştirilmiş resim tereddütlü bulanık ağırlıklı ortalama ve geometrik operatörler oluşturulmuş ve örnek problemlerin çözümü için kullanılmıştır.

Xu [69], tereddütlü bulanık kümenin karar verme alanındaki uygulamalarını şu şekilde sınıflandırmıştır:

- Sınıflandırma Algoritmaları: Sınıflandırma algoritmalarında korelasyon katsayıları kullanımı, yığınsal hiyerarşik sınıflandırma algoritmaları, K-ortalamaları sınıflandırma algoritmaları, en küçük ağaç kapsama (MST) sınıflandırma algoritmaları
- Tercih İlişkileri: Grup karar vermede, tereddütlü çarpımsal tercih ilişkileri, tereddütlü bulanık tercih ilişkilerinde geçişlilik ve çarpımsal tutarlılık, tereddütlü bulanık tercih ilişkilerinde regresyon yöntemleri, grup karar vermede tereddütlü bulanık tercih ilişkilerinden sıralama türetme (α ve β normalizasyonu ile), AHP tereddütlü grup karar vermede öncelik türetme
- Çok Kriterli Karar Verme Modelleri: Eksik ağırlık bilgili tereddütlü bulanık TOPSIS, tereddütlü bulanık ELECTRE I, eksik ağırlık bilgili interaktif tereddütlü bulanık karar verme yöntemi, eksik ağırlık bilgili tatmin derecesi bazlı tereddütlü bulanık modeller

4.1.4 Nötrosofik Bulanık Kümeler İçin Karar Verme Uygulamaları

Abdel-Basset vd. [70], parametreleri yamuk Nötrosofik bulanık sayı olan bir Nötrosofik doğrusal programlama modeli oluşturmuş ve bu problemin çözümü için sıralama fonksiyonu vb. yöntemler önermiştir. Önerdikleri yaklaşımın diğer metotlara kıyasla daha basit ve etkin olduğunu öne sürmüştür. Mohamed vd. [71], Nötrosofik çevrede kabul derecesi, belirsizlik ve amaçların reddi durumlarını dikkate alan bir Nötrosofik doğrusal programlama modeli önermiştir. Modeli doğruluk üyeliği, belirsizlik üyeliği ve yanlışlık üyeliğini ve skor fonksiyonunu kullanarak keskin (crisp) programlama modeline

dönüştürmüş ve bir nümerik örnek ile etkinliğini ölçülmüştür. Nötrosofik doğrusal programlama problemlerinde dualitenin gelecek çalışmalarda ele alınabileceğini belirtilmiştir. Abdel-Basset vd. [72], Nötrosofik çevrede kabul derecesi, belirsizlik ve amaçların reddini dikkate alan bir hedef programlama modeli geliştirmiştir. Modeli doğruluk üyeliği, belirsizlik üyeliği ve yanlışlık üyeliğini ve skor fonksiyonunu kullanarak keskin (crisp) programlama modeline dönüştürerek çözmüştür. Garg [73], kriterleri ve önemleri aralık Nötrosofik sayılar olarak verilmiş karar verme problemlerinin çözümü için TOPSIS temelli doğrusal olmayan programlama modeli geliştirmiştir. Liu & Li [74], karar verme problemlerinde normal Nötrosofik bulanık girdiler arasındaki karşılıklı ilişkiyi dikkate alan, normal Nötrosofik ağırlıklı Bonferroni ortalama ve normal Nötrosofik ağırlıklı geometrik Bonferroni ortalama operatörünü geliştirmiştir. Tian vd. [75], ÇKKV problemlerinin çözümü için aralık Nötrosofik kümeler ile TOPSIS'i birleştirmiş ve yakınlık katsayılarını aralık sayılar olarak elde etmiştir. Alternatifleri sıralamak için görece yakınlık bazlı karşılaştırma ilişkilerini belirlemiş, en iyi alternatifi seçmek için çapraz-entropi yaklaşımı kullanmıştır. Ayrıca aralık Nötrosofik bulanık sayıları basit Nötrosofik bulanık sayılara çevirmek için dönüşüm operatörleri geliştirmiştir.

4.1.5 Pisagor Bulanık Kümeler İçin Karar Verme Uygulamaları

Wan vd. [76], Pisagor bulanık çevrede çok ölçütlü grup karar verme problemlerinin çözümünde alternatifleri sıralamak için çapraz-entropi yöntemi kullanmıştır. Burada tutarlılık ve tutarsızlık indekslerinin hesaplanması için Pisagor bulanık doğrusal programlama modeli geliştirmiştir. Garg [77], ağırlık bilgisinin kısmen bilindiği kriterlerin aralık değerli Pisagor bulanık sayı olduğu ÇKKV problemlerinin çözümü için skor fonksiyonu sunmaktadır. Tercihler ve skor matrisi üzerinden bir skor matrisi oluşturulmuş ve doğrusal programlama temelli metot kullanılarak bilinmeyen nitelik ağırlıklarına sahip ÇKKV problemi çözülmüştür. Naz vd. [78], yeni bir Pisagor bulanık grafiği sunmuş, Pisagor bulanık grafikleri için operasyonel kurallar belirlemiş ve grafiklerin özelliklerini detaylandırmıştır. Oluşturduğu grafiğin karar verme problemlerde kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Yang & Hussain [79], PBK için entropi

ölçütleri önermiştir. Özellikle dilsel değişkenlerle yapılandırılmış ÇKKV (en iyi seçme) problemlerinde sıralama ağırlıklarının belirlenmesinde kullanımının etkinliğini mevcuttaki diğer entropi yöntemleri ile karşılaştırmalı olarak örnek bir çalışma üzerinde göstermiştir.

4.2 İstatistik

Bu bölümde yalnızca bulanık küme uzantılarının kullanıldığı olasılık dağılımları ve hipotez testleri gibi temel konulardaki uygulamalar özet biçimde sunulmuştur.

Poleshchuk & Komarov [80], girdi ve çıktı değerleri aralık tip-2 bulanık küme olan doğrusal olmayan regresyon modeli önermiştir. Çalışmada üst ve alt üyelik fonksiyonları yamuk aralık tip-2 bulanık sayılar kullanılmıştır. Önerilen model tip-1 bulanık sayılar için de kullanılabilir.

Lv vd. [81], normal dağılım fonksiyonları bazlı SBK arasında yeni bir benzerlik ölçüsü ileri sürmüştür. Normal dağılım fonksiyonları serileri kullanarak SBK ifade etmek için bir yöntem önermiştir. Hesamian & Akbari vd. [82], kırılğan rastsal değişken örnekleme kullanarak tek-kuyruk ve çift-kuyruk sezgisel bulanık hipotez tezlerini ve hipotez testlerine ilişkin tip-I, tip-II hata oranlarını, testin gücünü ve p-değerini formüle etmiştir. Üretilen formülleri kullanarak gerçek hayat uygulamalarından hem normal dağılım gibi parametrik hem de parametrik olmayan durumların istatistik testlerini gerçekleştirmiştir. Akbari & Arefi [83], sezgisel bulanık veriler için parametrik olmayan tek (sağ ve sol) kuyruk ve çift kuyruk hipotez testleri sunmuştur. Güven aralıkları sezgisel bulanık sayılar olarak sunulmuş ardından önem seviyesi ve kabul derecesi dikkate alınarak hipotez testleri gerçekleştirilmiştir. Parvathi vd. [84], simetrik üçgen sezgisel bulanık sayı ortamında doğrusal regresyon modeli önermiş ve regresyon analizi gerçekleştirmiştir. Sezgisel bulanık regresyon katsayıları, regresyonun toplam bulanıklığı minimize eden bir doğrusal programlama problemi ile bulunmuştur. Kahraman vd. [85], bulanık hipotez testlerinde kullanmak üzere, popülasyon ortalaması, popülasyon orantısı, iki popülasyonun ortalamaları farkı ve iki popülasyonun orantıları farkı için aralık-değerli sezgisel bulanık güven aralığı

geliştirmiştir. Önerilen güven aralığı sonlu ve sonsuz büyüklüklü popülasyonlarda kullanılabilmektedir.

Alhabib vd. [86], Nötrosofik Poison, Üstel ve Düzgün olasılık dağılımları geliştirmiş ve her bir olasılık dağılım için örnek problemler çözmüştür. Patro & Smarandache [87] ise Nötrosofik binom ve normal olasılık dağılımları geliştirmiştir. Salama vd. [88], girdi ve çıktı değerleri Nötrosofik sayı olan doğrusal regresyon modeli ve korelasyon katsayıları geliştirmiştir. Aslam [89], Nötrosofik gama ve üstel dağılımların birikimli dağılım fonksiyonlarını paylaşmıştır.

Xu [69], tereddütlü bulanık kümenin istatistik alanındaki uygulamalarını temel olarak birleştirme operatörleri (ör: Bonferroni ortalamaları) ve uzaklık, benzerlik, korelasyon, entropi ölçümleri başlıkları altında incelemiştir.

Yapılan literatür taraması gösteriyor ki istatistik alanında, hipotez testlerinin bulanık küme uzantıları için genişletilmesi gibi temel çalışmalar yapılmaya başlanmasına karşın hala geliştirilmeye açık alanlar bulunmaktadır.

4.3 Kalite Mühendisliği

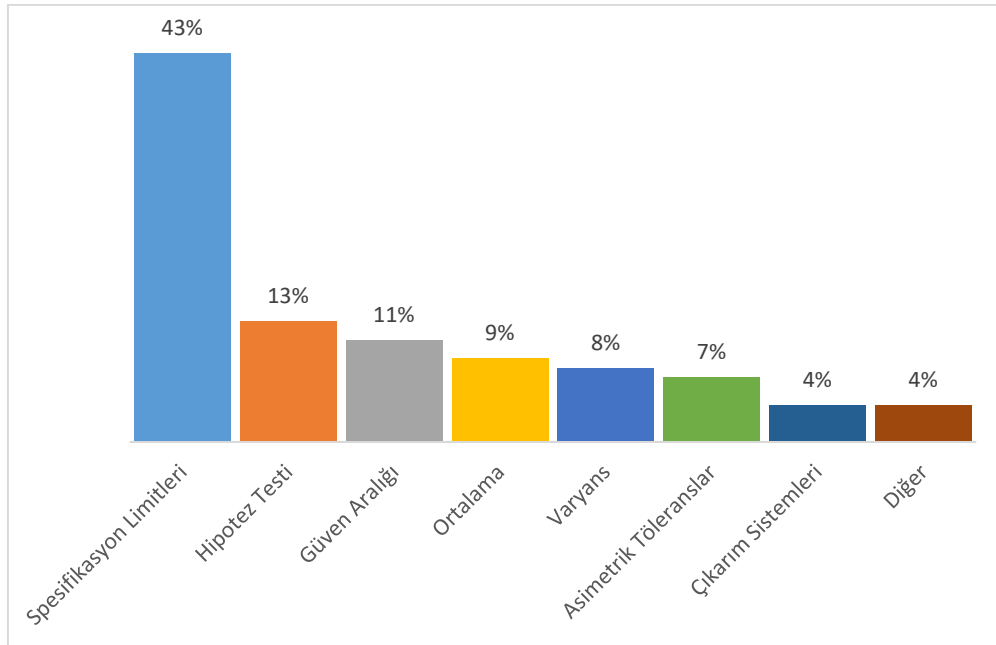
Tablo 3.1'deki tarama sonuçları incelendiğinde “Kalite Yönetimi” konuları daha az çalışılmış konulardır. Kahraman & Yanık [3]'ün sınıflandırmasında yer alan konulardan 3 tanesi seçilmiş ve bu konularda bulanık küme uzantılarının uygulamaları araştırılarak henüz yeterli çalışmanın yapılmadığı alanlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu konuların sık kullanılan bulanık küme uzantıları açısından incelemesi yapılmıştır.

4.3.1 Süreç Yeterlilik Analizi

Kaya [90], 67'si makale, 24'ü konferans ve 1'i kitap bölümü olmak üzere 92 yayını inceleyerek süreç yeterlilik analizinde bulanık küme teorisinin etkilerini ve güncel trendleri özetlemiştir. Makaleleri bulanık süreç yeterlilik indekslerine göre sınıflandırmıştır. 13 makalede $\tilde{C}_p$ indeksi, 10 makalede $\tilde{C}_{pk}$ indeksi, 9 makalede $\tilde{C}_{pm}$ indeksi, 4 makalede $\tilde{C}_{pmk}$ indeksi, 9 makalede ise diğer indeksler üzerine çalışmalar yapılmıştır. İnceleme sonucunda, süreç yeterlilik indekslerinin

sezgisel, tip-2 ve TBK gibi bulanık küme uzantıları için oluşturulması yeni çalışma önerisi olarak sunulmuştur.

Kaya & Çolak [91], bulanık süreç yeterlilik analizi üzerine yapılmış 101 çalışmayı incelemiştir. Çalışmaların büyük çoğunluğu tip-1 (geleneksel) bulanık kümeler için yapılmıştır. Spesifikasyon limitlerinin belirlenmesi için tip-2 ve SBK kullanan çalışmalar da mevcuttur. En çok çalışılan süreç yeterlilik indeksleri %25 ve %25'lik oranlarla $\tilde{C}_{pk}$ ve $\tilde{C}_p$ olarak ortaya çıkmaktadır. Bunu %18 ile $\tilde{C}_{pm}$, %7 ile $\tilde{C}_{pmk}$ ve %5'lik oranla $\tilde{C}_{pp}$ izlemektedir. Çalışılan diğer indekslerin oranı ise %20'dir. Yapılan çalışmaların konu dağılımlarına göre sınıflandırması Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Bulanık süreç yeterlilik indeksi çalışmalarının konu dağılımı [91]

Kaya & Çolak [91], gelecek çalışmalarda tip-2, sezgisel, TBK gibi bulanık küme uzantılarının süreç yeterlilik indekslerinin formüle edilmesinde kullanılabileceği önerisinde bulunmaktadır. Tip-2 ve SBK için C_p, C_{pk}, C_{pm} indekslerinin bazı uygulamaları olmasına karşın diğer indekslerin bu tip bulanık kümeler için genişletilebileceğini belirtmektedir.

Senvar & Kahraman [92], log-normal dağılımda spesifikasyon limitleri, persentiller ve median'ın aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar olduğu durumlar için $\tilde{C}_p, \tilde{C}_{pu}, \tilde{C}_{pk}, \tilde{C}_{pl}$ süreç yeterlilik indekslerini hesaplamıştır.

Parchami vd. [54], spesifikasyon limitlerinin aralık tip-2 YBK olduğu durumlar için $\tilde{C}_p, \tilde{C}_{pk}, \tilde{C}_{pm}$ süreç yeterlilik indekslerini, spesifikasyon limitleri için $\mu_{\tilde{Q}}(x)$ ve spesifikasyon limitlerinin uzaklık ölçümleri $D(\tilde{LSL}, \tilde{USL})$ ve $S(\tilde{LSL}, \tilde{USL})$ 'yi hesaplamıştır. Ayrıca bir aralık değerli uygunsuzluk oranı $NP = (1 - P(LSL < X < USL))$ da tanımlamıştır. Bunları ayrıca örnek bir veri üzerinde de hesaplamıştır.

Cao vd. [93], tek değişkenli süreç yeterlilik indeksi S_{pk} 'nin çok değişkenli için uyarlanmış hali olan S_{pk}^T indeksini SBK için genişletmiştir. Ayrıca limitlerin baskınlık derecesini ölçmek için $\bar{S}_i$ parametresini ve bunu kullanarak yakınlık katsayısı T_i 'yi hesaplamıştır. S_{pk}^T indeksini, örnek bir veri üzerinden daha önceki çalışmalarda önerile çok değişkenli süreç yeterlilik indeksleri MC_p 'ler ile kıyaslamıştır.

Kahraman vd. [94], spesifikasyon limitlerinin SBK olduğu durumlar için $\tilde{C}_p, \tilde{C}_{pk}, \tilde{C}_{pl}, \tilde{C}_{pu}, \tilde{C}_{pm}$ süreç yeterlilik indekslerini formüle etmiştir. İndeksleri hesaplama öncesi sezgisel bulanık kümeyi sıralamak için üyelik ve üye olmama fonksiyonlarını kullanan bir $R(\tilde{A})$ sıralama fonksiyonu önermiştir. SBK'nin α -kesimleri için de $\tilde{C}_p^\alpha, \tilde{C}_{pk}^\alpha, \tilde{C}_{pm}^\alpha$ indekslerinin formüllerini oluşturmuştur. Yeterlilik indekslerini aralık-değerli SBK için de uyarlamıştır. Aynı çalışmanın TBK için de uygulanabileceğini gelecek çalışma önerisi olarak dile getirmiştir.

4.3.2 Örneklem Planları

Bulanık küme uzantılarının örneklem planları için kullanımında pek fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Aşağıda değinilen çalışmalar yalnızca nütrosifik kümeler için yapılmış, birbiri ile aynı örneklem modeli yaklaşımını kullanmaktadır. Aralarındaki fark kullandıkları popülasyon dağılımları, popülasyon dağılımlarının parametrelerini bilip bilmeme ile ilgili farklardır. Her bir problemin kendi içinde bulunduğu şartlar ve eldeki parametreler dikkate alınarak uygun test istatistiğine karar verilmiştir. Bu sebeple çalışmalarda kullanılan test istatistikleri birbirinden farklılaşmaktadır.

Aslam vd. [95] ortalaması ve standart sapması da nütrosifik aralıklar olarak ifade edilen bir nütrosifik Pareto dağılımına uyan rastsal değişkenler ile ifade

edilen spesifikasyonlara sahip bir popülasyon için bir değişken örnekleme planı oluşturmuştur. Burada alt ve üst spesifikasyon limitleri tekil değerler olarak kabul edilmiş, örneklem ortalama ve varyansı popülasyonun yansız tahminleyicisi olarak kullanmıştır. Örneklem büyüklüğü n ve buna bağlı kabul sayısı k da yine nötrosifik bulanık aralık olarak ifade edilmiş ve nötrosifik işletim karakteristik (NOC) fonksiyonlarını kullanarak oluşturulan bir doğrusal olmayan programlama modelinin çözümü ile bulunmuştur. Bu modelde $p_1 =$ kabul edilebilir kalite seviyesi (AQL) ve $p_2 =$ sınırlayıcı kalite seviyesi (LQL) girdi değişkeni olarak kullanılmıştır. Verilen α üretici riski ve β tüketici riski değerleri de kısıt sağ taraf değerleri olarak kullanılmıştır. Kabul kriterinde kullanılan nötrosifik Y_N test istatistiği için normallik yaklaşımında bulunulmuş, ortalama ve varyansın ve k yardımıyla hesaplanmıştır. Bilyeli yatakların muayenesi için örnek problem çözülmüştür, burada Y_N nötrosifik test istatistiği üst spesifikasyon limiti U 'nun altında kalan durumlar için örneklem kabul edilmiştir.

Aslam [89], popülasyonun Nötrosifik üstel dağılım ve örnekleme plan parametrelerinin aralık nötrosifik sayılar olduğu durumlar için tek adımlı örnekleme planı tasarlamış ve kabul edilebilir kalite seviyesi (AQL) ve sınırlayıcı kalite seviyesinin (LQL) olasılık fonksiyonlarını oluşturmuştur. Bunu yaparken $\theta_N \in \{\theta_L, \theta_U\}$ ölçek parametresine sahip bir nötrosifik üstel bulanık kümenin olasılık yoğunluk fonksiyonunu ve birikimli olasılık fonksiyonunun üretip kullanmıştır. Verilen α üretici riski ve β tüketici riski değerleri için örnek veriler üzerinden uygulama yapmış, $AQL(p_1)$ ve $LQL(p_2)$ olasılıklarını hesaplamış, örneklem büyüklüğü n ve buna bağlı kabul sayısı k 'yı aralık olarak belirlemiş ve nötrosifik işletim karakteristik (NOC) fonksiyonları $P_{Na}(p_1)$ ve $P_{Na}(p_2)$ için aralıklar elde etmiştir. Son olarak rastsal bir örneklem olan $T_{Ni} \in \{T_L, T_U\}$ için $\bar{T}_N = \sum_{i=1}^{nN} \frac{T_{Ni}}{n_N}$ test değerini hesaplamış ve $\bar{T}_N > k_N L$ (burada L alt spesifikasyon limitidir) şartını sağlayan örneklemeleri kabul etmiştir.

Aslam [96], ortalaması ve standart sapması da nötrosifik olarak ifade edilen bir nötrosifik normal dağılımına (NND) uyan bir popülasyon için bir değişken örnekleme planı oluşturmuştur. Örneklem büyüklüğü n ve buna bağlı kabul sayısı k da yine nötrosifik bulanık aralık olarak ifade edilmiş ve nötrosifik

işletim karakteristik (NOC) fonksiyonlarını kullanarak oluşturulan Aslam vd. [95]'ye benzer bir optimizasyon probleminin çözümü ile bulunmuştur. Doğru nötrosifik gözlem ile gözlenen nötrosifik değerler arasındaki korelasyon popülasyonun (NND) olasılık dağılımı fonksiyonu, popülasyon parametreleri ve Nötrosifik rastsal hata kullanılarak bulunmuş, gözlem hatası da bu korelasyon değeri vasıtasıyla hesaplanmıştır. Popülasyon normal dağılım olduğu için test istatistiği de z 'den türetilmelidir. Test istatistiği olarak $J_N = \frac{U - \bar{X}_N}{S_{Np}}$ kullanılmıştır. Burada U üst spesifikasyon limiti, $\bar{X}_N \in \{\bar{X}_L, \bar{X}_U\}$ örneklem ortalaması ve $S_{Np} = \{S_{Lp}, S_{Up}\}$ örneklem standart sapmasıdır., Aslam [97], benzer bir örnekleme planını yine normal dağılıma uyan bir popülasyon üzerinde uygulamıştır. Buradaki en temel fark problemde ölçüm hatasından bahsedilmediği için test parametrelerini belirlemek için kullanılan modelde ölçüm hatası kullanılmamıştır. Aslam [98], yine benzer şekilde bir değişken örnekleme planı oluşturmuştur. Ele alınan popülasyon dağılımının ortalama ve varyansı bilinmemektedir. Hedef değer T , alt ve üst spesifikasyon limitleri kırılğan sayıdır. Spesifikasyon limitlerinin aritmetik ortalaması yardımıyla bir süreç kayıp indeksi hesaplanmıştır. Bu indeksin Ki-kare dağılımına uyduğu belirtilmiştir. Test parametrelerini belirlemek için kurulan doğrusal olmayan programlama modelinde bu indeks ve ki-kare dağılımının test istatistiğinin formülü kullanılmıştır. Süreç kayıp indeksi nötrosifik Ki-kare dağılımına uyduğu için örneklem kabulü için Ki-Kare test istatistiği kullanılmıştır. Aslam & Al-Marshadi [99], ortalaması bilinen ancak varyansı bilinmeyen NND uygun bir popülasyon için benzer bir değişken kabul örnekleme önermiştir. Burada nötrosifik korelasyon ve regresyon tahminleyicilerini hesaplamış ve kabul testi için bu tahminleyiciyi kullanmıştır.

Aslam [100], kalite spesifikasyonlarına sahip olmayan yığınlarla ilişkin bir nicel örnekleme planı oluşturmuştur. Örneklem verisi için gerekli aralık $a = [x^L, x^U]$ olacak şekilde aralık değerli olarak ifade edilmiştir. Buna bağlı olarak a aralığına ilişkin olasılık $p = \langle [x^L, x^U], (p_{ND}, p_I, p_D) \rangle$ olarak ifade edilmiştir. Burada p_{ND} parçanın sağlam olma olasılığı, p_D parçanın kusurlu olma olasılığı ve p_I ise kusur durumunun belirsiz olma olasılığıdır. Önerilen yöntemde önce n adetlik bir

örneklem alınır ve örnekleme dair x^L ve x^U değerleri belirlenir, ortalama $\bar{x}$ ve standart sapma S hesaplanır. Örneklemdeki sağlam parça adedi n_{ND} kullanılarak $p_{ND} = n_{ND}/n$, kusur durumu belirsiz parça adedi n_I kullanılarak $p_I = n_I/n$ ve kusurlu parça adedi n_D kullanılarak $p_D = n_D/n$ olasılıkları hesaplanır. Burada n_{ND} , n_I ve n_D değerleri belirlenirken $n_{ND} \in [\bar{x} - S, \bar{x} + S]$ sağlayan parça adedinin sağlam parça adedini, $n_I \in [\bar{x} - 3S, \bar{x} - S]; [\bar{x} + S, \bar{x} + 3S]$ sağlayan parça adedinin kusur durumu belirsiz parça adedini $n_D \in [x^L, \bar{x} - 3S]; [\bar{x} + 3S, x^U]$ sağlayan parça adedinin ise kusurlu parça adedini vereceği varsayılmaktadır. Bu aşamadan sonra, kusurlu parça adedi, izin verilen kusurlu parça adedi c 'yi geçerse parti reddedilmektedir. Bu plana ilişkin parti kabul P_A , ret P_R ve belirsizlik P_I olasılıkları [101]'de yer alan nötrosifik binom dağılım formülleri kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışma karakteristiği (OC) eğrisi $L(p) = P_R + P_I + P_A$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Son olarak modelle ilgili örnek problem çözülmüştür.

4.3.3 Kontrol Diyagramları

Şentürk & Antucheviciene [102], popülasyonun Poisson dağılım ile temsil edildiği c -kontrol diyagramı geliştirmiştir. Uygunsuzlukların sayısı aralık tip-2 yamuk bulanık sayı olarak ele alınmıştır. Böylece kontrol limitleri de aralık-tip 2 bulanık sayılar ile ifade edilmiştir. Bulanık sayılar “en iyi bulanık olmayan performans” (BNP) yöntemi kullanılarak durulaştırılmış ve sürecin kontrol altında olup olmadığı durulaştırılmış veriler üzerinden kontrol edilmiştir. Erginel vd. [103], aralık tip-2 bulanık p -kontrol diyagramı geliştirmiş ve durulaştırmak için BNP yöntemini kullanmıştır. Aralık tip-2 bulanık np -kontrol diyagramı geliştirmiş fakat burada farklı bir durulaştırma yöntemi kullanmıştır. Bu iki diyagram, doğal gaz valfi üretimi ve kek üretimine ilişkin iki gerçek örnek ile denenmiştir. Teksen & Anagun [104], aralık tip-2 bulanık kümeler için $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ kontrol diyagramı geliştirmiştir. Aralık tip-2 bulanık kümeler için durulaştırma, uzaklık, sıralama ve yakınlık gibi metotları bu diyagramlar için uygulamıştır.

Shabani vd. [105], normal dağılıma ait bulanık $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ diyagramını sunmuş ve $\tilde{\bar{X}}$ kontrol limitinin (α, β) kesim prosedürünü oluşturmuştur. Daha sonra (α, β) -seviye sezgisel bulanık orta aralık dönüşüm tekniğini kullanarak sezgisel bulanık

sayıyı skalere çevirmiştir. Benzer çalışmayı $\tilde{R}$ diyagramı için de yapmış ve $\tilde{R}$ diyagramı için de (α, β) kesim kontrol diyagramı formüle etmiştir. (α, β) kesim $\tilde{R}$ kontrol diyagramı için α - seviye sezgisel bulanık orta aralığın kontrol limitlerini elde etmiş ve süreç kontrol aralığını belirlemiştir. $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{S}}$ kontrol diyagramını da formüle edip, bunun da (α, β) kesim için kontrol limitlerini belirlemiştir. Yine öncekilere benzer şekilde (α, β) kesim $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{S}}$ kontrol diyagramının kontrol limitlerini ve (α, β) kesim sezgisel bulanık orta aralığı formüle etmiştir. $\tilde{\bar{S}}$ kontrol diyagramını oluşturmuş ve $\tilde{R}$ kontrol diyagramındakine benzer şekilde α - seviye sezgisel bulanık orta aralığın kontrol limitlerini elde etmiş ve süreç kontrol aralığını belirlemiştir. Son olarak özyüklemeli olasılık kanununu kullanarak sezgisel bulanık ortalama ve standart sapma hesaplamış ve $\tilde{\bar{X}}^* - \tilde{\bar{S}}^*$ kontrol diyagramı için (α, β) kesim kontrol limitlerini belirlemiştir. Geliştirilen diyagramları numerik örnekler üzerinde uygulamıştır.

Khormali & Addeh [106], Kontrol diyagramlarındaki doğal olmayan örüntülerin tanınması için destek vektör makinesi (SVM) bazlı bir sınıflandırıcı önermiştir. Önerilen yöntemde SVM sistemini daha etkin hale getirmek için tip-2 bulanık c-ortalamları (T2FCM) sınıflandırma algoritması kullanılmıştır.

Zarandi & Najafi [107], belirsizlik altında monoton değişim süreçlerinde çoklu değişim noktalarını tahmin etmek için model önermiştir. Bunun için aralık tip-2 bulanık kümeleri (IT2FS) kullanarak bulanık-istatistik sınıflandırma yaklaşımı içinde yeni üyelik fonksiyonları ve amaç fonksiyonları sunmuştur. Geliştirilen sistem/algoritma önce sırasıyla kontrol altında, kontrol dışında ve aralık tip-2 bulanık kümeler için kontrol altında, kontrol dışında durumları için eğitilmiştir. Her sinyal noktasında ilgili kontrol diyagramı için kalite karakteristikleri (örneğin $\bar{X}$ diyagramı için ortalama parametresi) ölçülür ve frekansı sayılır. Süreç izleme esnasında bir değişim noktası yakalamak için 2. örneklemden o anki son örnekleme kadarki tüm noktalar dikkate alınır. Değişim noktası olup olmadığını yakalamak için iki en olası kontrol dışı sınıfı belirler ve iki sınıf için de aralık tip-2 üyelik fonksiyonlarını kullanarak alt ve üst kontrol limitleri belirler. Burada aralık tip-2 bulanık üyelik fonksiyonlarının prosedürünü daha kolay anlamak için sürecin normal dağılıma uyduğu varsayılmıştır. Kontrol

diyagramından bir kontrol dışı sinyali alındığında rastsal örnekleme yapılır ve her bir örneklem için ortalama frekansı kaydedilir. Frekanslar maksimum frekansa bölünerek kontrol-altında durumu için üyelik fonksiyonu elde edilir ve bu adımlar IT2FS elde edebilmek için tekrarlanır.

Aslam vd. [108], ortalaması ve varyansı bilinen nötrosifik bir popülasyon için, nötrosifik istatistik aralık metodu altında bir S^2 kontrol diyagramı önermiştir. Plan parametreleri olan örneklem büyüklüğü n ve kontrol diyagramı katsayısı k birer nötrosifik değişkendir. Nötrosifik kontrol limitleri bu iki parametre kullanılarak bulunmaktadır. Çalışmanın başında n biliniyor olmasına karşın k nötrosifik algoritma ile belirlenir. Burada kontrol limitleri Ki-kare dağılımına uymaktadır ve kontrol-altı şartı bu dağılım kullanılarak hesaplanır. Kontrol diyagramının performansını ölçmek için nötrosifik ortalama koşum süresi (NARL) kullanılmıştır. Önerilen diyagramın etkinliğini test etmek için NND uygun olarak üretilmiş veriler kullanılarak simülasyon yapılmış ve otomobil endüstrisinde piston yüzüklerinin çapının izlenmesi için kullanılmıştır. Klasik kontrol diyagramlarından daha hassas sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Aslam vd. [109], buna benzer bir çalışmayı ömür/arıza süresi için gerçekleştirmiştir. Arıza süresi nötrosifik gama dağılımı ile temsil edilmiş yine diyagramının performansını ölçmek için nötrosifik ortalama koşum süresi (NARL) kullanılmıştır. Burada kontrol limitlerinin simetri özelliğinden yararlanılarak bir dönüşümden geçirilmiş ve NND ya uygun hale getirilmiştir. Önerilen diyagram önce simülasyon verileri için test edilmiş ardından sağlık alanında Suudi Arabistan'daki idrar yolu enfeksiyonlarının izlenmesi için kullanılmıştır. Aslam vd. [110], nötrosifik binom dağılıma uygun veriler için np kontrol diyagramı (Nnp) önermiştir. Kontrol limitleri plan parametreleri olan örneklem büyüklüğü n ve kontrol diyagramı katsayısı k kullanılarak nötrosifik aralık olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın başında n biliniyor olmasına karşın k , nötrosifik ortalama koşum uzunluğu (NARL)'ın kontrol altı durumu dikkate alınarak belirlenmiştir. Oluşturulan diyagramın etkinliği NARL kullanılarak simülasyon verileri üzerinde ölçülmüştür. Daha sonra Montgomery 'nin donmuş portakal suyu üretimi problemi üzerinde denenmiştir. Aslam [111], nötrosifik binom dağılım için bir nitel kontrol diyagramı önermiştir. Kontrol limitleri plan

parametreleri olan örneklem büyüklüğü n ve kontrol diyagramı katsayısı k kullanılarak nötrosifik aralık olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın başında n biliniyor olmasına karşın k , kontrol altı durumu dikkate alınarak belirlenir. Oluşturulan diyagramın etkinliği NARL kullanılarak simülasyon verileri üzerinde ölçülmüş ve Pakistan'daki bir donmuş portakal suyu üretimi şirketinin verileri üzerinde denenmiştir. Aslam & Khan [112] bu çalışmanın bir benzerini gerçekleştirmiş ve bir nicel diyagram önermiştir. Oluşturulan diyagramın etkinliği yine NARL kullanılarak ölçülmüştür. Aslam [113], nötrosifik istatistik aralık metodu altında tekrarlanan örneklem için varyans (S^2) kontrol diyagramı önermiştir. Popülasyon NND ya uygun kabul edilmiştir. Varyanslar ise nötrosifik serbestlik derecesine sahip Ki-kare dağılımına uygundur. Oluşturulan diyagramın etkinliği NARL kullanılarak simülasyon verileri üzerinde ölçülmüş ve Cidde'deki bir otomotiv firmasında piston yüzüğü yarıçapı ölçümüne ait veriler üzerinde denenmiştir.

Bu tez kapsamında ise bu çalışmalardan farklı olarak bulanık küme uzantılarının örnekleme yaklaşımı üzerinde uygulanması analiz edilmiştir. Yapılan literatür taraması sonrası, bulanık küme uzantıları ile ilgili en fazla gelişmeye açık alan barındıran konuların kalite mühendisliği konuları olduğu tespit edilmiştir. Kalite mühendisliğinin seçilen 3 alt konusu için yayın sayıları Tablo 4.1'de verilmiştir. Tabloda örnekleme planları için sadece nötrosifik kümeler için çalışma yapıldığı görülmektedir. 4.3.2 nolu başlıkta da belirtildiği üzere bu çalışmalar birbiri ile aynı örnekleme modeli yaklaşımını kullanmaktadır. Aralarındaki fark, kullandıkları popülasyon dağılımları, popülasyon dağılımlarının parametrelerini bilip bilmeme ile ilgili farklardır. Bu makalelerde yer alan modeller geliştirilmeye açıktır. Örneğin nitel örnekleme planları ile ilgili bu makalelerde yer alan, optimal örneklem büyüklüğünü bulmaya yarayan doğrusal olmayan matematik model, belirsizlik (indeterminacy) terimini de içerecek şekilde genişletilebilir. Çözüm için [70]'de belirtilen sıralama (ranking) yöntemi doğrusal olmayan modellere uyarlanıp bu modelin optimal çözümü için kullanılabilir.

Tablo 4.1 Belirlenen kalite yönetimi konularına ilişkin bulanık küme uzantıları yayın sayıları

Bulanık Küme Uzantısı	Kalite Yönetimi Konuları		
	Örnekleme Planı	Süreç Yeterlilik	Kontrol Diyagramları
Tip-2 Bulanık Küme	0	2 ([54] [92])	5 ([103] [104] [106] [107] [113])
Sezgisel Bulanık Küme	0	2 ([93] [94])	1 ([105])
Nötrosofik Küme	7 ([89] [95] [96] [97] [98] [99], [100])	0	5 ([108] [109] [110] [111] [112])
Tereddütlü Bulanık Küme	0	0	0
Pisagor Bulanık Küme	0	0	0

Sonuç olarak nötrosofik kümeler de dahil, örnekleme planları/kabul örnekleme konusunda tüm bulanık küme uzantıları için gelişime açık alanlar bulunduğu söylenebilir. Yukarıdaki bilgiler ışığında, bu çalışmada kabul örnekleme planlarının bulanık küme uzantıları için genişletilmesine karar verilmiştir.

Bulanık küme uzantıları, birbirinden farklı belirsizlik durumlarını çözmek için geliştirilmiştir. Örnekleme planlarının doğası gereği tüm uzantıların bu alanda uygulanamayabileceği düşünülmektedir. Örnekleme planları, 3 nolu bölümde detayları verilen bulanık küme uzantıları için genişletilmeye çalışılacaktır.

KABUL ÖRNEKLEME PLANLARINDA BULANIK KÜME UYGULAMALARI

5.1. Kabul Örnekleme Planlarında Tip-1 Bulanık Küme Yaklaşımı

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde kabul örnekleme planlarında tip-1/standart bulanık küme uygulamaları olduğu görülmüştür. Fakat mevcut kabul örnekleme modellerini, doğrudan üyelik derecesini dikkate alarak ve bulanık küme yaklaşımı kullanarak uyarlamak yönünde bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Genel yaklaşım, bulanık kümeleri α – kesim yaklaşımı kullanmak yönündedir.

5.1.1 Kabul Örnekleme Planlarında Tip-1 Bulanık Küme Uygulamaları

Literatürde, tip-1 bulanık küme kullanarak birli ve ikili kabul örnekleme problemlerinin çözümüne dair çalışmalar mevcuttur. Yapılan çalışmaların tamamında bulanık kümeler α – kesim yaklaşımı ile aralık tip-1 bulanık kümelere dönüştürülerek analiz edilmiş ve modeller deterministik olarak çözülerek sonuç aralık sayı olarak elde edilmektedir.

Divya [114], Birli örnekleme problemleri Poisson dağılımı için modellemiştir. Çözümde α – kesim kullanmış ve kabul olasılığını aralık sayı olarak elde etmiştir. Buna ek olarak kalite karar bölgesi ve olasılıksal kalite bölgesi hesaplamaları yapmış, yine onları da aralık sayı olarak elde etmiştir. Jamkhaneh vd. [115] ise birli örnekleme problemini Binom dağılımı kullanarak modellemiştir. Çözümde α – kesim kullanmış ve kabul olasılığını aralık sayı olarak elde etmiştir. Buna ek olarak işletme karakteristiği (OC) eğrisini de formüle etmiştir. Literatürde, ikili kabul örnekleme planları için de çalışmalar mevcuttur. Jamkhaneh & Gildeh [116], Poisson dağılımı kullanarak ikili örnekleme planlarına ilişkin kabul olasılığı, OC eğrisi, ortalama örnek sayısı (ASN), çıkan ortalama kalite (AOQ) ve ortalama toplam muayene (ATI) hesaplamıştır. Modellemede üçgen bulanık sayılar için α – kesim kullanmıştır. Kahraman vd. [117] α – kesim kullanarak hem Poisson hem de Binom dağılımı

için önce birli kabul örnekleme modellemiş, kabul olasılığı değerini, AOQ ve ATI eğrilerini hesaplamıştır. Daha sonra ikili örnekleme planları için yine $\alpha - kesim$ kullanarak hem Poisson hem de Binom dağılım için kabul olasılığını, ASN ve ATI eğrilerini hesaplamıştır. Ayrıca en uygun örneklem büyüklüğünü belirlemek için çok-ölçütlü bir eniyileme modeli önermiştir.

5.2 Kabul Örnekleme Planlarında Bulanık Küme Uzantıları

Bu bölümde kabul örnekleme planları için bulanık küme uzantılarını kullanan yayınların içeriği analiz edilerek özetlenmiş, yayınlarda konusu geçen uzantılar için teorik bilgi verilmiş ve özeti verilen yayınlardaki modeller detaylı irdelenmiştir. Son olarak ise bir modelleme önerisi yapılmıştır.

5.2.1 Kabul Örnekleme Planlarında Bulanık Küme Uzantıları Uygulamaları

Yapılan literatür taramasında Tip-2, Nötrosofik, Sezgisel, Tereddütlü ve Pisagor bulanık küme uzantıları dikkate alınmıştır. Örnekleme planları için sadece tek kişi tarafından ve sadece nötrosofik kümeler için çalışma yapıldığı tespit edilmiştir.

Tablo 5.1 Kabul örnekleme planlarına ilişkin nötrosofik küme uygulamaları

Yıl	Başlık	Yazar	Dergi	Problem
2018	Design of sampling plan for exponential distribution under neutrosophic statistical interval method	Muhammad Aslam	IEEE	Nitel Kabul Örnekleme
2018	Design of Sampling Plan Using Regression Estimator under Indeterminacy	Muhammad Aslam, Ali Hussein Al-Marshadi	Symmetry	Nitel Kabul Örnekleme
2018	A new sampling plan using neutrosophic process loss consideration	Muhammad Aslam	Symmetry	Nitel Kabul Örnekleme
2019	Design of variable sampling plan for pareto distribution using neutrosophic statistical interval method	Muhammad Aslam, Nasrullah Khan, Ali Hussein Al-Marshadi	Symmetry	Nitel Kabul Örnekleme

Tablo 5.1 Kabul örnekleme planlarına ilişkin nütrosifik küme uygulamaları (devamı)

2019	Product acceptance determination with measurement error using the neutrosophic statistics	Muhammad Aslam	Advances in Fuzzy Systems	Nitel Kabul Örneklemesi
2019	A variable acceptance sampling plan under neutrosophic statistical interval method	Muhammad Aslam	Symmetry	Nitel Kabul Örneklemesi
2019	A new attribute sampling plan using neutrosophic statistical interval method	Muhammed Aslam	Complex & Intelligent Systems	Nicel Kabul Örneklemesi

Nitel kabul örneklemesine ilişkin yukarıdaki tabloda yer alan çalışmalar birbiri ile benzer örnekleme modeli yaklaşımını kullanmaktadır. Aralarındaki fark, kullandıkları popülasyon dağılımları, popülasyon dağılımlarının parametrelerini bilip bilmeme ile ilgili farklardır. Yayınlarda yer alan modellerin nütrosifik küme teorisi açısından detaylı incelemeleri yapıp, modellerdeki ve varsayımlardaki hatalar detaylandırılmadan önce nütrosifik küme teorisi ile ilgili bazı konuları detaylı ele alalım.

5.2.2 Nütrosifik Binom Dağılımı

Nütrosifik binom dağılımı (NBD), klasik binom dağılımın bir miktar belirsizlik (indeterminacy) içerecek şekilde genişletilmiş halidir. Bu dağılım, her denemenin başarılı (S), başarısız (F) veya belirsiz (I) olarak nitelenebilecek durumlarla sonuçlandığı olaylara ilişkin olasılık dağılımını ifade eder. Örneğin; bozuk bir yüzey üzerine para atıldığında, bazı denemelerde yüzeydeki çukur ve tümsekler sebebiyle yazı da tura da gelmeyebilir. Yazı/tura oyunundaki her bir bağımsız denemede S, F ve I durumlarının oluşma şansı vardır. Burada nütrosifik binom rastsal değişken x , $n \geq 1$ denemedeki başarı sayısı olarak tanımlanır ve x 'in olasılık dağılımı nütrosifik binom dağılımdır [101].

Bu tip deneylerde $\mathcal{T} \in \{0,1,2, \dots, n\}$ bir eşik değer olacak şekilde belirli sayıda belirsizliğe müsaade edilebilir. p_S belirli deneme sonucu başarı şansı, p_F belirli deneme sonucu başarısızlık şansı ve p_I belirli deneme sonucu belirsizlik şansı

olarak tanımlansın. $k \in \{0, 1, 2, \dots, n\}$ olacak şekilde n denemede tam olarak k başarı sağlama olayı (T_k, I_k, F_k) nütrosifik sayısı ile ifade edilir [101].

T_k : **Tam olarak k adet** başarı, $(n - k)$ adet başarısızlık ve belirsizlik olasılığı

F_k : $\ell \neq k$ olacak şekilde tüm b adet başarı, (belirsizlik $\leq T$ olacak şekilde)

$(n - \ell)$ adet başarısızlık ve belirsizlik durumlarının olasılığı toplamı

I_k : $m > T$ olacak şekilde m adet belirsizlik olasılığı olarak tanımlansın.

Buna ilişkin olasılık değerleri 5.1'deki şekilde hesaplanır [101]:

$$\begin{aligned}
 T_k &= \frac{n!}{k! \times (n - k)!} \times p_S^k \times \sum_{i=0}^T \left(\binom{n - k}{i} \times p_I^i \times p_F^{n - k - i} \right) \\
 &= \frac{n!}{k!} \times p_S^k \times \sum_{i=0}^T \frac{p_I^i \times p_F^{n - k - i}}{i! \times (n - k - i)!} \\
 F_k &= \sum_{\substack{\ell=0 \\ \ell \neq k}}^n T_\ell = \sum_{\substack{\ell=0 \\ \ell \neq k}}^n \frac{n!}{\ell!} \times p_S^\ell \times \left[\sum_{i=0}^T \frac{p_I^i \times p_F^{n - \ell - i}}{i! \times (n - \ell - i)!} \right] \\
 I_k &= \sum_{m=T+1}^n \frac{n!}{m! \times (n - m)!} \times p_I^m \times \left[\sum_{i=0}^{n-m} \left(\binom{n - m}{i} \times p_S^i \times p_F^{n - m - i} \right) \right] \\
 &= \sum_{m=T+1}^n \frac{n!}{m!} \times p_I^m \times \left[\sum_{i=0}^{n-m} \frac{p_S^i \times p_F^{n - m - i}}{i! \times (n - m - i)!} \right] \tag{5.1}
 \end{aligned}$$

Bu olasılıklar için 5.2 no'lu denklemdeki koşul da sağlanır:

$$T_k + I_k + F_k = (p_S + p_I + p_F)^n \tag{5.2}$$

Çoğu uygulamada $p_S + p_I + p_F = 1$ denklemi sağlanır. Bu, tam olasılık ("complete probability") olarak isimlendirilir. Eksik olasılık ("incomplete probability") durumunda (burada eksik bilgi var demektir) ise $0 \leq p_S + p_I + p_F < 1$ denklemi sağlanır. Tutarlılık ötesi olasılık (paraconsistent probability) durumunda (burada tutarsız bilgi var demektir) ise $1 < p_S + p_I + p_F \leq 3$ sağlanır. $T_k + I_k + F_k$ toplamının 1'e eşit olmadığı durumlarda her bir olasılık

değeri toplama bölünerek normalize edilir ve 1'e eşit olması sağlanır. Bu normalize etme işlemi başta veya sonda yapılabilir. Sonucu değiştirmez [101].

5.2.3 Nötrosifik Poisson Dağılım

Poisson dağılımı, örneklem büyüklüğü sonsuza yakınsarken Binom dağılımın limitinin alınması ile elde edilir. Fakat NBD formülünde yer alan T_k , tam olarak k adet başarıyı gösterecek şekilde formüle edildiği için $\left(\binom{n}{k} \times p_S^k\right)$ ifadesi formül içerisinde bir sabit değer olarak yer alır ve $\lim_{n \rightarrow \infty} T_k$ sifıra yakınsar. Bu beklenen bir sonuçtur çünkü Poisson dağılımı çok sık olmayan olaylarla ilgilenir. Buna rağmen, NBD formülleri kullanılarak Nötrosifik Poisson dağılım (NPD) türetmek mümkündür. NBD için ilişkin çıktı olayları şu şekilde revize edilerek Poisson dönüşümüne uygun hale getirilebilir:

F_k : **Tam olarak k adet** başarısızlık, $(n - k)$ adet başarı ve belirsizlik olasılığı

T_k : $\ell \neq k$ olacak şekilde tüm b adet başarısızlık, belirsizlik $\leq T$ olacak şekilde $(n - \ell)$ adet başarı ve belirsizlik durumlarının olasılığı toplamı

I_k : $m > T$ olacak şekilde m adet belirsizlik olasılığı.

Bu durumda 5.1 no'lu denklemler 5.3'teki gibi revize edilir:

$$\begin{aligned}
 F_k &= \binom{n}{k} \times p_F^k \times \sum_{i=0}^T \left(\binom{n-k}{i} \times p_I^i \times p_S^{n-k-i} \right) \\
 T_k &= \sum_{\substack{\ell=0 \\ \ell \neq k}}^n F_\ell = \sum_{\substack{\ell=0 \\ \ell \neq k}}^n \binom{n}{\ell} \times p_F^\ell \times \left[\sum_{i=0}^T \left(\binom{n-\ell}{i} \times p_I^i \times p_S^{n-\ell-i} \right) \right] \\
 I_k &= \sum_{m=T+1}^n \binom{n}{m} \times p_I^m \times \left[\sum_{i=0}^{n-m} \left(\binom{n-m}{i} \times p_F^i \times p_S^{n-m-i} \right) \right] \quad (5.3)
 \end{aligned}$$

NPD, 5.3 no'lu denklemler üzerinden türetilebilir. Burada, $\lambda_F = n \times p_F$ kusur frekansı ve $\lambda_I = n \times p_I$ belirsizlik frekansı olmak üzere iki frekans değeri kullanılacaktır. 5.3 no'lu denklemlerin limitinin alınması için Poisson dağılımının

ispatı, belirsizlik terimini de dikkate alacak şekilde 5.4 ve 5.5'teki gibi genişletilebilir.

$$\begin{aligned}
\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n}{k} \times p_F^k \right) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n}{k} \times \left(\frac{\lambda_F}{n} \right)^k \right) \\
&= \frac{n}{n} \times \frac{n-1}{n} \times \dots \times \frac{n-k+1}{n} \times \left(\frac{\lambda_F^k}{k!} \right) = \frac{\lambda_F^k}{k!} \\
\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n}{k} \times p_I^k \right) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n}{k} \times \left(\frac{\lambda_I}{n} \right)^k \right) \\
&= \frac{n}{n} \times \frac{n-1}{n} \times \dots \times \frac{n-k+1}{n} \cdot \left(\frac{\lambda_I^k}{k!} \right) = \frac{\lambda_I^k}{k!}
\end{aligned} \tag{5.4}$$

$$\begin{aligned}
\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n-k}{i} \times p_F^i \times p_S^{n-k-i} \right) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n-k}{i} \times \left(\frac{\lambda_F}{n} \right)^i \times \left(1 - \frac{\lambda_I + \lambda_F}{n} \right)^{n-k-i} \right) \\
&= \frac{n}{n} \times \frac{n-1}{n} \times \dots \times \frac{n-k-i+1}{n} \times \left(\frac{\lambda_F^i}{i!} \right) \times \left(1 - \frac{(\lambda_I + \lambda_F)}{n} \right)^{n-k-i} \\
&= \frac{\lambda_F^i}{i!} \times e^{-(\lambda_I + \lambda_F)} \\
\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n-k}{i} \times p_I^i \times p_S^{n-k-i} \right) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n-k}{i} \times \left(\frac{\lambda_I}{n} \right)^i \times \left(1 - \frac{\lambda_I + \lambda_F}{n} \right)^{n-k-i} \right) \\
&= \frac{n}{n} \times \frac{n-1}{n} \times \dots \times \frac{n-k-i+1}{n} \times \left(\frac{\lambda_I^i}{i!} \right) \times \left(1 - \frac{(\lambda_I + \lambda_F)}{n} \right)^{n-k-i} \\
&= \frac{\lambda_I^i}{i!} \times e^{-(\lambda_I + \lambda_F)}
\end{aligned} \tag{5.5}$$

Buradan hareketle NPD, 5.6 no'lu denklemdeki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned}
\lim_{n \rightarrow \infty} F_k &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n}{k} \times p_F^k \times \sum_{i=0}^T \binom{n-k}{i} \times p_I^i \times p_S^{n-k-i} \right) \\
&= \left(\frac{\lambda_F^k}{k!} \times \sum_{i=0}^T \left(\frac{\lambda_I^i}{i!} \times e^{-(\lambda_I + \lambda_F)} \right) \right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\lim_{n \rightarrow \infty} T_k &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\sum_{\substack{\ell=0 \\ \ell \neq k}}^n F_\ell \right) = \sum_{\substack{\ell=0 \\ \ell \neq k}}^n \frac{\lambda_F^\ell}{\ell!} \times \left[\sum_{i=0}^T \frac{\lambda_I^i}{i!} \times e^{-(\lambda_I + \lambda_F)} \right] \\
\lim_{n \rightarrow \infty} I_k &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\sum_{m=T+1}^n \binom{n}{m} \times p_I^m \times \left[\sum_{i=0}^{n-m} \binom{n-m}{i} \times p_F^i \times p_S^{n-m-i} \right] \right) \\
&= \sum_{m=T+1}^n \frac{\lambda_I^m}{m!} \times \left[\sum_{i=0}^{n-m} \left(\frac{\lambda_F^i}{i!} \times e^{-(\lambda_I + \lambda_F)} \right) \right] \quad (5.6)
\end{aligned}$$

Formüllerde, $T_k + I_k + F_k$ toplamının 1'e eşit olmadığı durumlarda her bir olasılık değeri toplama bölünerek normalize edilir ve 1'e eşit olması sağlanır ve böylece $p_S = 1 - \frac{\lambda_I + \lambda_F}{n}$ eşitliği de sağlanmış olur.

5.2.4 Nötrosifik Örneklem Planı Yaklaşımlarının Detaylı Analizi

Nitel kabul örneklemesine ilişkin Tablo 5.1'de yer alan çalışmaların birbiri ile benzer örnekleme modeli yaklaşımını kullandıklarından 4.3.2 nolu bölümde bahsedilmişti. Bu bölümde, benzerlikler üzerinde durulmayacak, bu çalışmaların genel konusuna tekrar değinilip modellerdeki hatalar/eksikler ve hatalı varsayımlar üzerinde yoğunlaşılacaktır.

Aslam [97] Tablo 5.1'de yer alan çalışmalara benzer bir örnekleme planını yine normal dağılıma uyan bir popülasyon üzerinde uygulamıştır. Buradaki en temel fark problemde ölçüm hatasından bahsedilmediği için test parametrelerini belirlemek için kullanılan modelde ölçüm hatası kullanılmamıştır.

- Diğer makalelerden farklı olarak burada belirsizlik teriminden (indeterminacy) bahsedilmektedir.
- Modelde kullanılan rastsal sayı $X_N \in \{X_L, X_U\}$, belirsizlik terimine (indeterminacy) ait bir değişken olarak tanımlanmış ve X_L ve X_U değerleri belirsizlik teriminin alt ve üst limiti gösteren sabit sayılar olarak belirtilmiştir.
- Ancak bu noktadan sonra ilginç bir varsayım yapılarak doğruluk (truthness) ve yanlışlık (falsity) durumları göz ardı edilmiş ve model yalnızca X_N aralık değerli rastsal sayısı kullanılarak geliştirilmiştir.

- Doğruluk (truthness) ve yanlışlık (falsity) terimlerinin varlığı göz ardı edildiği için kurulan modelin $1 < t + i + f < 3$ şartını sağlayan kümelere çözüm ürettiği garanti edilmemektedir.
- Ayrıca model X_N üzerine bina edilmiş bir test istatistiği kullandığı için, elde edilen optimal örneklem büyüklüğü $n_N \in \{n_L, n_U\}$, yanlışlık (falsity) durumunu ölçmeyi veya en küçüklemeyi garanti etmez.
- Modelde, $X_N \in \{X_L, X_U\}$ şeklinde genelleştirilen değişkenler kullanılarak olasılık değeri $p \in [0,1]$ formunda ifade edilebilir duruma gelmelidir, nitekim parti kabul olasılığı $L_N \in [0,1]$ olacak şekilde hesaplanmıştır. Oysa nütrosifik küme elemanları $a = \langle t_a, i_a, f_a \rangle$ formunda ifade edilmelidir.
- Nütrosifik olduğu iddia edilen diğer değişkenler $n_N \in \{n_L, n_U\}, \mu_N \in \{\mu_L, \mu_U\}, \sigma_N \in \{\sigma_L, \sigma_U\}$ sabit limitleri olan tekil aralıklar ile ifade edilmiştir. Değişkenler tekil aralık şeklinde ifade edildiği için 2.30 no'lu denklemleri sağlamaz fakat 2.25 no'lu denklemleri sağlar. Bu yüzden makalede yer alan “Aralık değerli tip-1 bulanık küme” modellemesine benzemektedir.
- Bu haliyle model, hatalı parti kabulüne sebep olabilecek ve hatalı kabule dair herhangi bir ölçüme imkân sağlamayan sonuçlar verdiğiinden nütrosifik problemlerin çözümü için uygun bir model değildir.
- Doğruluk (truthness), yanlışlık (falsity) ve belirsizlik (indeterminacy) aynı anda dikkate alınmadığı için model nütrosifik problemlerin çözümü için uygun değildir. “Aralık tip-1 bulanık küme”ye ait değişkenler için uyarlanıp ($X_N \in \{X_L, X_U\}$ doğruluk –truthness- durumunu ifade edecek şekilde), kullanılması daha uygundur.

Aslam [89], popülasyonun üstel Nütrosifik dağılım ve örnekleme plan parametrelerinin aralık nütrosifik sayılar olduğu durumlar için tek adımlı nicel örnekleme planları için çözüm ürettiğini ileri sürmekte ve kabul edilebilir kalite seviyesi (AQL) ve sınırlayıcı kalite seviyesinin (LQL) olasılık fonksiyonlarını oluşturmaktadır. İşletim karakteristik (OC) fonksiyonunu aralık değerli sayılar olarak elde etmiştir. Bu makaleye dair tespitlerimiz şu şekilde sıralanabilir:

- Önerilen örneklem planının başında belirsizlik (indeterminacy) teriminden bahsedilmiş ve $I \in \{I_L, I_U\}$ olarak bir aralık şeklinde ifade edilmiştir.

- Problem tanımı ise şu şekilde yapılmıştır: “Alt spesifikasyon limiti L (sabit sayı)’nin altında kalan parçalar (item) kusurlu olarak kabul edilir.”. Belirsizlik terimi (indeterminacy) başta tanımlanmasına karşın ne problem tanımında ne de modelin hiçbir yerinde kullanılmamıştır.
- Modellemede yalnızca örneklem büyüklüğü $n_N \in \{n_L, n_U\}$ şeklinde bir aralık olarak ifade edilerek bulanıklığın dikkate alındığı iddia edilmektedir. Yalnızca sabit limitleri olan aralık değerli verilerden oluşan bir küme mevcuttur. Alt limit ile üst limit aralığından (aksi belirtilmediği için bu aralığı sürekli kabul etsek bile) alınan bir elemanın kümeye üyelik derecesi 1 üye olmama derecesi 0 olur. Aralık dışındaki bir eleman için ise üye olmama derecesi 1, üye olma derecesi 0 olur. Eldeki verilerde belirsizlik (indeterminacy) durumuna dair en ufak bir bilgi yoktur. 2.30 no’lu denklemde verilen matematik formata uymamakta ve bu eşitsizliği sağlamamaktadır.
- Bir önceki maddede ifade edildiği üzere veriler aralık nütrosifik küme tanımına uymamaktadır. Değişkenler aralık şeklinde ifade edildiği için ve 2.25 no’lu denklemleri sağladığı için model bu haliyle “Aralık değerli tip-1 bulanık küme” modellemesi olarak ele alınabilir; nütrosifik değişkenler için uygun bir model değildir.

Aslam & Al-Marshadi [99], ortalaması bilinen ancak varyansı bilinmeyen NND ya uygun bir popülasyon için benzer bir değişken kabul örneklemesi modeli oluşturduğunu ileri sürmektedir. Korelasyon ve regresyon tahminleyicileri hesaplamakta ve kabul testi için bu tahminleyiciyi kullanmaktadır. Bu makaleye dair tespitlerimiz şu şekilde sıralanabilir:

- Modelde kullanılan olasılık dağılıma ait rastsal sayı $y_{NN} \in \{y_L, y_U\}$ olacak şekilde aralık değerli bir sayı olarak ifade edilmiş fakat ne problemin tanımında ne de modelde belirsizlik teriminden (indeterminacy) bahsedilmemiştir.
- Yalnızca sabit limitleri olan aralık değerli verilerden oluşan bir küme mevcuttur. $\{y_L, y_U\}$ aralığından alınan bir elemanın kümeye üyelik derecesi 1 üye olmama derecesi 0 olur. Aralık dışındaki bir eleman için ise üye olmama derecesi 1, üye olma derecesi 0 olur. Eldeki verilerde

belirsizlik (indeterminacy) durumuna dair en ufak bir bilgi yoktur. 2.30 no'lu denklemde verilen matematik formata uymamakta ve bu eşitsizliği sağlamamaktadır.

- Değişkenler aralık şeklinde ifade edildiği için ve 2.25 no'lu denklemleri sağladığı için model bu haliyle “Aralık değerli tip-1 bulanık küme” modellemesidir; nütrosifik değişkenler için uygun bir model değildir.

Aslam [98], yine benzer şekilde bir değişken örnekleme planı oluşturmuştur. Ele alınan popülasyon dağılımının ortalama ve varyansı bilinmemektedir. Hedef değer T, alt ve üst spesifikasyon limitleri keskin (crisp) sayıdır. Spesifikasyon limitlerinin aritmetik ortalaması yardımıyla bir süreç kayıp indeksi hesaplanmıştır. Bu indeksin Ki-kare dağılımına uyduğu belirtilmiştir. Test parametrelerini belirlemek için kurulan doğrusal olmayan programlama modelinde bu indeks ve ki-kare dağılımının test istatistiğinin formülü kullanılmıştır. Bu makaleye dair tespitlerimiz şu şekilde sıralanabilir:

- Modelde kullanılan olasılık dağılıma ait rastsal sayı $X_{N_i} \in \{X_L, X_U\} = i = 1, 2, 3, \dots, n$ olacak şekilde aralık değerli bir sayı olarak ifade edilmiş fakat ne problemin tanımında ne de modelde belirsizlik teriminden (indeterminacy) bahsedilmemiştir.
- Yalnızca sabit limitleri olan aralık değerli verilerden oluşan bir küme mevcuttur. $\{X_L, X_U\}$ aralığından alınan bir elemanın kümeye üyelik derecesi 1 üye olmama derecesi 0 olur. Aralık dışındaki bir eleman için ise üye olmama derecesi 1, üye olma derecesi 0 olur. Veriler bu haliyle 2.30 no'lu denklemde verilen matematik formata uymamakta ve bu eşitsizliği sağlamamaktadır.
- Değişkenler aralık şeklinde ifade edildiği için ve 2.25 no'lu denklemleri sağladığı için model bu haliyle “Aralık değerli tip-1 bulanık küme” modellemesidir; nütrosifik değişkenler için uygun bir model değildir.

Aslam vd. [95], ortalaması ve standart sapması da nütrosifik aralıklar olarak ifade edilen bir nütrosifik Pareto dağılımına uyan rastsal değişkenler ile ifade edilen spesifikasyonlara sahip bir popülasyon için bir değişken örnekleme planı oluşturulduğunu ileri sürmektedir. Burada alt ve üst spesifikasyon limitleri sabit

değerler olarak kabul edilmiş, örneklem ortalama ve varyansı popülasyonun yansız tahminleyicisi olarak kullanılmıştır. Örneklem büyüklüğü n ve buna bağlı kabul sayısı k da yine nütrosifik bulanık aralık olarak ifade edilmiş ve optimal örneklem büyüklüğü doğrusal olmayan programlama modelinin çözümü ile bulunmuştur.

- Kullanılan olasılık dağılıma ait rastsal sayı $X_{N_i} \in \{X_L, X_U\} = i = 1, 2, 3, \dots, n$ olacak şekilde aralık değerli bir sayı olarak ifade edilmiştir. Ne problemin tanımında ne de modelde belirsizlik teriminden (indeterminacy) bahsedilmemektedir.
- Yalnızca sabit limitleri olan aralık değerli verilerden oluşan bir küme mevcuttur. $\{X_L, X_U\}$ aralığından alınan bir elemanın kümeye üyelik derecesi 1 üye olmama derecesi 0 olur.
- Değişkenler tek bir aralık şeklinde ifade edildiği için 2.30 no'lu denklemleri sağlamaz fakat 2.25 no'lu denklemleri sağlar. Bu yüzden makalede yer alan “Aralık değerli tip-1 bulanık küme” modellemesidir; nütrosifik değişkenler için uygun bir model değildir.

Aslam [96], ortalaması ve standart sapması da nütrosifik olarak ifade edilen bir NND ya uyan bir popülasyon için bir değişken örnekleme planı oluşturulduğunu ileri sürmektedir. Örneklem büyüklüğü n ve buna bağlı kabul sayısı k da yine nütrosifik bulanık aralık olarak ifade edilmiş ve optimal n ve k değerleri doğrusal olmayan bir optimizasyon probleminin çözümü ile bulunmuştur. Doğru gözlem ile gözlenen değerler arasındaki korelasyon popülasyonun (NND) olasılık dağılımı fonksiyonu, popülasyon parametreleri ve rastsal hata kullanılarak bulunmuş, gözlem hatası da bu korelasyon değeri vasıtasıyla hesaplanmıştır.

- Kullanılan olasılık dağılıma ait rastsal sayı $X_N \in \{X_L, X_U\}$ olacak şekilde aralık değerli bir sayı olarak ifade edilmiştir. Ne problemin tanımında ne de modelde belirsizlik teriminden (indeterminacy) bahsedilmemektedir.
- Yalnızca sabit limitleri olan aralık değerli verilerden oluşan bir küme mevcuttur. $\{X_L, X_U\}$ aralığından alınan bir elemanın kümeye üyelik derecesi 1 üye olmama derecesi 0 olur.

- Değişkenler tek bir aralık şeklinde ifade edildiği için 2.30 no'lu denklemleri sağlamaz fakat 2.25 no'lu denklemleri sağlar. Bu yüzden makalede yer alan “Aralık değerli tip-1 bulanık küme” modellemesidir; nütrosifik değişkenler için uygun bir model değildir.

Yayınlarından yalnızca biri nicel örnekleme planları ile ilgilidir. Aslam [100], kalite spesifikasyonları belli olmayan yığınlarla ilişkin bir nicel örnekleme planı oluşturmuştur. Örneklem verisi için gerekli aralık $a = [x^L, x^U]$ olacak şekilde aralık değerli olarak ifade edilmiştir. Burada p_{ND} parçanın sağlam olma olasılığı, p_D parçanın kusurlu olma olasılığı ve p_I ise kusur durumunun belirsiz olma olasılığıdır. Önerilen yöntemde önce n adetlik bir örneklem alınır ve örnekleme dair x^L ve x^U değerleri belirlenir, ortalama $\bar{X}$ ve standart sapma S hesaplanır. Örneklemdeki sağlam parça adedi n_{ND} kullanılarak parçanın sağlam olma olasılığı $p_{ND} = n_{ND}/n$, kusur durumu belirsiz parça adedi n_I kullanılarak parçanın kusur durumunun belirsiz olma olasılığı $p_I = n_I/n$ ve kusurlu parça adedi n_D kullanılarak parçanın kusurlu olma olasılığı $p_D = n_D/n$ olasılıkları hesaplanır. Burada n_{ND} , n_I ve n_D değerleri belirlenirken $n_{ND} \in [\bar{X} - S, \bar{X} + S]$ sağlayan parça adedinin sağlam parça adedini, $n_I \in [\bar{X} - 3S, \bar{X} - S]; [\bar{X} + S, \bar{X} + 3S]$ sağlayan parça adedinin kusur durumu belirsiz parça adedini $n_D \in [x^L, \bar{X} - 3S]; [\bar{X} + 3S, x^U]$ sağlayan parça adedinin ise kusurlu parça adedini vereceği varsayılmaktadır. Bu aşamadan sonra, kusurlu parça adedi, izin verilen kusurlu parça adedi c 'yi geçerse parti reddedilmektedir. Bu plana ilişkin parti kabul P_A , ret P_R ve belirsizlik P_I olasılıkları Smarandache [101] tarafından önerilen nütrosifik binom dağılım formülleri kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışma karakteristiği (OC) eğrisi $L(p) = P_R + P_I + P_A$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Son olarak modelle ilgili örnek problem çözülmüştür. Makalede doğrudan veya dolaylı olarak başka bazı varsayımlar yapılmıştır. Bu varsayımlar nütrosifik küme yaklaşımı açısından eksik/yanlıştır. Bunları maddeler halinde sıralarsak:

- $n_{ND} \in [\bar{X} - S, \bar{X} + S]$ sağlayan parça adedinin sağlam parça adedini, $n_I \in [\bar{X} - 3S, \bar{X} + 3S]$ sağlayan parça adedinin kusur durumu belirsiz parça adedini $n_D \in [x^L, \bar{X} - 3S]; [\bar{X} + 3S, x^U]$ sağlayan parça adedinin ise kusurlu parça adedini vereceği varsayımı, modelin kullanım alanını

kısıtlamaktadır. Çünkü kusur durumunu tayin etmek için manuel/gözle/otomatik muayene gerektiren tip parçalar için kusurlu olma olasılığı, sağlam olma olasılığı ve kusur durumunun belirsiz olma durumları önerilen yöntemle hesaplanamaz. Kaldı ki, buraya kadarki kısım örnekleme planının bir parçası değil, örnekleme planının bir ön adımıdır.

- $p_{ND} + p_I + p_D \geq 1$ denkleminin sağlanacağı ifade edilmiştir. Ancak nötrosifik kümeler için bu denklem sağlanmak zorunda değildir. Çünkü nötrosifik kümeler şu denklemi sağlar: $0^- \leq \sup T_A(x) + \sup I_A + \sup F_A(x) \leq 3^+$ [32]. Burada “supremum” en küçük üst limit değerini ifade eder.
- Modelde kusurlu olma, sağlam olma ve belirsizlik durumları standart sapmaya bağlı olarak belirlenmiş ve ayrık kümeler olarak varsayılmıştır. Bu varsayım Şekil 5.1’de görselleştirilmiştir. Bu varsayıma göre bir ürün aynı anda hem kusurlu kümesine hem belirsizlik kümesine hem de sağlam kümesine dâhil olamaz. Dolayısıyla $p_{ND} + p_I + p_D > 1$ eşitsizliği hiçbir zaman sağlanmaz. Bu da $p_{ND} + p_I + p_D \geq 1$ varsayımının kullanışsız olduğu ve her durumda $p_{ND} + p_I + p_D = 1$ sağlanacağı anlamına gelmektedir. Buradan hareketle model bu haliyle, genelleştirilmiş aralık nötrosifik problemlerin çözümü için uygun olmamaktadır. Burada;
 - $\inf T, \sup T, \inf F, \sup F, \inf I, \sup I \in [0,1]$ ve dolayısıyla $\sup T + \sup F + \sup I = 1$ sağlanır.
 - Belirsizlik terimi I göz ardı edilirse,
 $\sup T + \sup F + (\sup I) = 1$
 $\sup T + \sup F \leq 1$ denklemini sağlar. Buradan hareketle, modelin aralık sezgisel (intuitionistic) problemlerin çözümü için uygun olup olmayacağı değerlendirilebilir.
- OC eğrisi $L(p) = P_R + P_I + P_A$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Yukarıda da ifade edildiği üzere kabul, ret ve belirsizlik durumları doğrudan standart sapma ile ilişkilendirildiği için ayrık kümelerdir ve mevcut modele göre bu üç durumun toplamı her zaman 1’e eşit olmaktadır. Nitekim makalede Tablo 3’teki veriler de bu toplamın her

zaman 1'e eşit çıktığını doğrulamaktadır. Buradan hareketle her zaman 1'e eşit olan bir OC eğrisi ortaya çıkması, $L(p) = P_R + P_I + P_A$ varsayımının doğru bir varsayım olmadığını göstermektedir.

- Makalede örnek problem çözümüne dair Tablo 5'te sunulan eldeki veriler nütrosifik özelliklere sahip değildir. Yalnızca sabit limitleri olan aralık değerli verilerden oluşan bir küme mevcuttur. Eldeki verilerde belirsizlik (indeterminacy) durumuna dair en ufak bir bilgi yoktur. Bu haliyle veriler 2.30 no'lu denklemleri sağlamaz fakat 2.25 no'lu denklemleri sağlar. Bu yüzden veriler aralık nütrosifik küme değil, klasik aralık değerli kümedir.
- Bir nütrosifik $\tilde{A}$ kümesinin bir a skaler değeriyle çarpımı bir nütrosifik $\tilde{B}$ kümesidir [33]. Makalede, $p_D = n_D/n$, $p_I = n_I/n$ ve $p_{ND} = n_{ND}/n$ değerleri t, i ve f durumlarına karşılık kullanılmış ve $p_{ND} + p_I + p_D \geq 1$ denkleminin sağlandığı söylenmiştir. Burada p_D, p_I ve p_{ND} 'nin nütrosifik küme olması için n_D, n_I ve n_{ND} 'nin de nütrosifik olması gerekir. Oysa makalede yer alan Tablo 4'te bunlar skaler değerler olarak görülmektedir.
- T, I, F olasılıkları hesaplanırken Smarandache [101] tarafından önerilen NBD formülleri kullanılmış fakat formüller kullanılırken birtakım hatalar yapılmıştır. Dolayısıyla olasılık değerleri yanlış elde edilmiştir.
 - Ret olasılığı, $P_R = \frac{n!}{c!} \times P(R)^c \times \sum_{k=0}^c \frac{P(I)^k \times P(F)^{(n-c-k)}}{k! \times (n-c-k)!}$ formülü ile hesaplanmıştır. Burada $P(R) = p_{ND}$ kusurlu olmama olasılığı, $P(A) = p_D$ kusurlu olma olasılığı, $P(I) = p_I$ ise kusur durumunun belirsiz olma olasılığı olarak tanımlanmıştır. Formülde yer alan $P(F)$ makalenin hiçbir yerinde tanımlanmamıştır. P_R 'nin formülü, referans verilen makaledeki T_x formülünün uyarlanmış haline benzemektedir. Uyarlarken bir yazım yanlışı yapıldığı ve formülün doğru halinin $P_R = \frac{n!}{c!} \times P(R)^c \times \sum_{k=0}^c \frac{P(I)^k \times P(A)^{(n-c-k)}}{k! \times (n-c-k)!}$ şeklinde olacağı tahmin edilmektedir.
 - Referans verilen makaledeki T_x formülü **tam olarak x adet başarı** durumunun olasılığını vermektedir. Formül burada başarısızlık yani ret durumunu hesaplamak için kullanılmış ve bu yüzden $P(R)$

ve $P(A)$ değerleri bilinçli olarak ters yazılmış gibi görünmektedir. Formül bu haliyle ret olasılığını doğru vermez çünkü yalnızca c adet kusurlu parça varsa reddedilir anlamına gelir. Örneğin $c+1$ adet kusurlu parça durumunda reddedilmez gibi bir sonuç ortaya çıkar. Burada dışta bir toplam sembolüne daha ihtiyaç vardır.

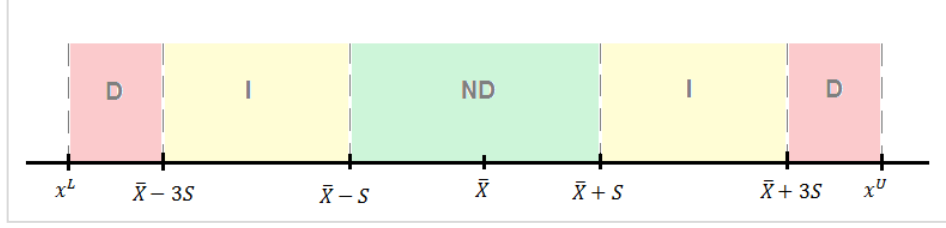
- P_R formülünde yer alan toplam sembolünün üst limit değeri yanlış yazılmıştır. Bu değer, $(c - z)$ değil c olmalıdır.
- Nötrosifik binom dağılım formüllerinin kullanılabilmesi için belirsizlik eşik değerine (th) ihtiyaç vardır. Makalede böyle bir değerden bahsedilmemiş ve izin verilen kusur adedi c , belirsizlik eşik değeri yerine kullanılmıştır. Bu ikisi farklı kavramlardır; c değeri belirsizlik eşiği değeri olarak kullanılarak hatalı bir varsayım yapılmıştır.

- Partiyi kabul etme olasılığı, $P_A = \sum_{y=c+1}^n T_y = \sum_{c+1}^n \frac{n!}{y!} \times P(I)^y \times \left[\sum_{k=0}^{n-y} \frac{P(R)^k \times P(F)^{n-y-k}}{k! \times (n-y-k)!} \right]$ formülü ile hesaplanmıştır. P_A 'nın formülü F_x formülünün uyarlanmış haline benzemektedir

- Formülde yer alan $P(F)$ makalenin hiçbir yerinde tanımlanmamıştır. Uyarlarken bir yazım yanlışı yapıldığı ve muhtemel formülün doğru halinin $P_A = \sum_{c+1}^n \frac{n!}{y!} \times P(I)^y \times \left[\sum_{k=0}^{n-y} \frac{P(R)^k \times P(A)^{n-y-k}}{k! \times (n-y-k)!} \right]$ şeklinde olacağı tahmin edilmektedir.
- Formülde diğer bir hata, dış toplam sembolü içerisindeki $P(I)$ ifadesidir. Burada formül, I_x in formülü ile karışmış gibi görünmektedir. Burada doğru ifadenin (makaledeki bilinçli ters yazım sebebiyle) $P(R)$ olması (yani orijinal formüldeki $P(S)$) gerekmektedir. Bu yazım yanlışı kaynaklı olduğu tahmin edilen diğer bir hata ise dış toplam sembolünün başlangıç değeridir. Bu değer, $c + 1$ değil, $y = 0, y \neq c$ olmalıdır.

- Sonuç olarak problem, eldeki veriler itibariyle standart aralık değerli küme özellikleri taşımaktadır. Modellemedeki bazı varsayımlar yanlış,

bazıları ise sezgisel küme varsayımlarıdır. Bu haliyle, aralık nütrosifik problemleri çözmeye uygun bir model değildir.



Şekil 5.1 Kusurlu olma, sağlam olma ve belirsizlik durumlarının dağılımı

6

NÖTROSOFİK KABUL ÖRNEKLEME PLANI ÖNERİSİ

6.1. Bir Seviyeli Nicel Binom Nötrosofik Örneklem Planı Önerisi

Bu bölümde plan parametrelerinin gerçek sayılar, parçaların kusur durumlarının ise nötrosofik küme olarak ifade edildiği bir nicel kabul örneklemesi planı önerilmiştir. Nötrosofik kümenin elemanları olan t, i, f terimleri birer fonksiyon değil gerçek sayılar olduğu bir örneklem planı formüle edilmiştir. İstatistik dağılımı olarak NBD kullanılmıştır. Standart nicel kabul örneklemesinden farkı, parçalardaki kusura ilişkin belirsizlik (indeterminacy) durumunu da dikkate almasıdır.

Bir nicel örneklem planında:

$\tilde{A}$: Parçaların kusur durumlarını ifade eden nötrosofik küme olmak üzere;

$$\tilde{A} = \{t, i, f\} = \{(p_S, p_I, p_F)\}$$

p_S : Bir parçanın sağlam olma olasılığı

p_I : Bir parçanın kusur durumunun belirsiz olma olasılığı

p_F : Bir parçanın kusurlu olma olasılığı

$\tilde{B}$: Parti kabulüne ilişkin durumları ifade eden nötrosofik küme olmak üzere; $\tilde{B} = \{t, i, f\} = \{(P_a, P_i, P_r)\}$

P_a : Partinin kabul edilme olasılığı

P_i : Partinin kabul durumunun belirsiz olması (kararsızlık) olasılığı

P_r : Partinin reddedilme olasılığı

n : Örneklem büyüklüğü

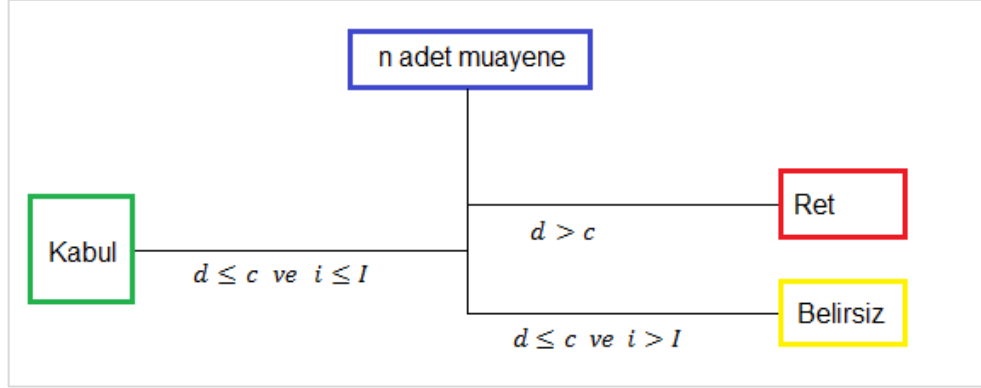
C : İzin verilen kusurlu parça sayısı

J : İzin verilen kusur durumu belirsiz parça sayısı

d : Örneklemdeki kusurlu parça sayısı

i : Örneklemdeki kusur durumu belirsiz parça sayısı olarak tanımlanmıştır.

Parti kabulüne ilişkin durumlar Şekil 6.1’de görüldüğü gibi sınıflandırılabilir:



Şekil 6.1 Bir seviyeli nötrosifik örnekleme planı muayene diyagramı

6.1.1 Partinin Kabul Edilme Olasılığı

Bu örneklem için kabul olasılığı nötrosifik olarak 6.1 no’lu denklemdaki gibi hesaplanır:

$$P_a = P\{d \leq c \text{ ve } i \leq I\}$$

$$= \sum_{d=0}^c \binom{n}{d} \times p_F^d \times \left[\sum_{i=0}^{\min(I, n-d)} \binom{n-d}{i} \times p_I^i \times p_S^{n-i-d} \right] \quad (6.1)$$

Bu çalışmada, Aslam [100] tarafından önerilen planlar ile ilgili 5.2.5 nolu bölümde yapılan inceleme ve getirilen eleştiriler de dikkate alınmıştır. Farklı olarak hem c hem de I limit değerleri kullanılmıştır. Formül, yapılan n adet muayenede en fazla c adet kusurlu ve en fazla I kadar da kusur durumu bilinmeyen parça olması durumunu göstermektedir. Tutarsız veri olması durumunda, önce olasılık değerleri normalize edilir, sonra P_a , elde edilen yeni olasılık değerleri kullanılarak hesaplanır.

Örnek: $n = 10$, $c = 2$ ve $I = 3$ örnekleme parametreleri kullanılarak sağlam olma olasılığı $p_S = 0,8$, kusurlu olma olasılığı $p_F = 0,1$ ve kusur durumu belirsiz olma olasılığı $p_I = 0,2$ olan bir yığın için kabul olasılığını hesaplayalım. Öncelikle $p_S + p_I + p_F = 1,1 > 1$ olduğundan olasılık değerleri normalize edilmelidir. Bunun için her bir olasılık değeri 1,1’e bölünür ve yeni olasılık değerleri şu şekilde

bulunur: $p_S = 0,727, p_I = 0,182, p_F = 0,091$. Bu durumda kabul olasılığı 6.2 no'lu denklemdeki gibi elde edilir:

$$\begin{aligned}
 P_a &= P\{b \leq 2, i \leq 3\} \\
 &= \sum_{b=0}^2 \left(\binom{10}{b} \times 0,091^b \right) \times \left[\sum_{i=0}^{\min(3, 10-b)} \left(\binom{10-b}{i} \times 0,182^i \times 0,727^{10-b-i} \right) \right] \\
 &= 0,86
 \end{aligned} \tag{6.2}$$

Aynı problemin belirsizliği dikkate almayan standart nicel kabul örnekleme modeli ile çözüldüğünü varsayalım. Kötümser bir operatör, kusur durumunun belirsiz olduğu bir durumla karşılaşır ise bunu kusurlu sayma eğiliminde olacaktır. Diğer taraftan, iyimser bir operatör ise kusur durumunun belirsiz olduğu bir durumla karşılaştığında bunu sağlam olarak değerlendirmeyi tercih edebilir. Her ne kadar standart nicel kabul örnekleme modeli bir kabul olasılığı P_a değeri hesaplayacaksa da, gerçekte kabul olasılığı operatöre bağlı olarak bu hesaplanan değerden daha yüksek de daha düşük de gerçekleşebilir. Önerdiğimiz model belirsizlik durumunu da dikkate aldığı için operatöre bağımlı sonuçları en aza indirmektedir.

Şekil 6.2, klasik nicel kabul örnekleme modeli kullanan iyimser ve kötümser operatörler ile önerdiğimiz modelin kullanıldığı durumlarda, yukarıdaki örnek için partinin kabul edildiği (kusurlu sayısı, kusur durumu belirsiz sayısı) kombinasyonları karşılaştırmaktadır. Yeşil renkliler kabul edilen kombinasyonları, kırmızı renkliler reddedilen kombinasyonları göstermektedir. Diyagramda iyimser operatörün kusur durumu belirsiz parçaların tümünü sağlam saydığı, kötümser operatörün ise kusur durumu belirsiz parçaların tümünü kusurlu saydığı varsayılarak iki uç değer karşılaştırılması sağlanmıştır. Belirsizliğin var olduğu bir durumda standart nicel kabul örnekleme modelinin kullanıldığında muhtemelen bu ikisi arasında bir durum ortaya çıkacaktır. Parça muayene maliyetinin düşük olduğu durumlarda operatörler her bir belirsizlik durumu için fazladan başka bir parçayı muayene etmeyi de tercih edebilirler. Önerdiğimiz model bu durumun da önüne geçmektedir.

Son olarak aynı örnek üzerinden standart nicel kabul örnekleme modelinin $c=2$ değeri için elde ettiği P_a değerleri önerilen model ile karşılaştırıldığında Tablo 6.1'deki sonuçlar elde edilir. Hesaplama 6.3 no'lu denklem kullanılır:

$$P_a = P\{d \leq C\} = \sum_{d=0}^c \binom{n}{d} p_F^d \times (1 - p_F)^{n-d} \quad (6.3)$$

n=10

Ret

Kabul

c=2 ve Kötümser Operatör

Kombinasyon	Sağlam	Kusurlu	Belirsiz	Kombinasyon	Sağlam	Kusurlu	Belirsiz	Kombinasyon	Sağlam	Kusurlu	Belirsiz
1	10	0	0	23	4	1	5	45	2	8	0
2	9	0	1	24	4	2	4	46	1	0	9
3	9	1	0	25	4	3	3	47	1	1	8
4	8	0	2	26	4	4	2	48	1	2	7
5	8	1	1	27	4	5	1	49	1	3	6
6	8	2	0	28	4	6	0	50	1	4	5
7	7	0	3	29	3	0	7	51	1	5	4
8	7	1	2	30	3	1	6	52	1	6	3
9	7	2	1	31	3	2	5	53	1	7	2
10	7	3	0	32	3	3	4	54	1	8	1
11	6	0	4	33	3	4	3	55	1	9	0
12	6	1	3	34	3	5	2	56	0	0	10
13	6	2	2	35	3	6	1	57	0	1	9
14	6	3	1	36	3	7	0	58	0	2	8
15	6	4	0	37	2	0	8	59	0	3	7
16	5	0	5	38	2	1	7	60	0	4	6
17	5	1	4	39	2	2	6	61	0	5	5
18	5	2	3	40	2	3	5	62	0	6	4
19	5	3	2	41	2	4	4	63	0	7	3
20	5	4	1	42	2	5	3	64	0	8	2
21	5	5	0	43	2	6	2	65	0	9	1
22	4	0	6	44	2	7	1	66	0	10	0

c=2 ve İyimser Operatör

Kombinasyon	Sağlam	Kusurlu	Belirsiz	Kombinasyon	Sağlam	Kusurlu	Belirsiz	Kombinasyon	Sağlam	Kusurlu	Belirsiz
1	10	0	0	23	4	1	5	45	2	8	0
2	9	0	1	24	4	2	4	46	1	0	9
3	9	1	0	25	4	3	3	47	1	1	8
4	8	0	2	26	4	4	2	48	1	2	7
5	8	1	1	27	4	5	1	49	1	3	6
6	8	2	0	28	4	6	0	50	1	4	5
7	7	0	3	29	3	0	7	51	1	5	4
8	7	1	2	30	3	1	6	52	1	6	3
9	7	2	1	31	3	2	5	53	1	7	2
10	7	3	0	32	3	3	4	54	1	8	1
11	6	0	4	33	3	4	3	55	1	9	0
12	6	1	3	34	3	5	2	56	0	0	10
13	6	2	2	35	3	6	1	57	0	1	9
14	6	3	1	36	3	7	0	58	0	2	8
15	6	4	0	37	2	0	8	59	0	3	7
16	5	0	5	38	2	1	7	60	0	4	6
17	5	1	4	39	2	2	6	61	0	5	5
18	5	2	3	40	2	3	5	62	0	6	4
19	5	3	2	41	2	4	4	63	0	7	3
20	5	4	1	42	2	5	3	64	0	8	2
21	5	5	0	43	2	6	2	65	0	9	1
22	4	0	6	44	2	7	1	66	0	10	0

c=2 ve i=3 ve Herhangi Bir Operatör

Kombinasyon	Sağlam	Kusurlu	Belirsiz	Kombinasyon	Sağlam	Kusurlu	Belirsiz	Kombinasyon	Sağlam	Kusurlu	Belirsiz
1	10	0	0	23	4	1	5	45	2	8	0
2	9	0	1	24	4	2	4	46	1	0	9
3	9	1	0	25	4	3	3	47	1	1	8
4	8	0	2	26	4	4	2	48	1	2	7
5	8	1	1	27	4	5	1	49	1	3	6
6	8	2	0	28	4	6	0	50	1	4	5
7	7	0	3	29	3	0	7	51	1	5	4
8	7	1	2	30	3	1	6	52	1	6	3
9	7	2	1	31	3	2	5	53	1	7	2
10	7	3	0	32	3	3	4	54	1	8	1
11	6	0	4	33	3	4	3	55	1	9	0
12	6	1	3	34	3	5	2	56	0	0	10
13	6	2	2	35	3	6	1	57	0	1	9
14	6	3	1	36	3	7	0	58	0	2	8
15	6	4	0	37	2	0	8	59	0	3	7
16	5	0	5	38	2	1	7	60	0	4	6
17	5	1	4	39	2	2	6	61	0	5	5
18	5	2	3	40	2	3	5	62	0	6	4
19	5	3	2	41	2	4	4	63	0	7	3
20	5	4	1	42	2	5	3	64	0	8	2
21	5	5	0	43	2	6	2	65	0	9	1
22	4	0	6	44	2	7	1	66	0	10	0

Şekil 6.2 Önerilen örnekleme planının standart örnekleme planı ile karşılaştırılması

Sonuçlar göstermektedir ki önerilen örnekleme planı, standart nicel örnekleme planlarına göre daha ihtiyatlı sonuçlar vermektedir.

Tablo 6.1 Örnek problem için P_a değerlerinin karşılaştırması

Örnekleme Planı	P_a
Geleneksel Nicel Örnekleme Planı ($C = 2$)	0,95
Önerilen Örnekleme Planı ($C = 2, J = 3$)	0,86

6.1.2 Partinin Ret Edilme Olasılığı

Tablo 6.1'de ret durumuna karşılık gelen koşullar 6.4 no'lu denklem ile hesaplanır:

$$P_r = P\{d > C \text{ ve } i \leq J\} + P\{d > C \text{ ve } i > J\} = P\{d > C\}$$

$$P_r = \sum_{d=C+1}^n \left(\binom{n}{d} \times p_F^d \times \left[\sum_{i=0}^{n-d} \left(\binom{n-d}{i} \times p_I^i \times p_S^{n-i-d} \right) \right] \right) \quad (6.4)$$

6.1.3 Partinin Kabul Durumunun Belirsiz Olması (Kararsızlık) Olasılığı

Tablo 6.1’de belirsizlik durumuna karşılık gelen koşullar 6.5 no’lu denklem ile hesaplanır:

$$P_i = P\{d \leq C \text{ ve } i > J\}$$

$$P_i = \sum_{i=J+1}^n \left(\binom{n}{i} \times p_I^i \times \left[\sum_{d=0}^{\min(C, n-i)} \left(\binom{n-i}{d} \times p_F^d \times p_S^{n-i-d} \right) \right] \right) \quad (6.5)$$

6.1.4 Çıkan Ortalama Kalite (AOQ)

Çıkan ortalama kalite, parti kabul olasılığı ve kusurlu parça oranına bağlı hesaplanan bir değerdir. Nötrosifik planlar için de yine aynı şekilde 6.6 no’lu denklem ile hesaplanabilir:

$$AOQ = P_a \times p_F \quad (6.6)$$

6.1.5 Ortalama Toplam Muayene (ATI)

Örnekleme planını uygulayan işletme kötümser veya iyimser olma durumuna göre iki farklı strateji izleyebilir:

- *Kötümser*: Parti kabul durumu belirsiz ise yığın test edilir.
- *İyimser*: Parti kabul durumu belirsiz ise yığın test edilmez.

Buna bağlı olarak 6.7 ve 6.8 no’lu denklemlerdeki iki farklı ATI değeri hesaplanabilir:

$$ATI_{kötümser} = n + (P_r + P_i) \times (N - n) \quad (6.7)$$

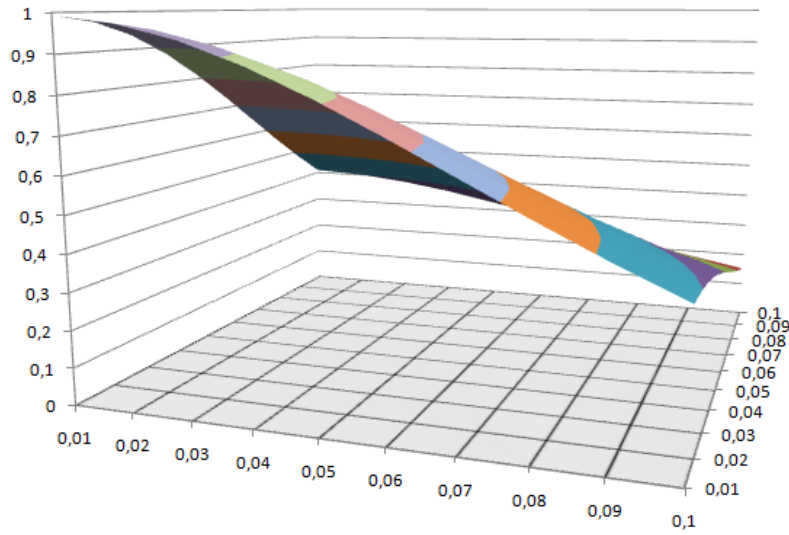
$$ATI_{iyimser} = n + (P_r) \times (N - n) \quad (6.8)$$

6.1.6 Çalışma Karakteristiği (OC)

Klasik kabul örnekleme planları için çalışma karakteristiği (OC) eğrisi kusurlu parça oranındaki (p_F) değişime karşılık parti kabul olasılığının (P_a) değişimini göstermektedir. Nötrosifik planlar için ise parti kabul olasılığına etki eden iki

durum vardır; kusurlu parça oranı (p_F) ve belirsiz parça oranı (p_I). Bu yeni durumda çalışma karakteristiği, kusurlu parça oranı (p_F) ve belirsiz parça oranındaki (p_I) değişime bağlı olarak kabul olasılığı (P_a) değişimini gösteren bir yüzey olarak elde edilir. Nötrosofik kümeler tutarsız veriler ile işlem yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede doğruluk durumu (t), yanlışlık durumu (f) ve belirsizlik durumu (i) birbirinden bağımsızdır. Fakat bu üçünü dikkate alan bir çalışma karakteristiği diyagramı 3 boyutta ifade edilemez. Çalışma karakteristiği yüzeyinin 3 boyutta ifade edilebilmesi için $t + i + f = 1$ olan durum için diyagram oluşturulmuştur. Zaten olasılık verileri denklemlerde kullanılmadan önce normalizasyona tabi tutulduğu için $t + i + f \neq 1$ olan durumlara ilişkin normalize edilmiş olasılık değerleri bu oluşturulan diyagramdaki yüzey üzerinde konumlanacaktır.

Şekil 6.3'te $n=30$, $C=2$, $J=2$ olan bir kabul örneklemede $p_F \in [0,01; 0,1]$ ve $p_I \in [0,01; 0,1]$ aralığı için parti kabul oranı P_a gösterilmektedir. Tutarsız veri ($t + i + f \neq 1$) durumları için p_F ve p_I değerleri normalize edilmiş ve eksenlerde bu normalize edilmiş olasılık değerleri kullanılmıştır.



Şekil 6.3 Örnek problem kümesi için çalışma karakteristiği diyagramı

6.1.7 Örnek Uygulama

Örnek problem verileri üzerinden, bilgisayar programı yardımıyla P_a , P_r ve P_i hesaplandığında 6.9 no'lu denklemdeki sonuca ulaşılmıştır. Örnek program çıktısı Şekil 6.4'te verilmiştir.

$$P_a + P_r + P_i = 1 \quad (6.9)$$

Bu toplam her zaman 1'e eşit çıkar. Bunun sebebi olasılık değerlerinin formüllere koyulmadan önce normalize edilmesidir.

```

===== Set = N1000n35 =====
-----İşlem Parametreleri-----
N = 1000
n = 35
C = 2
I = 2

Ps = 0.83
Pf = 0.03
Pi = 0.04

-----Klasik Binom Kabul Orneklemesi-----
B_Pa <n=35, c=2> = 0.890

-----Klasik Poisson Kabul Orneklemesi-----
P_Pa <n=35, c=2> = 0.887

-----Nötrosifik Binom Kabul Orneklemesi-----
B_Pa <n=35, c=2, I=2> = 0.707
B_Pr <n=35, c=2, I=2> = 0.110
B_Pi <n=35, c=2, I=2> = 0.183

L<p> <n=35, c=2, I=2> = 1.000

AOQ=0.02
ATI_iyimser=141.46
ATI_kotumser=318.07

```

Şekil 6.4 Örnek problem çözümüne dair bilgisayar çıktısı

6.2 Bir Seviyeli Nicel Poisson Nötrosifik Örneklem Planı Önerisi

Bu alt bölümde, örneklem planı NPD kullanılarak formüle edilmiştir. 6.1 ile 6.8 arasındaki denklemler Poisson dağılımı için tekrar oluşturulmuştur. Poisson dağılımının ispatı üzerinden Binom dağılımdan Poisson'a dönüşüm yapılmıştır. Kusur ve belirsizlik frekansları 6.10-6.14 denklemler yardımıyla tanımlanır:

$$\begin{aligned} \text{Kusur Frekansı: } \lambda_F &= n \times p_F \\ \text{Belirsizlik Frekansı: } \lambda_I &= n \times p_I \end{aligned} \quad (6.10)$$

Dönüşüm 1:

$$\begin{aligned} \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n}{d} \times p_F^d \right) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n}{d} \times \left(\frac{\lambda_F}{n} \right)^d \right) \\ &= \frac{n}{n} \times \frac{n-1}{n} \times \dots \times \frac{n-d+1}{n} \times \left(\frac{\lambda_F^d}{n^d} \right) = \frac{\lambda_F^d}{d!} \end{aligned} \quad (6.11)$$

Dönüşüm 2:

$$\begin{aligned}\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n}{i} \times p_I^i \right) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n}{i} \times \left(\frac{\lambda_I}{n} \right)^i \right) \\ &= \frac{n}{n} \times \frac{n-1}{n} \times \dots \times \frac{n-i+1}{n} \times \left(\frac{\lambda_I^i}{i!} \right) = \frac{\lambda_I^i}{i!}\end{aligned}\quad (6.12)$$

Dönüşüm 3:

$$\begin{aligned}\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n-i}{d} \times p_F^d \times p_F^{n-i-d} \right) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n-i}{d} \times \left(\frac{\lambda_F}{n} \right)^d \times \left(1 - \frac{\lambda_I + \lambda_F}{n} \right)^{n-i-d} \right) \\ &= \frac{n}{n} \times \frac{n-1}{n} \times \dots \times \frac{n-i-d+1}{n} \times \left(\frac{\lambda_F^d}{d!} \right) \times \left(1 - \frac{(\lambda_I + \lambda_F)}{n} \right)^{n-i-d} \\ &= \frac{\lambda_F^d}{d!} \times e^{-(\lambda_I + \lambda_F)}\end{aligned}\quad (6.13)$$

Dönüşüm 4:

$$\begin{aligned}\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n-d}{i} p_I^i \times p_S^{n-i-d} \right) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n-d}{i} \times \left(\frac{\lambda_I}{n} \right)^i \times \left(1 - \frac{\lambda_I + \lambda_F}{n} \right)^{n-i-d} \right) \\ &= \frac{n}{n} \times \frac{n-1}{n} \times \dots \times \frac{n-i-d+1}{n} \times \left(\frac{\lambda_I^i}{i!} \right) \times \left(1 - \frac{(\lambda_I + \lambda_F)}{n} \right)^{n-i-d} \\ &= \frac{\lambda_I^i}{i!} \times e^{-(\lambda_I + \lambda_F)}\end{aligned}\quad (6.14)$$

6.2.1 Partinin Kabul Edilme Olasılığı

6.11- 6.14 denklemleri kullanılarak kabul olasılığı 6.15'teki gibi hesaplanır:

$$\begin{aligned}P_a &= \lim_{n \rightarrow \infty} P_{aBinom} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\sum_{d=0}^c \binom{n}{d} \times p_F^d \times \left[\sum_{i=0}^{\min(I, n-d)} \binom{n-d}{i} \times p_I^i \times p_S^{n-i-d} \right] \right) \\ &= \sum_{d=0}^c \left(\frac{\lambda_F^d}{d!} \times \left[\sum_{i=0}^{\min(I, n-d)} \frac{\lambda_I^i}{i!} \times e^{-(\lambda_I + \lambda_F)} \right] \right)\end{aligned}\quad (6.15)$$

6.2.2 Partinin Ret Edilme Olasılığı

6.11-6.14 denklemlerini kullanarak ret olasılığı 6.16'daki gibi hesaplanır:

$$P_r = \lim_{n \rightarrow \infty} P_{rBinom} = \sum_{d=C+1}^n \left(\frac{\lambda_F^d}{d!} \times \left[\sum_{i=0}^{n-d} \frac{\lambda_I^i}{i!} \times e^{-(\lambda_I + \lambda_F)} \right] \right) \quad (6.16)$$

6.2.3 Partinin Kabul Durumunun Belirsiz Olması (Kararsızlık) Olasılığı

6.11-6.14 denklemlerini kullanarak belirsizlik durumu olasılığı 6.17'deki gibi hesaplanır:

$$P_i = \lim_{n \rightarrow \infty} P_{iBinom} = \sum_{i=j+1}^n \left(\frac{\lambda_I^i}{i!} \times \left[\sum_{d=0}^{\min(C, n-i)} \frac{\lambda_F^d}{d!} \times e^{-(\lambda_I + \lambda_F)} \right] \right) \quad (6.17)$$

6.2.4 Çıkan Ortalama Kalite

Çıkan ortalama kalite (ÇOK), parti değerinin hesaplama yöntemi Binom dağılım ile benzer şekilde 6.18 no'lu denklem ile ifade edilir:

$$AOQ = P_a \times \lambda_F / n \quad (6.18)$$

6.2.5 Ortalama Toplam Muayene

Binom dağılımda da olduğu gibi örnekleme planını uygulayan işletme kötümser veya iyimser olma durumuna göre iki farklı strateji izleyebilir:

- *Kötümser*: Parti kabul durumu belirsiz ise yığın test edilir.
- *İyimser*: Parti kabul durumu belirsiz ise yığın test edilmez.

Buna bağlı olarak iki farklı ATI değeri 6.19 ve 6.20 no'lu denklemler ile hesaplanabilir:

$$ATI_{kötümser} = n + (P_r + P_i) \times (N - n) \quad (6.19)$$

$$ATI_{iyimser} = n + (P_r) \times (N - n) \quad (6.20)$$

6.2.6 Çalışma Karakteristiği (OC)

Binom dağılımdakine benzer şekilde çalışma karakteristiği, kusurlu parça oranı (p_F) ve belirsiz parça oranındaki (p_I) değişime bağlı olarak kabul olasılığı (P_a) değişimini gösteren bir yüzey olarak elde edilir. Büyük n değerleri için Poisson dağılımı Binom dağılıma yakınsadığı için, Poisson kabul örnekleme için de Şekil 6.3'tekine benzer bir çalışma karakteristiği grafiği elde edilir. Yine burada

da tutarsız veri durumunda normalize edilmiş olasılık değerleri eksenlerde kullanılmıştır.

6.2.7 Örnek Uygulama

Elde edilen denklemlerin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla aynı problemler hem Binom hem de Poisson Dağılım denklemleri kullanılarak bir bilgisayar programı yardımıyla çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar Tablo 6.2’de gösterilmiştir. Tabloda ATI_i sütunu $ATI_{iyimser}$, ATI_k sütunu $ATI_{kötümser}$ anlamına gelmektedir.

Tablo 6.2 Örnek problemler için binom ve poisson sonuçlarının karşılaştırması

Plan No	Parametreler						
	N	n	C	J	p_s	p_F	p_I
1	1000	30	3	2	0,95	0,05	0,05
2	1000	35	2	2	0,83	0,03	0,04
3	1000	35	2	2	0,95	0,03	0,02
4	500	35	2	3	0,94	0,06	0,02
5	1000	100	5	7	0,90	0,03	0,02
Plan No	Nötrosofik Binom Dağılım						
	P_a	P_r	P_i	AOQ	ATI_i	ATI_k	
1	0,78	0,05	0,16	0,04	81	239	
2	0,71	0,11	0,18	0,02	141	318	
3	0,88	0,09	0,03	0,03	119	148	
4	0,66	0,34	0,00	0,04	193	195	
5	0,90	0,10	0,00	0,03	188	189	
Plan No	Nötrosofik Poisson Dağılım						
	P_a	P_r	P_i	AOQ	ATI_i	ATI_k	
1	0,78	0,06	0,16	0,04	85	244	
2	0,70	0,11	0,18	0,02	144	320	
3	0,88	0,09	0,03	0,03	122	152	
4	0,66	0,34	0,00	0,04	193	194	
5	0,90	0,10	0,00	0,03	191	192	

Tablodaki Poisson dağılımı için hesaplanan P_a , P_r ve P_i olasılık değerlerinin Binom dağılıma ait olasılık değerlerine yakınsadığı görülmektedir. AOQ ve ATI değerlerinin bir miktar farklı çıkmasının sebebi olasılık değerlerindeki virgülden sonraki iki basamaktan sonrasındaki farklılıktır. Tabloda görüldüğü üzere tutarsız veri durumlarında da $(t + i + f \neq 1)$ çözüme ulaşılabilmektedir. Ulaşılan sonuçların doğruluğunu ölçmek adına kontrol edilmesi gereken hususlar şunlardır:

- P_a , P_r ve P_i olasılık değerlerinin toplamı 1'e eşit olmalıdır.
- Binom ve Poisson için hesaplanan P_a , P_r , P_i ve AOQ değerleri n büyüdükçe birbirine yakınsamalıdır.
- Binom ve Poisson için hesaplanan ATI değerlerinin birbirlerinde sapma oranları n büyüdükçe % cinsinden azalmalıdır. (n 'nin büyüklüğüne bağlı olarak % yerine rakama bakmak yanıltıcı olabilir. Bu yüzden % üzerinden bir kontrol daha sağlıklı sonuç vermektedir.)

6.3 İki Seviyeli Nicel Binom Nötrosifik Örneklem Planı Önerisi

Nötrosifik binom ikili kabul örneklemesi planı standart ikili nicel kabul örneklemesi planı üzerinden türetilmiştir. Standart nicel ikili Binom kabul örneklemesi için parti kabul olasılığı 6.21 no'lu denklem ile formüle edilir:

$$\begin{aligned}
 P_a &= P\{d_1 \leq C_1\} + P\{d_1 + d_2 \leq C_2 | C_1 < d_1 \leq C_2\} \\
 &= \sum_{d_1=0}^{C_1} \left(\binom{n_1}{d_1} \times p_F^{d_1} \times (1 - p_F)^{n_1 - d_1} \right) \\
 &\quad + \sum_{d_1=C_1+1}^{C_2} \left(\binom{n_1}{d_1} \times p_F^{d_1} \times (1 - p_F)^{n_1 - d_1} \right. \\
 &\quad \left. \times \left[\sum_{d_2=0}^{C_2 - d_1} \binom{n_2}{d_2} \times p_F^{d_2} \times (1 - p_F)^{n_2 - d_2} \right] \right) \quad (6.21)
 \end{aligned}$$

Yine standart iki seviyeli kabul örneklemesi için formüller 6.22-6.24 no'lu denklemlerdeki gibidir:

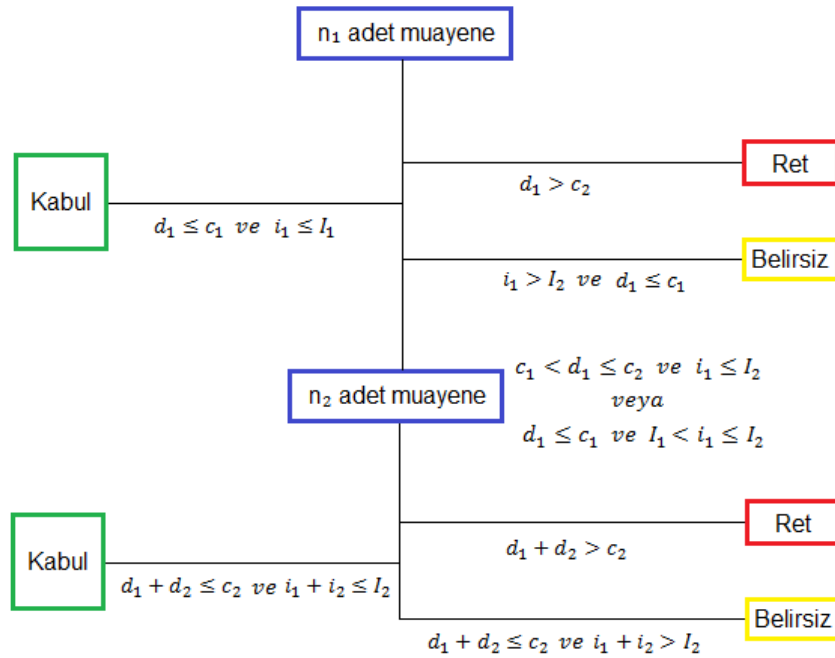
$$ATI = n_1 \times P_a^I + (n_1 + n_2) \times P_a^{II} + N \times (1 - P_a) \quad (6.22)$$

$$ASN = n_1 + n_2 \times (1 - P^I) \quad (6.23)$$

$$AOQ = P_a \times p_F \quad (6.24)$$

Burada P_a^I partinin birinci adımda kabul edilme olasılığı, P_a^{II} partinin ikinci adımda kabul edilme olasılığı, P^I ise örnekleme işleminin (kabul veya ret olarak) ilk adımda sonlanması olasılığıdır.

Nötrosifik kabul örnekleme için test sonucunda kabul ve ret durumu dışında, belirsizlik durumu da söz konusudur. Plan oluşturulurken kusurlu parçaların belirsiz parçalardan daha önce ele alınacağı varsayımı yapılmıştır. Bu varsayımı şu şekilde ifade edebiliriz; eğer bir örnekleme hem kusurlu parça sayısı (d) kritik değeri (C) geçiyor hem de belirsiz parça sayısı (i) kritik değeri (J) geçiyor ise bu durumda parti reddedilir. Yani kusurlu sayısı kritik değeri geçiyor ise içindeki belirsiz parça sayısının önemi olmaksızın parti reddedilir. Çünkü esas olan partinin kusurlu olup olmadığının ölçülmesidir. Belirsizlik durumu ise yalnızca gerçek hayatın getirdiği zorluklara ilişkin bir modellemedir. Bu varsayım altında örnekleme planı Şekil 6.5'teki gibi oluşmaktadır.



Şekil 6.5 İkili nötrosifik örnekleme planı muayene diyagramı

İşlem kolaylığı olması açısından, $p_F + p_I + p_S \neq 1$ durumu varsa önce $p_F + p_I + p_S = 1$ olacak şekilde normalizyon işlemi yapılır. Yine işlem kolaylığı elde etmek için J_1, J_2 belirsizlik durumuna ilişkin plan parametreleri, C_1, C_2 kusur durumuna

ilişkin plan parametreleri, n_1, n_2 örneklem büyüklükleri iken $C_1 < C_2, J_1 < J_2, C_1 + J_1 < n_1, C_2 + J_2 < n_2$ koşullarının sağlanacağı varsayımı yapılmıştır.

6.3.1 Partinin Kabul Edilme Olasılığı

Kabul olasılığı üç olasılık değerinin toplamından meydana gelmektedir: Birinci adımda kabul edilme olasılığı, Birinci adımdaki kusurlu parça sayının ikinci adımı gerektirmesi durumunda ikinci adımda kabul edilme olasılığı. Birinci adımdaki belirsiz parça sayının ikinci adımı gerektirmesi durumunda ikinci adımda kabul edilme olasılığı. Buradan hareketle, P_a formülü 3 parçadan oluşmaktadır. P_a , 6.25 no'lu denklemdeki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned}
P_a &= P\{d_1 \leq C_1 \text{ ve } i_1 < J_1\} \\
&\quad + P\{d_1 + d_2 \leq C_2 \text{ ve } i_1 + i_2 \leq J_2 \mid C_1 < d_1 \leq C_2 \text{ ve } i_1 \leq J_2\} \\
&\quad + P\{d_1 + d_2 \leq C_2 \text{ ve } i_1 + i_2 \leq J_2 \mid d_1 \leq C_1 \text{ ve } J_1 < i_1 \leq J_2\} \\
P_a &= \sum_{d_1=0}^{C_1} \left(\binom{n_1}{d_1} \times p_F^{d_1} \times \left[\sum_{i_1=0}^{J_1} \left(\binom{n_1-d_1}{i_1} \times p_I^{i_1} \times p_S^{n_1-i_1-d_1} \right) \right] \right) \\
&\quad + \sum_{d_1=C_1+1}^{C_2} \left(\binom{n_1}{d_1} \times p_F^{d_1} \times \left[\sum_{i_1=0}^{J_2} \left(\binom{n_1-d_1}{i_1} \right) p_I^{i_1} \times p_S^{n_1-i_1-d_1} \right. \right. \\
&\quad \times \left. \left[\sum_{d_2=0}^{C_2-d_1} \left(\binom{n_2}{d_2} \times p_F^{d_2} \times \left[\sum_{i_2=0}^{J_2-i_1} \left(\binom{n_2-d_2}{i_2} \right) \times p_I^{i_2} \times p_S^{n_2-i_2-d_2} \right] \right) \right] \right] \right) \\
&\quad + \sum_{d_1=0}^{C_1} \left(\binom{n_1}{d_1} \times p_F^{d_1} \times \left[\sum_{i_1=J_1+1}^{J_2} \left(\binom{n_1-d_1}{i_1} \right) \times p_I^{i_1} \times p_S^{n_1-i_1-d_1} \right. \right. \\
&\quad \times \left. \left[\sum_{d_2=0}^{C_2-d_1} \left(\binom{n_2}{d_2} \times p_F^{d_2} \times \left[\sum_{i_2=0}^{J_2-i_1} \left(\binom{n_2-d_2}{i_2} \right) \times p_I^{i_2} \times p_S^{n_2-i_2-d_2} \right] \right) \right] \right] \right) \quad (6.25)
\end{aligned}$$

6.3.2 Partinin Ret Edilme Olasılığı

Partinin reddedilme olasılığı da kabul olasılığına benzer şekilde üç parçadan oluşur: Birinci adımda reddedilme olasılığı, birinci adımdaki kusurlu parça

sayının ikinci adımı gerektirmesi durumunda ikinci adımda reddedilme olasılığı, birinci adımdaki belirsiz parça sayının ikinci adımı gerektirmesi durumunda ikinci adımda reddedilme olasılığı. Partinin reddedilme olasılığı 6.26 no'lu denklem ile hesaplanır:

$$\begin{aligned}
P_r &= P\{\mathfrak{d}_1 > \mathcal{C}_2\} \\
&+ P\{\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 > \mathcal{C}_2 \mid \mathcal{C}_1 < \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } i_1 \leq \mathcal{J}_2\} \\
&+ P\{\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 > \mathcal{C}_2 \mid \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_1 \text{ ve } \mathcal{J}_1 < i_1 \leq \mathcal{J}_2\} \\
P_r &= \sum_{\mathfrak{d}_1=\mathcal{C}_2+1}^{n_1} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times p_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{i_1=0}^{n_1-\mathfrak{d}_1} \left(\binom{n_1-\mathfrak{d}_1}{i_1} \times p_I^{i_1} \times p_S^{n_1-i_1-\mathfrak{d}_1} \right) \right] \right) \\
&+ \sum_{\mathfrak{d}_1=\mathcal{C}_1+1}^{\mathcal{C}_2} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times p_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{i_1=0}^{\mathcal{J}_2} \left(\binom{n_1-\mathfrak{d}_1}{i_1} \times p_I^{i_1} \times p_S^{n_1-i_1-\mathfrak{d}_1} \right. \right. \right. \\
&\quad \times \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1+1}^{n_2} \left(\binom{n_2}{\mathfrak{d}_2} \times p_F^{\mathfrak{d}_2} \times \left[\sum_{i_2=0}^{n_2-\mathfrak{d}_2} \left(\binom{n_2-\mathfrak{d}_2}{i_2} \times p_I^{i_2} \times p_S^{n_2-i_2-\mathfrak{d}_2} \right) \right] \right) \right] \right) \right) \\
&+ \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_1} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times p_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{i_1=\mathcal{J}_1+1}^{\mathcal{J}_2} \left(\binom{n_1-\mathfrak{d}_1}{i_1} \times p_I^{i_1} \times p_S^{n_1-i_1-\mathfrak{d}_1} \right. \right. \right. \\
&\quad \times \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1+1}^{n_2} \left(\binom{n_2}{\mathfrak{d}_2} \times p_F^{\mathfrak{d}_2} \times \left[\sum_{i_2=0}^{n_2-\mathfrak{d}_2} \left(\binom{n_2-\mathfrak{d}_2}{i_2} \times p_I^{i_2} \times p_S^{n_2-i_2-\mathfrak{d}_2} \right) \right] \right) \right] \right) \right) \quad (6.26)
\end{aligned}$$

6.3.3 Partinin Kabul Durumunun Belirsiz Olması (Kararsızlık) Olasılığı

Partinin kabul durumunun belirsiz olması olasılığı da kabul olasılığına benzer şekilde üç parçadan oluşur: Birinci adımda belirsizlik olasılığı, birinci adımdaki kusurlu parça sayının ikinci adımı gerektirmesi durumunda ikinci adımda belirsizlik olasılığı, birinci adımdaki belirsiz parça sayının ikinci adımı gerektirmesi durumunda ikinci adımda belirsizlik olasılığı. Partinin kabul durumunun belirsiz olması olasılığı 6.27 no'lu denklemdeki gibi hesaplanır:

$$\begin{aligned}
P_i &= P\{i_1 > \mathcal{J}_2 \text{ ve } \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_1\} \\
&+ P\{\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } i_1 + i_2 > \mathcal{J}_2 \mid \mathcal{C}_1 < \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } i_1 \leq \mathcal{J}_2\}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + P\{\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } i_1 + i_2 > \mathcal{J}_2 \mid \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_1 \text{ ve } \mathcal{J}_1 < i_1 \leq \mathcal{J}_2\} \\
P_i = & \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_2} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times p_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{i_1=\mathcal{J}_2+1}^{n_1-\mathfrak{d}_1} \left(\binom{n_1-\mathfrak{d}_1}{i_1} \times p_I^{i_1} \times p_S^{n_1-i_1-\mathfrak{d}_1} \right) \right] \right) \\
& + \sum_{\mathfrak{d}_1=\mathcal{C}_1+1}^{\mathcal{C}_2} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times p_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{i_1=0}^{\mathcal{J}_2} \left(\binom{n_1-\mathfrak{d}_1}{i_1} \times p_I^{i_1} \times p_S^{n_1-i_1-\mathfrak{d}_1} \right. \right. \right. \\
& \times \left. \left. \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=0}^{\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1} \left(\binom{n_2}{\mathfrak{d}_2} \times p_F^{\mathfrak{d}_2} \times \left[\sum_{i_2=\mathcal{J}_2-\mathcal{J}_1+1}^{n_2-\mathfrak{d}_2} \left(\binom{n_2-\mathfrak{d}_2}{i_2} \times p_I^{i_2} \times p_S^{n_2-i_2-\mathfrak{d}_2} \right) \right] \right) \right] \right) \right] \right) \\
& + \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_1} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times p_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{i_1=\mathcal{J}_1+1}^{\mathcal{J}_2} \left(\binom{n_1-\mathfrak{d}_1}{i_1} \times p_I^{i_1} \times p_S^{n_1-i_1-\mathfrak{d}_1} \right. \right. \right. \\
& \times \left. \left. \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=0}^{\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1} \left(\binom{n_2}{\mathfrak{d}_2} \times p_F^{\mathfrak{d}_2} \times \left[\sum_{i_2=\mathcal{J}_2-i_1+1}^{n_2-\mathfrak{d}_2} \left(\binom{n_2-\mathfrak{d}_2}{i_2} \times p_I^{i_2} \times p_S^{n_2-i_2-\mathfrak{d}_2} \right) \right] \right) \right] \right) \right] \right) \quad (6.27)
\end{aligned}$$

6.3.4 Çıkan Ortalama Kalite (AOQ)

Çıkan ortalama kalite, parti kabul olasılığı ve kusurlu parça oranına bağlı hesaplanan bir değerdir. İkili nütrosifik planlar için de yine aynı şekilde 6.28 no'lu denklem ile hesaplanabilir:

$$AOQ = P_a \times p_F \quad (6.28)$$

6.3.5 Ortalama Toplam Muayene

Örnekleme planını uygulayan işletme kötümser veya iyimser olma durumuna göre iki farklı strateji izleyebilir:

- *Kötümser*: Parti kabul durumu belirsiz ise yığın test edilir.
- *İyimser*: Parti kabul durumu belirsiz ise yığın test edilmez.

Buna bağlı olarak, P_a^I partinin birinci adımda kabul edilmesi olasılığı ve P_a^{II} partinin ikinci adımda kabul edilmesi olasılığı olmak üzere 6.29 ve 6.30 no'lu denklemlerdeki iki farklı ATI değeri hesaplanabilir:

$$ATI_{kötümser} = n_1 \times P_a^I + (n_1 + n_2) \times (P_a^{II}) + \mathcal{N} \times (P_r)$$

$$= n_1 \times P_a^I + (n_1 + n_2) \times (P_a - P_a^I) + \mathcal{N} \times (P_r) \quad (6.29)$$

$$\begin{aligned} AT I_{iyimser} &= n_1 \times P_a^I + (n_1 + n_2) \times (P_a - P_a^I) + \mathcal{N} \times (P_r + P_i) \\ &= n_1 \times P_a^I + (n_1 + n_2) \times (P_a - P_a^I) + \mathcal{N} \times (P_r + P_i) \end{aligned} \quad (6.30)$$

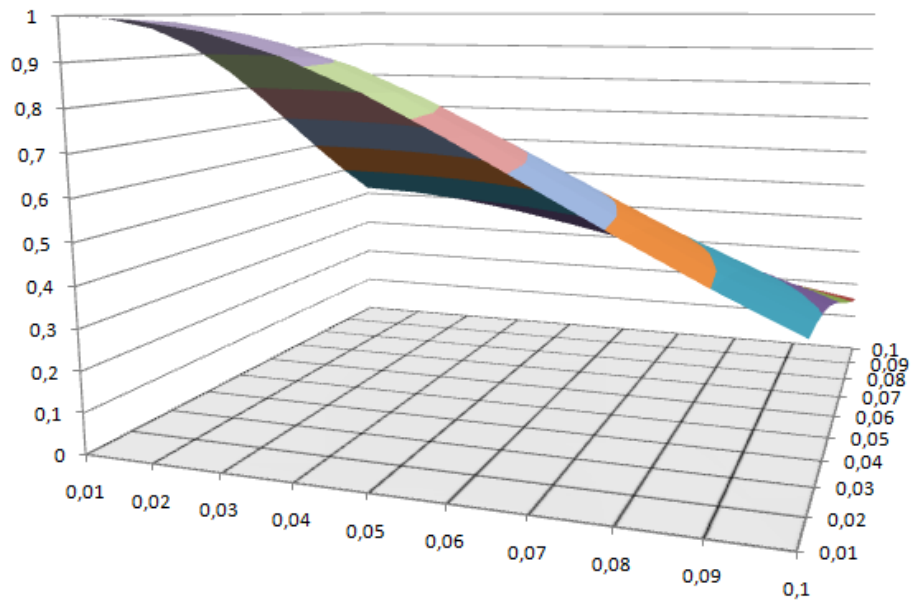
6.3.6 Ortalama Örnek Sayısı (ASN)

Ortalama örnek sayısı nötrosifik örnekleme planları için de yine standart örnekleme planları gibi hesaplanır. Buradaki temel fark P^I teriminin $P_a^I + P_r^I + P_i^I$ şeklinde hesaplanmasıdır. Ortalama örnek sayısı 6.31 no'lu denklem ile hesaplanır.

$$\begin{aligned} ASN &= n_1 + n_2 \times (1 - P^I) \\ &= n_1 + n_2 \times \left(1 - (P_a^I + P_r^I + P_i^I)\right) \end{aligned} \quad (6.31)$$

6.3.7 Çalışma Karakteristiği

İkili nötrosifik kabul örnekleme planları için de çalışma karakteristiği, kusurlu parça oranı (p_F) ve belirsiz parça oranındaki (p_I) değişime bağlı olarak kabul olasılığı (P_a) değişimini gösteren bir yüzey olarak elde edilir. Bölüm 6.1.6.'daki veriler $n_1=30$, $n_2=50$, $C_1=2$, $C_2=4$, $J_1=2$, $J_2=4$ olacak şekilde genişletilmiştir. Şekil 6.6'da $p_F \in [0,01; 0,1]$ ve $p_I \in [0,01; 0,1]$ aralığı için parti kabul oranı P_a gösterilmektedir. Tutarsız veri durumunda ($t + i + f \neq 1$) eksenler normalize edilmiş olasılık değerlerini ifade etmektedir.



Şekil 6.6 İki seviyeli örnek problem kümesi için çalışma karakteristiği diyagramı

İkili kabul örnekleme için oluşan OC yüzeyinin, birli kabul örnekleme için elde edilen Şekil 6.3'tekine kıyasla biraz daha dikey bir yüzey oluşturduğu gözlenmektedir.

6.3.8 Örnek Uygulama

6.1.1. nolu bölümdeki örnek problem verileri üzerinden, bilgisayar programı yardımıyla P_a , P_r ve P_i hesaplandığında 6.9 no'lu denklemdeki eşitliğe ulaşılmıştır. Örnek program çıktısı Şekil 6.7'de verilmiştir.

$$P_a + P_r + P_i = 1 \quad (6.9)$$

Bu toplam her zaman 1'e eşit çıkar. Bunun sebebi olasılık değerlerinin formüllere koyulmadan önce normalize edilmesidir.

```

===== Set = N0500n35 =====
-----İslem Parametreleri-----

N = 500
n1 = 35
n2 = 60
C1 = 2
C2 = 6
I1 = 3
I2 = 5

Ps = 0.94
Pf = 0.06
Pi = 0.02

-----Klasik Binom Kabul Orneklemesi-----

B_Pa <n1=35, n2=60, c1=2, c2=6> = 0.796
AOQ=0.05
ATI=40
ASN=55.37

-----Klasik Poisson Kabul Orneklemesi-----

P_Pa <n1=35, n2=60, c1=2, c2=6> = 0.795
AOQ=0.05
ATI=40
ASN=55.35

-----Notrosifik Binom Kabul Orneklemesi-----

B_Pa <n1=35, n2=60, c1=2, c2=6, I1=3, I2=5> = 0.792
B_Pr <n1=35, n2=60, c1=2, c2=6, I1=3, I2=5> = 0.205
B_Pi <n1=35, n2=60, c1=2, c2=6, I1=3, I2=5> = 0.003

L<p> <n1=35, n2=60, c1=2, c2=6, I1=3 I2=5, > = 1.000

AOQ=0.05
ATI_iyimser=138
ATI_kotumser=140
ASN=55.35

```

Şekil 6.7 İki seviyeli örnek problemin çözümüne dair bilgisayar çıktısı

6.4 İki Seviyeli Nicel Poisson Nötrosofik Örneklem Planı Önerisi

Binom dağılım için elde edilen formüller 6.11-6.14 nolu dönüşüm denklemleri kullanılarak Poisson dağılım için olasılık formülleri elde edilmiştir. 6.2 nolu bölümdeki birli kabul örneklemesi formüllerinden farklı olarak birinci ve ikinci adımlar için ayrı λ frekans değerleri elde etmek gerekmektedir.

Frekans değerleri 6.32 no'lu denklemdeki gibi hesaplanır:

$$\begin{aligned} \text{Kusur Frekansı:} \quad \lambda_{F_1} &= n_1 \times p_F, & \lambda_{F_2} &= n_2 \times p_F \\ \text{Belirsizlik Frekansı:} \quad \lambda_{I_1} &= n_1 \times p_I, & \lambda_{I_2} &= n_2 \times p_I \end{aligned} \quad (6.32)$$

Burada λ_{F_1} ve λ_{I_1} birinci, λ_{F_2} ve λ_{I_2} ise ikinci adıma ilişkin frekans değerleridir.

Standart nicel ikili Poisson kabul örneklemesi için parti kabul olasılığı 6.33 no'lu denklem ile formüle edilir:

$$\begin{aligned} P_a &= P\{d_1 \leq C_1\} + P\{d_1 + d_2 \leq C_2 \mid C_1 < d_1 < C_2\} \\ &= \sum_{d_1=0}^{C_1} \left(\frac{\lambda_{F_1}^{d_1}}{d_1!} \times e^{-\lambda_{F_1}} \right) + \sum_{d_1=C_1+1}^{C_2} \left(\left(\frac{\lambda_{F_1}^{d_1}}{d_1!} \times e^{-\lambda_{F_1}} \right) \times \left[\sum_{d_2=0}^{C_2-d_1} \left(\frac{\lambda_{F_2}^{d_2}}{d_2!} \times e^{-\lambda_{F_2}} \right) \right] \right) \end{aligned} \quad (6.33)$$

NPD ikili kabul örneklemesi de yine Binom ile varsayımlar altında formüle edilmiştir. Aşağıdaki değerlendirmeler elde edilmiştir:

- Plan oluşturulurken kusurlu parçaların belirsiz parçalardan daha önce ele alınacağı varsayımı yapılmıştır. Bu varsayımı şu şekilde ifade edebiliriz; eğer bir örneklemde hem kusurlu parça sayısı (d) kritik değeri (C) geçiyor hem de belirsiz parça sayısı (i) kritik değeri (J) geçiyor ise bu durumda parti reddedilir. Yani kusurlu sayısı kritik değeri geçiyor ise içindeki belirsiz parça sayısının önemi olmaksızın parti reddedilir. Bu varsayım altında örneklem planı Şekil 6.5'teki gibi oluşmaktadır.
- İşlem kolaylığı olması açısından, $p_S + p_F + p_I \neq 1$ durumu varsa önce $p_S + p_F + p_I = 1$ olacak şekilde normalizasyon işlemi yapılır.
- Yine işlem kolaylığı elde etmek için J_1, J_2 belirsizlik durumuna ilişkin plan parametreleri, C_1, C_2 kusur durumuna ilişkin plan parametreleri, n_1, n_2 örneklem büyüklükleri iken $C_1 < C_2, J_1 < J_2, C_1 + J_1 < n_1, C_2 + J_2 < n_2$ koşullarının sağlanacağı varsayımı yapılmıştır.

6.4.1 Partinin Kabul Edilme Olasılığı

6.25 nolu olasılık denklemi ve 6.11- 6.14 no'lu dönüşüm formülleri kullanılarak kabul olasılığı 6.34 no'lu denklem ile hesaplanır:

$$\begin{aligned}
 P_a &= P\{\mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_1 \text{ ve } \mathfrak{i}_1 < \mathcal{J}_1\} \\
 &\quad + P\{\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } \mathfrak{i}_1 + \mathfrak{i}_2 \leq \mathcal{J}_2 \mid \mathcal{C}_1 < \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } \mathfrak{i}_1 \leq \mathcal{J}_2\} \\
 &\quad + P\{\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } \mathfrak{i}_1 + \mathfrak{i}_2 \leq \mathcal{J}_2 \mid \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_1 \text{ ve } \mathcal{J}_1 < \mathfrak{i}_1 \leq \mathcal{J}_2\} \\
 P_a &= \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_1} \left(\frac{\lambda_{F_1}^{\mathfrak{d}_1}}{\mathfrak{d}_1!} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_1=0}^{\mathcal{J}_1} \left(\frac{\lambda_{I_1}^{\mathfrak{i}_1}}{\mathfrak{i}_1!} \times e^{-(\lambda_{I_1} + \lambda_{F_1})} \right) \right] \right) \\
 &\quad + \sum_{\mathfrak{d}_1=\mathcal{C}_1+1}^{\mathcal{C}_2} \left(\frac{\lambda_{F_1}^{\mathfrak{d}_1}}{\mathfrak{d}_1!} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_1=0}^{\mathcal{J}_2} \left(\frac{\lambda_{I_1}^{\mathfrak{i}_1}}{\mathfrak{i}_1!} \times e^{-(\lambda_{I_1} + \lambda_{F_1})} \right) \right. \right. \\
 &\quad \times \left. \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=0}^{\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1} \left(\frac{\lambda_{F_2}^{\mathfrak{d}_2}}{\mathfrak{d}_2!} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_2=0}^{\mathcal{J}_2-\mathfrak{i}_1} \left(\frac{\lambda_{I_2}^{\mathfrak{i}_2}}{\mathfrak{i}_2!} \times e^{-(\lambda_{I_2} + \lambda_{F_2})} \right) \right] \right) \right] \right] \right) \\
 &\quad + \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_1} \left(\frac{\lambda_{F_1}^{\mathfrak{d}_1}}{\mathfrak{d}_1!} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_1=\mathcal{J}_1+1}^{\mathcal{J}_2} \left(\frac{\lambda_{I_1}^{\mathfrak{i}_1}}{\mathfrak{i}_1!} \times e^{-(\lambda_{I_1} + \lambda_{F_1})} \right) \right. \right. \\
 &\quad \times \left. \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=0}^{\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1} \left(\frac{\lambda_{F_2}^{\mathfrak{d}_2}}{\mathfrak{d}_2!} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_2=0}^{\mathcal{J}_2-\mathfrak{i}_1} \frac{\lambda_{I_2}^{\mathfrak{i}_2}}{\mathfrak{i}_2!} \times e^{-(\lambda_{I_2} + \lambda_{F_2})} \right] \right) \right] \right] \right)
 \end{aligned} \tag{6.34}$$

6.4.2 Partinin Ret Edilme Olasılığı

6.26 nolu olasılık denklemi ve 6.11- 6.14 no'lu dönüşüm formülleri kullanılarak ret olasılığı 6.35 no'lu denklem ile hesaplanır:

$$\begin{aligned}
 P_r &= P\{\mathfrak{d}_1 > \mathcal{C}_2\} \\
 &\quad + P\{\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 > \mathcal{C}_2 \mid \mathcal{C}_1 < \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } \mathfrak{i}_1 \leq \mathcal{J}_2\} \\
 &\quad + P\{\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 > \mathcal{C}_2 \mid \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_1 \text{ ve } \mathcal{J}_1 < \mathfrak{i}_1 \leq \mathcal{J}_2\} \\
 P_r &= \sum_{\mathfrak{d}_1=\mathcal{C}_2+1}^{n_1} \left(\frac{\lambda_{F_1}^{\mathfrak{d}_1}}{\mathfrak{d}_1!} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_1=0}^{n_1-\mathfrak{d}_1} \left(\frac{\lambda_{I_1}^{\mathfrak{i}_1}}{\mathfrak{i}_1!} \times e^{-(\lambda_{I_1} + \lambda_{F_1})} \right) \right] \right) \\
 &\quad + \sum_{\mathfrak{d}_1=\mathcal{C}_1+1}^{\mathcal{C}_2} \left(\frac{\lambda_{F_1}^{\mathfrak{d}_1}}{\mathfrak{d}_1!} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_1=0}^{\mathcal{J}_2} \left(\frac{\lambda_{I_1}^{\mathfrak{i}_1}}{\mathfrak{i}_1!} \times e^{-(\lambda_{I_1} + \lambda_{F_1})} \right) \right. \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \times \left[\sum_{d_2=C_2-d_1+1}^{n_2} \left(\frac{\lambda_{F_2}^{d_2}}{d_2!} \times \left[\sum_{i_2=0}^{n_2-d_2} \left(\frac{\lambda_{I_2}^{i_2}}{i_2!} \times e^{-(\lambda_{I_2}+\lambda_{F_2})} \right) \right] \right) \right] \Bigg] \Bigg] \Bigg] \\
& + \sum_{d_1=0}^{C_1} \left(\frac{\lambda_{F_1}^{d_1}}{d_1!} \times \left[\sum_{i_1=J_1+1}^{J_2} \left(\frac{\lambda_{I_1}^{i_1}}{i_1!} \times e^{-(\lambda_{I_1}+\lambda_{F_1})} \right) \right. \right. \\
& \quad \times \left[\sum_{d_2=C_2-d_1+1}^{n_2} \left(\frac{\lambda_{F_2}^{d_2}}{d_2!} \times \left[\sum_{i_2=0}^{n_2-d_2} \frac{\lambda_{I_2}^{i_2}}{i_2!} \times e^{-(\lambda_{I_2}+\lambda_{F_2})} \right] \right) \right] \Bigg] \Bigg] \Bigg] \quad (6.35)
\end{aligned}$$

6.4.3 Partinin Kabul Durumunun Belirsiz Olması (Kararsızlık) Olasılığı

6.27 nolu olasılık denklemi ve 6.11-6.14 dönüşüm formülleri kullanılarak belirsizlik durumu olasılığı 6.36 no'lu denklem ile hesaplanır:

$$\begin{aligned}
P_i &= P\{i_1 > J_2 \text{ ve } d_1 \leq C_1\} \\
&+ P\{d_1 + d_2 \leq C_2 \text{ ve } i_1 + i_2 > J_2 \mid C_1 < d_1 \leq C_2 \text{ ve } i_1 \leq J_2\} \\
&+ P\{d_1 + d_2 \leq C_2 \text{ ve } i_1 + i_2 > J_2 \mid d_1 \leq C_1 \text{ ve } J_1 < i_1 \leq J_2\} \\
P_i &= \sum_{d_1=0}^{C_2} \left(\frac{\lambda_{F_1}^{d_1}}{d_1!} \times \left[\sum_{i_1=J_2+1}^{n_1-d_1} \left(\frac{\lambda_{I_1}^{i_1}}{i_1!} \times e^{-(\lambda_{I_1}+\lambda_{F_1})} \right) \right] \right) \\
&+ \sum_{d_1=C_1+1}^{C_2} \left(\frac{\lambda_{F_1}^{d_1}}{d_1!} \times \left[\sum_{i_1=0}^{J_2} \left(\frac{\lambda_{I_1}^{i_1}}{i_1!} \times e^{-(\lambda_{I_1}+\lambda_{F_1})} \right) \right. \right. \\
& \quad \times \left[\sum_{d_2=0}^{C_2-d_1} \left(\frac{\lambda_{F_2}^{d_2}}{d_2!} \times \left[\sum_{i_2=J_2-i_1+1}^{n_2-d_2} \frac{\lambda_{I_2}^{i_2}}{i_2!} \times e^{-(\lambda_{I_2}+\lambda_{F_2})} \right] \right) \right] \Bigg] \Bigg] \Bigg] \\
&+ \sum_{d_1=0}^{C_1} \left(\frac{\lambda_{F_1}^{d_1}}{d_1!} \times \left[\sum_{i_1=J_1+1}^{J_2} \left(\frac{\lambda_{I_1}^{i_1}}{i_1!} \times e^{-(\lambda_{I_1}+\lambda_{F_1})} \right) \right. \right. \\
& \quad \times \left[\sum_{d_2=0}^{C_2-d_1} \left(\frac{\lambda_{F_2}^{d_2}}{d_2!} \times \left[\sum_{i_2=J_2-i_1+1}^{n_2-d_2} \frac{\lambda_{I_2}^{i_2}}{i_2!} \times e^{-(\lambda_{I_2}+\lambda_{F_2})} \right] \right) \right] \Bigg] \Bigg] \Bigg] \quad (6.36)
\end{aligned}$$

6.4.4 Çıkan Ortalama Kalite

Çıkan ortalama kalite, parti kabul olasılığı ve kusurlu parça oranına bağlı hesaplanan bir değerdir. Bu sebeple Poisson için de Binom ile aynı şekilde 6.37 no'lu denklem ile hesaplanabilir:

$$AOQ = P_a \times \frac{\lambda_{F_1}}{n_1} = P_a \times \frac{\lambda_{F_2}}{n_2} \quad (6.37)$$

6.4.5 Ortalama Toplam Muayene

Ortalama Toplam Muayene hesaplaması için de yine Binom ile Poisson dağılımları için aynı formüller kullanılarak 6.38-6.39 no'lu denklemlerdeki gibi elde edilir:

$$ATI_{kötümser} = n_1 \times P_a^I + (n_1 + n_2) \times (P_a^{II}) + \mathcal{N} \times (P_r) \quad (6.38)$$

$$ATI_{iyimser} = n_1 \times P_a^I + (n_1 + n_2) \times (P_a - P_a^I) + \mathcal{N} \times (P_r + P_i) \quad (6.39)$$

Burada dikkat edilmesi gereken husus, partinin birinci adımda kabul edilmesi olasılığı P_a^I hesaplanırken λ_{I_1} ve λ_{F_1} kullanılması gerektiğidir. Bu olasılık, 6.34 nolu denklemin ilk parçası kullanılarak hesaplanır. P_a^{II} ise 6.34 no'lu denklemin ikinci ve üçüncü parçaları kullanılarak hesaplanır.

6.4.6 Ortalama Örnek Sayısı

Ortalama örnek sayısı, Binom ve Poisson dağılımları için aynı şekilde 6.40 no'lu denklem ile hesaplanır.

$$ASN = n_1 + n_2 \times (1 - (P_a^I + P_r^I + P_i^I)) \quad (6.40)$$

6.4.7 Çalışma Karakteristiği

Binom dağılımdakine benzer şekilde çalışma karakteristiği, kusurlu parça oranı ve belirsiz parça oranındaki değişime bağlı olarak kabul olasılığı değişimini gösteren bir yüzey olarak elde edilir. Büyük n değerleri için Poisson dağılımı Binom dağılıma yakınsadığı için, Poisson kabul örnekleme için de Şekil 6.6'dakine benzer bir çalışma karakteristiği grafiği elde edilir.

6.4.8 Örnek Uygulama

Elde edilen denklemlerin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla aynı problemler hem Binom hem de Poisson Dağılım denklemleri kullanılarak bir bilgisayar programı yardımıyla çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar Tablo 6.3'te gösterilmiştir. Örnek program çıktısı Şekil 6.8'de verilmiştir. Program kaynak kodu Ek-A'da verilmiştir.

Tablo 6.3 İki seviyeli örnek problemler için binom ve poisson sonuçlarının karşılaştırması

Plan No	Parametreler									
	$\mathcal{N}$	n_1	n_2	$\mathcal{C}_1$	$\mathcal{C}_2$	$\mathcal{I}_1$	$\mathcal{I}_2$	p_S	p_F	p_I
1	1000	30	50	3	5	2	4	0,95	0,05	0,05
2	1000	35	50	2	5	2	5	0,83	0,04	0,04
3	1000	35	60	3	6	2	3	0,95	0,02	0,02
4	500	35	60	2	6	3	5	0,94	0,02	0,02
5	500	30	40	4	8	5	10	0,9	0,02	0,02
6	1000	30	50	3	5	3	5	0,9	0,05	0,05
Plan No	Nötrosofik Binom Dağılım									
	P_a	P_r	P_i	AOQ	ATI_i	ATI_k	ASN			
1	0,83	0,06	0,11	0,04	87	202	40			
2	0,86	0,04	0,10	0,03	78	180	49			
3	0,97	0,01	0,03	0,03	42	67	38			
4	0,79	0,21	0,00	0,05	138	140	55			
5	1,00	0,00	0,00	0,03	30	30	30			
6	0,90	0,06	0,04	0,05	84	126	36			
Plan No	Nötrosofik Possion Dağılım									
	P_a	P_r	P_i	AOQ	ATI_i	ATI_k	ASN			
1	0,82	0,06	0,11	0,04	91	205	40			
2	0,85	0,04	0,10	0,03	80	183	49			
3	0,97	0,01	0,03	0,03	43	69	38			
4	0,79	0,21	0,00	0,05	139	140	55			
5	1,00	0,00	0,00	0,03	30	30	30			
6	0,90	0,06	0,04	0,04	88	132	36			

Tablodaki Poisson dağılımı için hesaplanan P_a değerlerinin Binom dağılıma ait olasılık değerlerine yakınsadığı görülmektedir. Örnekleme planında n_1 ve n_2 değerleri arttıkça sonuçlar birbirine daha fazla yakınsamaktadır.

```

===== Set = N1000n35 =====
-----Islem Parametreleri-----

N = 1000
n1 = 35
n2 = 60
C1 = 3
C2 = 6
I1 = 2
I2 = 3

Ps = 0.95
Pf = 0.03
Pi = 0.02

-----Klasik Binom Kabul Orneklemesi-----

B_Pa <n1=35, n2=60, c1=3, c2=6> = 0.993
AOQ=0.03
ATI=63
ASN=36.18

-----Klasik Poisson Kabul Orneklemesi-----

P_Pa <n1=35, n2=60, c1=3, c2=6> = 0.993
AOQ=0.03
ATI=63
ASN=36.30

-----Notrosifik Binom Kabul Orneklemesi-----

B_Pa <n1=35, n2=60, c1=3, c2=6, I1=2, I2=3> = 0.968
B_Pr <n1=35, n2=60, c1=3, c2=6, I1=2, I2=3> = 0.007
B_Pi <n1=35, n2=60, c1=3, c2=6, I1=2, I2=3> = 0.025
L(p) <n1=35, n2=60, c1=3, c2=6, I1=2 I2=3, > = 1.000
AOQ=0.03
ATI_iyimser=42
ATI_kotumser=67
ASN=37.82

-----Notrosifik Poisson Kabul Orneklemesi-----

P_Pa <n1=35, n2=60, c1=3, c2=6, I1=2, I2=3> = 0.966
P_Pr <n1=35, n2=60, c1=3, c2=6, I1=2, I2=3> = 0.008
P_Pi <n1=35, n2=60, c1=3, c2=6, I1=2, I2=3> = 0.027
L(p) <n1=35, n2=60, c1=3, c2=6, I1=2 I2=3, > = 1.000
AOQ=0.03
ATI_iyimser=43
ATI_kotumser=69
ASN=37.82

```

Şekil 6.8 Yakınsayan sonuçlara dair bilgisayar çıktısı

ARALIK NÖTROSOFİK KABUL ÖRNEKLEME PLANI ÖNERİSİ

Önceki bölümde önerilen örneklem planı tasarımları Smarandache [101] tarafından önerilen nütrosolik binom dağılım temel alınarak geliştirilmiştir. Nütrosolik binom dağılımda doğruluk, yanlışlık ve belirsizlik durumları birer üyelik fonksiyonu ile temsil edilmek yerine birer sabit sayı ile ifade edilmektedir. Buradan hareketle söylenebilir ki önceki bölümde önerilen örneklem planları, nütrosolik kümelerin genelini temsil eden planlar değildir. Bu bölümde, nütrosolik kümelerin gerçek problemlerde kullanılabilmesi adına, aralık nütrosolik kümeler için örneklem planları geliştirilmiştir.

Yığının kusur durumlarına ilişkin doğruluk, yanlışlık ve belirsizliğin birer fonksiyon ile temsil edildiği nütrosolik kümeler için de örneklem planlarına ihtiyaç duyulabilir. Parçaların kusurlu olup olmamasına endeksli nicel örneklem planlarının genel prensipleri bulanık modelleme esas alınarak yeniden şekillendirilmediği sürece yine binom veya poisson dağılımları üzerinden hareket edilmesi gerekecektir. Diğer bir deyişle, kusurlu parça sayısı (c), planın bir parametresi olmaya devam ettiği sürece binom veya poisson dağılımlarının kullanımı kaçınılmazdır. Bu da doğruluk, yanlışlık ve belirsizliğin birer fonksiyon ile temsil edildiği senaryolar için de 6 no'lu bölümdekinden çok farklı bir formülasyonun ortaya koyulamayacağı anlamına gelir. Hatta bu tip problemler için yeni bir formülasyona gerek duyulmayacaktır.

7.1. Kabul Örneklemesinde Aralık Nütrosolik Kümeler

Bu bölümde önceki bölümdeki örneklem planları, parçaların kusur durumlarının aralık nütrosolik küme olduğu durumlar için genişletilmiştir. Doğruluk, yanlışlık ve belirsizlik terimlerinin aralık olarak ifade edildiği kümelere Aralık Nütrosolik Kümeler adı verilir ve küme üç adet aralık ile ifade edilir. Bu üç aralığın en büyük üst limitlerinin toplamı 0 ile 3 arasında olmak

zorundadır. Aralık Nötrosofik sayıların matematik ifadesi 7.1 no'lu denklemdeki gibidir [33]:

$$\tilde{\tilde{x}} = \langle [t_{x_L}, t_{x_U}], [i_{x_L}, i_{x_U}], [f_{x_L}, f_{x_U}] \rangle$$

$$t_x, i_x, f_x \in [0,1]$$

$$0 \leq \sup t_x + \sup f_x + \sup i_x \leq 3 \quad (7.1)$$

Bir önceki bölümdeki denklemlerde doğruluk, yanlışlık ve belirsizlik terimlerine ilişkin değerler birbirleriyle çarpılıp toplanarak sonuca ulaşılmıştır. Burada söz konusu değerler artık aralık olarak ifade edildiği için burada aralık sayılara ilişkin toplama ve çarpma işlemleri kullanılmalıdır. Pozitif reel sayılardan oluşan sınır değerlerine sahip iki aralık sayının birbirleriyle toplama ve çarpma işlemleri 7.2 no'lu denklemler yardımıyla gerçekleştirilir [9]:

$$\forall a_1, a_3, b_1, b_3 \in \mathbb{R}^+$$

$$A = [a_1, a_3], \quad B = [b_1, b_3]$$

$$A \oplus B = [a_1, a_3] \oplus [b_1, b_3] = [a_1 + b_1, a_3 + b_3]$$

$$A \otimes B = [a_1, a_3] \otimes [b_1, b_3] = [a_1 \cdot b_1, a_3 \cdot b_3] \quad (7.2)$$

Nötrosofik binom dağılım için kabul örneklemesine ilişkin olarak yalnızca toplama ve çarpma işlemlerine ihtiyaç vardır. 7.2. nolu denklemde görüldüğü üzere hem toplama hem çarpma işleminin sonucunda ortaya çıkan aralık sayının alt limiti, işleme tabi tutulan aralık sayıların yalnızca alt limit değerleri kullanılarak hesaplanabilmektedir. Benzer şekilde, işlemin sonucunda ortaya çıkan aralık sayının üst limiti, işleme tabi tutulan aralık sayıların yalnızca üst limit değerleri kullanılarak hesaplanabilmektedir. Buradan hareketle Aralık Nötrosofik kümeler için oluşturulan problemler aralık sayıların alt ve üst limitleri için birer kez olmak üzere toplamda iki kez çözülüp sonuçlar birleştirilebilir. Devam eden bölümlerde fomülasyon bu yaklaşım üzerine gerçekleştirilmiştir.

7.2. Bir Seviyeli Nicel Aralık Nötrosofik Örneklem Planı Önerisi

Bu bölümde, parçaların kusur durumlarının nötrosofik küme olduğu bir nicel kabul örneklemesi planı önerilmiştir. Bir önceki bölümden farklı olarak, nötrosofik kümenin elemanları olan t,i,f terimleri de üyelik fonksiyonuna sahip

birer bulanık küme olarak tanımlanmıştır. Formüllerde yer alan bulanık kümelere α -kesimi yaklaşımı uygulanarak aralık nütrosifik kümeler için de formüller elde edilmiştir.

Bir nicel örnekleme planında:

$\tilde{A}$: Parçaların kusur durumlarını ifade eden bir aralık nütrosifik küme olmak üzere; $\tilde{A} = \{\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}\} = \{(\widetilde{p}_S, \widetilde{p}_I, \widetilde{p}_F)\}$

$\tilde{B}$: Parti kabulüne ilişkin durumları ifade eden nütrosifik küme olmak üzere; $\tilde{B} = \{(\tilde{P}_a, \tilde{P}_i, \tilde{P}_r)\}$

$\tilde{P}_a(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f})$: ($\tilde{t}$, $\tilde{i}$ ve $\tilde{f}$ 'nin bir fonksiyonu olarak) bulanık parti kabul olasılığı

$\tilde{P}_i(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f})$: ($\tilde{t}$, $\tilde{i}$ ve $\tilde{f}$ 'nin bir fonksiyonu olarak) bulanık kararsızlık olasılığı

$\tilde{P}_r(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f})$: ($\tilde{t}$, $\tilde{i}$ ve $\tilde{f}$ 'nin bir fonksiyonu olarak) bulanık parti ret olasılığı

$\mathcal{N}$: Parti büyüklüğü

n : Örneklem büyüklüğü

$\mathcal{C}$: İzin verilen kusurlu parça sayısı

$\mathcal{J}$: İzin verilen kusur durumu belirsiz parça sayısı

$\mathfrak{d}$: Örneklemdeki kusurlu parça sayısı

$\mathfrak{i}$: Örneklemdeki kusur durumu belirsiz parça sayısı olarak tanımlansın.

Bun tanımlara bağlı olarak, α -kesimi ile elde edilen kümeler 7.3 no'lu denklemdeki gibi tanımlanabilir.

$$\begin{aligned}\tilde{A}_\alpha &= \{\tilde{t}_\alpha, \tilde{i}_\alpha, \tilde{f}_{1-\alpha}\} = \{[t_L, t_U], [i_L, i_U], [f_L, f_U]\} \\ &= \{[p_{S_L}, p_{S_U}], [p_{I_L}, p_{I_U}], [p_{F_L}, p_{F_U}]\}\end{aligned}\quad (7.3)$$

Poisson dağılımına ilişkin kusur frekansı ($\tilde{\lambda}_F$) ve belirsizlik/kararsızlık frekansı ($\tilde{\lambda}_I$) parametreleri 7.4 no'lu denklemdeki gibi elde edilebilir:

$$\tilde{\lambda}_F = n \times \widetilde{p}_F, \quad \tilde{\lambda}_I = n \times \widetilde{p}_I \quad (7.4)$$

7.2.1 Partinin Kabul Edilme Olasılığı

6.1 no'lu denklem plan parametrelerinin ve kusur durumuna ilişkin t,i,f terimlerinin de bulanık küme olduğu durumlar için 7.5 no'lu denklem ile ifade edilir:

$$\begin{aligned}
 \tilde{P}_a(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) &= P\{\mathfrak{d} \leq \mathcal{C} \text{ ve } i \leq \mathcal{I}\} \\
 &= \tilde{P}_{a_{Binom}} = \sum_{\mathfrak{d}=0}^{\mathcal{C}} \left(\binom{n}{\mathfrak{d}} \times \tilde{p}_F^{\mathfrak{d}} \times \left[\sum_{i=0}^{\min(\mathcal{I}, n-\mathfrak{d})} \left(\binom{n-\mathfrak{d}}{i} \times \tilde{p}_I^i \times \tilde{p}_S^{n-i-\mathfrak{d}} \right) \right] \right) \\
 &\simeq \tilde{P}_{a_{Poisson}} = \sum_{\mathfrak{d}=0}^{\mathcal{C}} \left(\frac{\tilde{\lambda}_F^{\mathfrak{d}}}{\mathfrak{d}!} \times \left[\sum_{i=0}^{\min(\mathcal{I}, n-\mathfrak{d})} \left(\frac{\tilde{\lambda}_I^i}{i!} \times e^{-(\tilde{\lambda}_I + \tilde{\lambda}_F)} \right) \right] \right) \quad (7.5)
 \end{aligned}$$

α -kesimi sonrası elde edilen kabul olasılığı ($\tilde{P}_{a_\alpha}$), 7.6 no'lu denklemde verilmiştir.

$$\tilde{P}_{a_\alpha} = [P_{a_L}, P_{a_U}] = \left[\min\{P_a(t, i, f) \mid (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\}\}, \max\{P_a(t, i, f) \mid (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\}\} \right] \quad (7.6)$$

7.2.2 Partinin Ret Edilme Olasılığı

6.2 no'lu denklem plan parametrelerinin ve kusur durumuna ilişkin t,i,f terimlerinin de bulanık küme olduğu durumlar için 7.7'deki gibi ifade edilir:

$$\begin{aligned}
 \tilde{P}_r(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) &= P\{\mathfrak{d} > \mathcal{C}\} \\
 &= \tilde{P}_{r_{Binom}} = \sum_{\mathfrak{d}=\mathcal{C}+1}^n \left(\binom{n}{\mathfrak{d}} \times \tilde{p}_F^{\mathfrak{d}} \times \left[\sum_{i=0}^{n-\mathfrak{d}} \left(\binom{n-\mathfrak{d}}{i} \times \tilde{p}_I^i \times \tilde{p}_S^{n-i-\mathfrak{d}} \right) \right] \right) \\
 &\simeq \tilde{P}_{r_{Poisson}} = \sum_{\mathfrak{d}=\mathcal{C}+1}^n \left(\frac{\tilde{\lambda}_F^{\mathfrak{d}}}{\mathfrak{d}!} \times \left[\sum_{i=0}^{n-\mathfrak{d}} \left(\frac{\tilde{\lambda}_I^i}{i!} \times e^{-(\tilde{\lambda}_I + \tilde{\lambda}_F)} \right) \right] \right) \quad (7.7)
 \end{aligned}$$

α -kesimi sonrası elde edilen ret olasılığı ($\tilde{P}_{r_\alpha}$), 7.8 no'lu denklemde verilmiştir.

$$\tilde{P}_{r_\alpha} = [P_{r_L}, P_{r_U}] = \left[\min\{P_r(t, i, f) \mid (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\}\}, \max\{P_r(t, i, f) \mid (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\}\} \right] \quad (7.8)$$

7.2.3 Partinin Kabul Durumunun Belirsiz Olması (Kararsızlık) Olasılığı

6.5 no'lu denklem, plan parametrelerinin ve kusur durumuna ilişkin terimlerin de bulanık küme olduğu durumlarda 7.9 no'lu denklem ile elde edilir:

$$\begin{aligned}\tilde{P}_i(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) &= P\{\mathfrak{d} \leq \mathcal{C} \text{ ve } i > J\} \\ &= \tilde{P}_{i_{Binom}} = \sum_{i=J+1}^n \left(\binom{n}{i} \times \tilde{p}_I^i \times \left[\sum_{\mathfrak{d}=0}^{\min(\mathcal{C}, n-i)} \left(\binom{n-i}{\mathfrak{d}} \times \tilde{p}_F^{\mathfrak{d}} \times \tilde{p}_S^{n-i-\mathfrak{d}} \right) \right] \right) \\ &\simeq \tilde{P}_{i_{Poisson}} = \sum_{i=J+1}^n \left(\frac{\tilde{\lambda}_I^i}{i!} \times \left[\sum_{\mathfrak{d}=0}^{\min(\mathcal{C}, n-i)} \left(\frac{\tilde{\lambda}_F^{\mathfrak{d}}}{\mathfrak{d}!} \times e^{-(\tilde{\lambda}_I + \tilde{\lambda}_F)} \right) \right] \right) \quad (7.9)\end{aligned}$$

α -kesimi sonrası elde edilen belirsizlik/kararsızlık olasılığı ($\tilde{P}_{i_\alpha}$), 7.10 no'lu denklemde verilmiştir.

$$\tilde{P}_{i_\alpha} = [P_{i_L}, P_{i_U}] = \left[\min\{P_i(t, i, f) \mid (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\}\}, \max\{P_i(t, i, f) \mid (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\}\} \right] \quad (7.10)$$

7.2.4 Çıkan Ortalama Kalite

Çıkan ortalama kalite, nütrosifik kümeleri için 7.11'deki gibi, α -kesimi sonrası oluşan aralık nütrosifik kümeler için ise 7.12'deki gibi elde edilir.

$$\widetilde{AOQ} = \tilde{P}_a(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) \times \tilde{t} = \tilde{P}_a(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) \times \tilde{p}_F = \tilde{P}_a(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) \times \tilde{\lambda}_F / n \quad (7.11)$$

$$\widetilde{AOQ}_\alpha = \left[\min\{P_a(t, i, f) \times t \mid (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\}\}, \max\{P_a(t, i, f) \times t \mid (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\}\} \right] \quad (7.12)$$

7.2.5 Ortalama Toplam Muayene

İyimser ve kötümser senaryolar dikkate alındığında ATI değerleri 7.13-7.16 no'lu denklemler ile hesaplanır:

$$\widetilde{ATI}_{iyimser} = n + \left(\tilde{P}_r(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) \right) \times (\mathcal{N} - n) \quad (7.13)$$

$$\widetilde{ATI}_{iyimser_\alpha} = \left[\min \left\{ \begin{array}{l} n + (P_r(t, i, f)) \times (\mathcal{N} - n) \\ \mid (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\} \end{array} \right\}, \max \left\{ \begin{array}{l} n + (P_r(t, i, f)) \times (\mathcal{N} - n) \\ \mid (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\} \end{array} \right\} \right] \quad (7.14)$$

$$\widetilde{ATI}_{kötümser} = n + \left(\widetilde{P}_r(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) + \widetilde{P}_i(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) \right) \times (\mathcal{N} - n) \quad (7.15)$$

$$\widetilde{ATI}_{kötümser_\alpha} = \left[\begin{array}{l} \min \left\{ n + (P_r(t, i, f) + P_i(t, i, f)) \times (\mathcal{N} - n) \right\} \\ \quad | (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\} \\ \max \left\{ n + (P_r(t, i, f) + P_i(t, i, f)) \times (\mathcal{N} - n) \right\} \\ \quad | (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\} \end{array} \right] \quad (7.16)$$

7.2.6 Çalışma Karakteristiği

Çalışma karakteristiği eğrisinin eğimi ve konumu, örneklem büyüklüğü (n) ve kabul edilebilir maksimum kusur sayısı (C)'ye bağlı olarak değişmektedir. Çünkü aynı kusur olasılıkları kullanılarak oluşturulan farklı bir örnekleme planı farklı bir parti kabul olasılığı verir [118]. Parti kabul olasılığının hem alt limit değerleri hesaplanırken hem de üst limit değerleri hesaplanırken 7.3 no'lu denklem ve aynı plan parametreleri kullanıldığı için aralık nötrosifik problemler için de OC eğrisi Şekil 6.3'te gibi bir düzlem olarak elde edilir. Aynı plan parametrelerine sahip bir nötrosifik plan ile bir aralık nötrosifik plan için aynı OC eğrisi elde edilir.

7.3 İki Seviyeli Nicel Aralık Nötrosifik Örnekleme Planı Önerisi

Bu bölümde, 6.3 no'lu bölümde yer alan denklemler Aralık Nötrosifik küme için genişletilmiştir. Yine 7.3 no'lu başlıkta olduğu gibi burada da α -kesiminden hareketle sonuç elde edilmiştir.

Burada birinci ve ikinci adıma ilişkin plan parametreleri; izin verilen kusurlu parça sayısı (C_1, C_2), izin verilen belirsiz parça sayısı ($\mathcal{I}_1, \mathcal{I}_2$), örneklem büyüklüğü (n_1, n_2) olarak tanımlanmıştır. Poisson dağılım formülasyonu için ihtiyaç duyulan birinci ve ikinci adıma ilişkin frekans değerleri; kusur frekansı ($\tilde{\lambda}_{F_1} = n_1 \times \widetilde{p}_F, \tilde{\lambda}_{F_2} = n_2 \times \widetilde{p}_F$) ve belirsizlik frekansı ($(\tilde{\lambda}_{I_1} = n_1 \times \widetilde{p}_I, \lambda_{I_2} = n_2 \times \widetilde{p}_I)$) değerleri dolaylı olarak tanımlanmıştır. Hesaplamalarda kullanmak için de şu tanımlamalara ihtiyaç duyulmuştur: Partinin birinci adımda kabul edilme olasılığı ($\widetilde{P}_a^I(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f})$), partinin ikinci adımda kabul edilme olasılığı ($\widetilde{P}_a^{II}(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f})$) ve örneklemin ilk adımda sonlanması olasılığı ($\widetilde{P}^I$).

7.3.1 Partinin Kabul Edilme Olasılığı

6 no'lu bölümdeki gibi burada da $\tilde{P}_a$ üç kısımdan oluşur. $\tilde{P}_a$ ve $\tilde{P}_{a_\alpha}$ sırasıyla 7.17 ve 7.18 no'lu denklemler ile elde edilir:

$$\begin{aligned}
\tilde{P}_a(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{j}) &= P\{\mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_1 \text{ ve } \mathfrak{i}_1 < \mathcal{I}_1\} \\
&\quad + P\{\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } \mathfrak{i}_1 + \mathfrak{i}_2 \leq \mathcal{I}_2 \mid \mathcal{C}_1 < \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } \mathfrak{i}_1 \leq \mathcal{I}_2\} \\
&\quad + P\{\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } \mathfrak{i}_1 + \mathfrak{i}_2 \leq \mathcal{I}_2 \mid \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_1 \text{ ve } \mathcal{I}_1 < \mathfrak{i}_1 \leq \mathcal{I}_2\} \\
\tilde{P}_{a_{Binom}} &= \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_1} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times \tilde{p}_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_1=0}^{\mathcal{I}_1} \left(\binom{n_1 - \mathfrak{d}_1}{\mathfrak{i}_1} \tilde{p}_I^{\mathfrak{i}_1} \times \tilde{p}_S^{n_1 - \mathfrak{i}_1 - \mathfrak{d}_1} \right) \right] \right) \\
&\quad + \sum_{\mathfrak{d}_1=\mathcal{C}_1+1}^{\mathcal{C}_2} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times \tilde{p}_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_1=0}^{\mathcal{I}_2} \left(\binom{n_1 - \mathfrak{d}_1}{\mathfrak{i}_1} \times \tilde{p}_I^{\mathfrak{i}_1} \times \tilde{p}_S^{n_1 - \mathfrak{i}_1 - \mathfrak{d}_1} \right. \right. \right. \\
&\quad \times \left. \left. \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=0}^{\mathcal{C}_2 - \mathfrak{d}_1} \left(\binom{n_2}{\mathfrak{d}_2} \times \tilde{p}_F^{\mathfrak{d}_2} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_2=0}^{\mathcal{I}_2 - \mathfrak{i}_1} \left(\binom{n_2 - \mathfrak{d}_2}{\mathfrak{i}_2} \times \tilde{p}_I^{\mathfrak{i}_2} \times \tilde{p}_S^{n_2 - \mathfrak{i}_2 - \mathfrak{d}_2} \right) \right] \right) \right] \right] \right) \right) \\
&\quad + \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_1} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times \tilde{p}_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_1=\mathcal{I}_1+1}^{\mathcal{I}_2} \left(\binom{n_1 - \mathfrak{d}_1}{\mathfrak{i}_1} \times \tilde{p}_I^{\mathfrak{i}_1} \times \tilde{p}_S^{n_1 - \mathfrak{i}_1 - \mathfrak{d}_1} \right. \right. \right. \\
&\quad \times \left. \left. \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=0}^{\mathcal{C}_2 - \mathfrak{d}_1} \left(\binom{n_2}{\mathfrak{d}_2} \times \tilde{p}_F^{\mathfrak{d}_2} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_2=0}^{\mathcal{I}_2 - \mathfrak{i}_1} \left(\binom{n_2 - \mathfrak{d}_2}{\mathfrak{i}_2} \times \tilde{p}_I^{\mathfrak{i}_2} \times \tilde{p}_S^{n_2 - \mathfrak{i}_2 - \mathfrak{d}_2} \right) \right] \right) \right] \right] \right) \right) \\
&\simeq \tilde{P}_{a_{Poisson}} = \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_1} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{F1}^{\mathfrak{d}_1}}{\mathfrak{d}_1!} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_1=0}^{\mathcal{I}_1} \frac{\tilde{\lambda}_{I1}^{\mathfrak{i}_1}}{\mathfrak{i}_1!} \times e^{-(\tilde{\lambda}_{I1} + \tilde{\lambda}_{F1})} \right] \right) \\
&\quad + \sum_{\mathfrak{d}_1=\mathcal{C}_1+1}^{\mathcal{C}_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{F1}^{\mathfrak{d}_1}}{\mathfrak{d}_1!} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_1=0}^{\mathcal{I}_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{I1}^{\mathfrak{i}_1}}{\mathfrak{i}_1!} \times e^{-(\tilde{\lambda}_{I1} + \tilde{\lambda}_{F1})} \right. \right. \right. \\
&\quad \times \left. \left. \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=0}^{\mathcal{C}_2 - \mathfrak{d}_1} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{F2}^{\mathfrak{d}_2}}{\mathfrak{d}_2!} \times \left[\sum_{\mathfrak{i}_2=0}^{\mathcal{I}_2 - \mathfrak{i}_1} \frac{\tilde{\lambda}_{I2}^{\mathfrak{i}_2}}{\mathfrak{i}_2!} \times e^{-(\tilde{\lambda}_{I2} + \tilde{\lambda}_{F2})} \right] \right) \right] \right] \right) \right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_1} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{F_1}^{\mathfrak{d}_1}}{\mathfrak{d}_1!} \times \left[\sum_{i_1=\mathcal{I}_1+1}^{\mathcal{J}_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{I_1}^{i_1}}{i_1!} \times e^{-(\tilde{\lambda}_{I_1}+\tilde{\lambda}_{F_1})} \right. \right. \right. \\
& \quad \left. \left. \times \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=0}^{\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{F_2}^{\mathfrak{d}_2}}{\mathfrak{d}_2!} \times \left[\sum_{i_2=0}^{\mathcal{J}_2-i_1} \frac{\tilde{\lambda}_{I_2}^{i_2}}{i_2!} \times e^{-(\tilde{\lambda}_{I_2}+\tilde{\lambda}_{F_2})} \right] \right) \right] \right) \right] \right) \quad (7.17)
\end{aligned}$$

$$\tilde{P}_{a_\alpha} = [P_{a_L}, P_{a_U}] = \left[\min\{P_a(t, i, \mathfrak{f}) \mid (t, i, \mathfrak{f}) \in \{(t_L, i_L, \mathfrak{f}_U), (t_U, i_U, \mathfrak{f}_L)\}\} \right. \\
\left. , \max\{P_a(t, i, \mathfrak{f}) \mid (t, i, \mathfrak{f}) \in \{(t_L, i_L, \mathfrak{f}_U), (t_U, i_U, \mathfrak{f}_L)\}\} \right] \quad (7.18)$$

7.3.2 Partinin Ret Edilme Olasılığı

6 no'lu bölümdeki gibi burada da $\tilde{P}_r$ üç kısımdan oluşur. $\tilde{P}_r$ ve $\tilde{P}_{r_\alpha}$ sırasıyla 7.19 ve 7.20 no'lu denklemler ile elde edilir:

$$\begin{aligned}
\tilde{P}_r(\tilde{t}, \tilde{\lambda}, \tilde{\mathfrak{f}}) &= P\{\mathfrak{d}_1 > \mathcal{C}_2\} \\
&+ P\{\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 > \mathcal{C}_2 \mid \mathcal{C}_1 < \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } i_1 \leq \mathcal{J}_2\} \\
&+ P\{\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 > \mathcal{C}_2 \mid \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_1 \text{ ve } \mathcal{I}_1 < i_1 \leq \mathcal{J}_2\} \\
\tilde{P}_{r_{Binom}} &= \sum_{\mathfrak{d}_1=\mathcal{C}_2+1}^{n_1} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times \tilde{p}_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{i_1=0}^{n_1-\mathfrak{d}_1} \binom{n_1-\mathfrak{d}_1}{i_1} \times \tilde{p}_I^{i_1} \times \tilde{p}_S^{n_1-i_1-\mathfrak{d}_1} \right] \right) \\
&+ \sum_{\mathfrak{d}_1=\mathcal{C}_1+1}^{\mathcal{C}_2} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times \tilde{p}_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{i_1=0}^{\mathcal{J}_2} \left(\binom{n_1-\mathfrak{d}_1}{i_1} \times \tilde{p}_I^{i_1} \times \tilde{p}_S^{n_1-i_1-\mathfrak{d}_1} \right. \right. \right. \\
&\quad \times \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1+1}^{n_2} \left(\binom{n_2}{\mathfrak{d}_2} \times \tilde{p}_F^{\mathfrak{d}_2} \times \left[\sum_{i_2=0}^{n_2-\mathfrak{d}_2} \binom{n_2-\mathfrak{d}_2}{i_2} \times \tilde{p}_I^{i_2} \times \tilde{p}_S^{n_2-i_2-\mathfrak{d}_2} \right] \right) \right] \right) \right) \\
&+ \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_1} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times \tilde{p}_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{i_1=\mathcal{I}_1+1}^{\mathcal{J}_2} \left(\binom{n_1-\mathfrak{d}_1}{i_1} \times \tilde{p}_I^{i_1} \times \tilde{p}_S^{n_1-i_1-\mathfrak{d}_1} \right. \right. \right.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \times \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1+1}^{n_2} \left(\binom{n_2}{\mathfrak{d}_2} \times \widetilde{p}_F^{\mathfrak{d}_2} \times \left[\sum_{i_2=0}^{n_2-\mathfrak{d}_2} \binom{n_2-\mathfrak{d}_2}{i_2} \times \widetilde{p}_I^{i_2} \times \widetilde{p}_S^{n_2-i_2-\mathfrak{d}_2} \right] \right) \right] \Big) \Big) \Big) \Big) \\
& \simeq \widetilde{P}_{r_{Poisson}} = \sum_{\mathfrak{d}_1=\mathcal{C}_2+1}^{n_1} \left(\frac{\widetilde{\lambda}_{F1}^{\mathfrak{d}_1}}{\mathfrak{d}_1!} \times \left[\sum_{i_1=0}^{n_1-\mathfrak{d}_1} \frac{\widetilde{\lambda}_{I1}^{i_1}}{i_1!} \times e^{-(\widetilde{\lambda}_{I1}+\widetilde{\lambda}_{F1})} \right] \right) \\
& + \sum_{\mathfrak{d}_1=\mathcal{C}_1+1}^{\mathcal{C}_2} \left(\frac{\widetilde{\lambda}_{F1}^{\mathfrak{d}_1}}{\mathfrak{d}_1!} \times \left[\sum_{i_1=0}^{j_2} \left(\frac{\widetilde{\lambda}_{I1}^{i_1}}{i_1!} \times e^{-(\widetilde{\lambda}_{I1}+\widetilde{\lambda}_{F1})} \right) \right. \right. \\
& \times \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1+1}^{n_2} \left(\frac{\widetilde{\lambda}_{F2}^{\mathfrak{d}_2}}{\mathfrak{d}_2!} \times \left[\sum_{i_2=0}^{n_2-\mathfrak{d}_2} \frac{\widetilde{\lambda}_{I2}^{i_2}}{i_2!} \times e^{-(\widetilde{\lambda}_{I2}+\widetilde{\lambda}_{F2})} \right] \right) \right] \Big) \Big) \Big) \\
& + \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_1} \left(\frac{\widetilde{\lambda}_{F1}^{\mathfrak{d}_1}}{\mathfrak{d}_1!} \times \left[\sum_{i_1=j_1+1}^{j_2} \left(\frac{\widetilde{\lambda}_{I1}^{i_1}}{i_1!} \times e^{-(\widetilde{\lambda}_{I1}+\widetilde{\lambda}_{F1})} \right) \right. \right. \\
& \times \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1+1}^{n_2} \left(\frac{\widetilde{\lambda}_{F2}^{\mathfrak{d}_2}}{\mathfrak{d}_2!} \times \left[\sum_{i_2=0}^{n_2-\mathfrak{d}_2} \frac{\widetilde{\lambda}_{I2}^{i_2}}{i_2!} \times e^{-(\widetilde{\lambda}_{I2}+\widetilde{\lambda}_{F2})} \right] \right) \right] \Big) \Big) \Big) \quad (7.19)
\end{aligned}$$

$$\widetilde{P}_{r_\alpha} = [P_{r_L}, P_{r_U}] = \left[\min\{P_r(t, i, \mathfrak{f}) \mid (t, i, \mathfrak{f}) \in \{(t_L, i_L, \mathfrak{f}_U), (t_U, i_U, \mathfrak{f}_L)\}\} \right. \\
\left. , \max\{P_r(t, i, \mathfrak{f}) \mid (t, i, \mathfrak{f}) \in \{(t_L, i_L, \mathfrak{f}_U), (t_U, i_U, \mathfrak{f}_L)\}\} \right] \quad (7.20)$$

7.3.3 Partinin Kabul Durumunun Belirsiz Olması (Kararsızlık) Olasılığı

6 no'lu bölümdeki gibi burada da $\widetilde{P}_i$ üç kısımdan oluşur. $\widetilde{P}_i$ ve $\widetilde{P}_{i_\alpha}$ sırasıyla 7.21 ve 7.22 no'lu denklemler ile elde edilir:

$$\begin{aligned}
\widetilde{P}_i(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{\mathfrak{f}}) &= P\{i_1 > j_2 \text{ ve } \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_1\} \\
&+ P\{\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } i_1 + i_2 > j_2 \mid \mathcal{C}_1 < \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } i_1 \leq j_2\} \\
&+ P\{\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 \leq \mathcal{C}_2 \text{ ve } i_1 + i_2 > j_2 \mid \mathfrak{d}_1 \leq \mathcal{C}_1 \text{ ve } j_1 < i_1 \leq j_2\} \\
\widetilde{P}_{i_{Binom}} &= \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_2} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times \widetilde{p}_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{i_1=j_2+1}^{n_1-\mathfrak{d}_1} \binom{n_1-\mathfrak{d}_1}{i_1} \times \widetilde{p}_I^{i_1} \times \widetilde{p}_S^{n_1-i_1-\mathfrak{d}_1} \right] \right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_{\mathfrak{d}_1=\mathcal{C}_1+1}^{\mathcal{C}_2} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times \widetilde{p}_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{i_1=0}^{J_2} \left(\binom{n_1-\mathfrak{d}_1}{i_1} \times \widetilde{p}_I^{i_1} \times \widetilde{p}_S^{n_1-i_1-\mathfrak{d}_1} \right. \right. \right. \\
& \times \left. \left. \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=0}^{\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1} \left(\binom{n_2}{\mathfrak{d}_2} \times \widetilde{p}_F^{\mathfrak{d}_2} \times \left[\sum_{i_2=J_2-i_1+1}^{n_2-\mathfrak{d}_2} \binom{n_2-\mathfrak{d}_2}{i_2} \times \widetilde{p}_I^{i_2} \times \widetilde{p}_S^{n_2-i_2-\mathfrak{d}_2} \right] \right) \right] \right] \right) \\
& + \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_1} \left(\binom{n_1}{\mathfrak{d}_1} \times \widetilde{p}_F^{\mathfrak{d}_1} \times \left[\sum_{i_1=J_1+1}^{J_2} \left(\binom{n_1-\mathfrak{d}_1}{i_1} \times \widetilde{p}_I^{i_1} \times \widetilde{p}_S^{n_1-i_1-\mathfrak{d}_1} \right. \right. \right. \\
& \times \left. \left. \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=0}^{\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1} \left(\binom{n_2}{\mathfrak{d}_2} \times \widetilde{p}_F^{\mathfrak{d}_2} \times \left[\sum_{i_2=J_2-i_1+1}^{n_2-\mathfrak{d}_2} \binom{n_2-\mathfrak{d}_2}{i_2} \times \widetilde{p}_I^{i_2} \times \widetilde{p}_S^{n_2-i_2-\mathfrak{d}_2} \right] \right) \right] \right] \right) \\
& \simeq \tilde{P}_{i_{Poisson}} = \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{F1}^{\mathfrak{d}_1}}{\mathfrak{d}_1!} \times \left[\sum_{i_1=J_2+1}^{n_1-\mathfrak{d}_1} \frac{\tilde{\lambda}_{I1}^{i_1}}{i_1!} \times e^{-(\tilde{\lambda}_{I1}+\tilde{\lambda}_{F1})} \right] \right) \\
& + \sum_{\mathfrak{d}_1=\mathcal{C}_1+1}^{\mathcal{C}_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{F1}^{\mathfrak{d}_1}}{\mathfrak{d}_1!} \times \left[\sum_{i_1=0}^{J_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{I1}^{i_1}}{i_1!} \times e^{-(\tilde{\lambda}_{I1}+\tilde{\lambda}_{F1})} \right. \right. \right. \\
& \times \left. \left. \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=0}^{\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{F2}^{\mathfrak{d}_2}}{\mathfrak{d}_2!} \times \left[\sum_{i_2=J_2-i_1+1}^{n_2-\mathfrak{d}_2} \frac{\tilde{\lambda}_{I2}^{i_2}}{i_2!} \times e^{-(\tilde{\lambda}_{I2}+\tilde{\lambda}_{F2})} \right] \right) \right] \right] \right) \\
& + \sum_{\mathfrak{d}_1=0}^{\mathcal{C}_1} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{F1}^{\mathfrak{d}_1}}{\mathfrak{d}_1!} \times \left[\sum_{i_1=J_1+1}^{J_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{I1}^{i_1}}{i_1!} \times e^{-(\tilde{\lambda}_{I1}+\tilde{\lambda}_{F1})} \right. \right. \right. \\
& \times \left. \left. \left[\sum_{\mathfrak{d}_2=0}^{\mathcal{C}_2-\mathfrak{d}_1} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{F2}^{\mathfrak{d}_2}}{\mathfrak{d}_2!} \times \left[\sum_{i_2=J_2-i_1+1}^{n_2-\mathfrak{d}_2} \frac{\tilde{\lambda}_{I2}^{i_2}}{i_2!} \times e^{-(\tilde{\lambda}_{I2}+\tilde{\lambda}_{F2})} \right] \right) \right] \right] \right) \quad (7.21)
\end{aligned}$$

$$\tilde{P}_{i_\alpha} = [P_{i_L}, P_{i_U}] = \left[\min\{P_i(t, i, \mathfrak{f}) \mid (t, i, \mathfrak{f}) \in \{(t_L, i_L, \mathfrak{f}_U), (t_U, i_U, \mathfrak{f}_L)\}\} \right. \\
\left. , \max\{P_i(t, i, \mathfrak{f}) \mid (t, i, \mathfrak{f}) \in \{(t_L, i_L, \mathfrak{f}_U), (t_U, i_U, \mathfrak{f}_L)\}\} \right] \quad (7.22)$$

7.3.4 Çıkan Ortalama Kalite

Çıkan ortalama kalite, parti kabul olasılığı ve kusurlu parça oranına bağlı hesaplanan bir değerdir. İkili nôtrosifik planlar için de yine aynı şekilde 7.23 no'lu denklem ile hesaplanabilir:

$$\widetilde{AOQ} = \tilde{P}_a(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) \times \tilde{p}_F = \tilde{P}_a(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) \times \tilde{\lambda}_{F_1}/n = \tilde{P}_a(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) \times \tilde{\lambda}_{F_2}/n \quad (7.23)$$

7.3.5 Ortalama Toplam Muayene

6.1.5 no'lu bölümdeki iyimser ve kötümser senaryolar dikkate alındığında P_a^I partinin birinci adımda kabul edilmesi olasılığı ve P_a^{II} partinin ikinci adımda kabul edilmesi olasılığı kullanılarak ATI değerleri 7.24-7.27 no'lu denklemlerdeki gibi hesaplanabilir:

$$\widetilde{ATI}_{iyimser} = n_1 \times \tilde{P}_a^I(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) + (n_1 + n_2) \times \tilde{P}_a^{II}(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) + N \times \tilde{P}_r(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) \quad (7.24)$$

$$\widetilde{ATI}_{iyimser_\alpha} =$$

$$\left[\begin{array}{l} \min \left\{ n_1 \times P_a^I(t, i, f) + (n_1 + n_2) \times P_a^{II}(t, i, f) + N \times P_r(t, i, f) \right\} \\ \quad | (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\} \\ \max \left\{ n_1 \times P_a^I(t, i, f) + (n_1 + n_2) \times P_a^{II}(t, i, f) + N \times P_r(t, i, f) \right\} \\ \quad | (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\} \end{array} \right] \quad (7.25)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{ATI}_{kötümser} &= n_1 \times \tilde{P}_a^I(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) + (n_1 + n_2) \times \tilde{P}_a^{II}(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) \\ &\quad + N \times (\tilde{P}_r(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) + \tilde{P}_i(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f})) \end{aligned} \quad (7.26)$$

$$\widetilde{ATI}_{kötümser_\alpha} = \left[\begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} n_1 \times P_a^I(t, i, f) + (n_1 + n_2) \times P_a^{II}(t, i, f) \\ + N \times (P_r(t, i, f) + P_i(t, i, f)) \end{array} \right\} \\ \quad | (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\} \\ \max \left\{ \begin{array}{l} n_1 \times P_a^I(t, i, f) + (n_1 + n_2) \times P_a^{II}(t, i, f) \\ + N \times (P_r(t, i, f) + P_i(t, i, f)) \end{array} \right\} \\ \quad | (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\} \end{array} \right] \quad (7.27)$$

Burada $\tilde{P}_a^I(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f})$ ve $\tilde{P}_a^{II}(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f})$, 7.28 no'lu denklem ile bulunur:

$$\begin{aligned} \tilde{P}_a^I(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) &= P\{d_1 \leq C_1 \text{ ve } i_1 < J_1\} \\ \tilde{P}_a^{II}(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) &= P\{d_1 + d_2 \leq C_2, i_1 + i_2 \leq J_2 \mid C_1 < d_1 \leq C_2, i_1 \leq J_2\} \\ &\quad + P\{d_1 + d_2 \leq C_2, i_1 + i_2 \leq J_2 \mid d_1 \leq C_1, J_1 < i_1 \leq J_2\} \end{aligned} \quad (7.28)$$

7.3.6 Ortalama Örnek Sayısı

Ortalama örnek sayısı nütrosifik örnekleme planları için de yine standart örnekleme planları gibi hesaplanır. Buradaki temel fark $\tilde{P}^I$ teriminin $\tilde{P}_a^I + \tilde{P}_r^I + \tilde{P}_i^I$ şeklinde hesaplanmasıdır.

$$\widetilde{ASN} = n_1 + n_2 \times (1 - \tilde{P}^I(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f})) \quad (7.29)$$

$$\widetilde{ASN}_\alpha =$$

$$\left[\min \left\{ n_1 + n_2 \times (1 - P^I(t, i, f)) \mid (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\} \right\}, \max \left\{ n_1 + n_2 \times (1 - P^I(t, i, f)) \mid (t, i, f) \in \{(t_L, i_L, f_U), (t_U, i_U, f_L)\} \right\} \right] \quad (7.30)$$

Burada $\tilde{P}^I(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f})$ şu şekilde bulunur:

$$\begin{aligned} \tilde{P}^I(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) &= \tilde{P}_a^I(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) + \tilde{P}_r^I(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) + \tilde{P}_i^I(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) \\ &= P\{d_1 \leq C_1 \text{ ve } i_1 < J_1\} + P\{d_1 > C_2\} + P\{i_1 > J_2 \text{ ve } d_1 \leq C_1\} \quad (7.31) \end{aligned}$$

7.3.7 Çalışma Karakteristiği

İkili aralık nütrosifik kabul örnekleme planları için de çalışma karakteristiği, kusurlu parça oranı ve belirsiz parça oranındaki değişime bağlı olarak kabul olasılığı değişimini gösteren 6.3.7 no'lu bölümdeki gibi bir yüzey olarak elde edilir.

7.4 Örnek Problem Çözümü

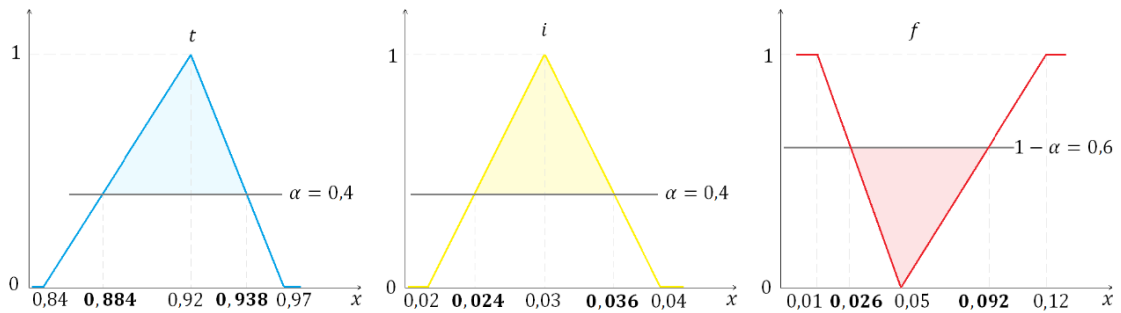
Bu bölümde, önerilen planlar bir örnek üzerinde gösterilmektedir. Büyüklüğü $N = 500$ olan bir partideki parçalara ilişkin üçgen nütrosifik kusur durumu $\tilde{A}(\tilde{t}, \tilde{i}, \tilde{f}) = \langle (0,86; 0,92; 0,95), (0,02; 0,03; 0,04), (0,01; 0,05; 0,12) \rangle$ kümesi ile ifade ediliyor olsun. Bu partilere $n = 30$, $C = 3$, $J = 2$ olan birli ve $n_1 = 30$, $n_2 = 50$, $C_1 = 3$, $J_1 = 2$, $C_2 = 5$, $J_2 = 4$ olan ikili kabul örnekleme planları uygulansın. Bu nütrosifik küme için ve $\alpha=0.4$ kullanılarak elde edilen aralık nütrosifik küme için 7.1-7.31 denklemleri kullanılarak Tablo 7.1'deki sonuçlar elde edilmiştir. Parçaların kusurluluk durumu nütrosifik küme olarak tanımlandığı için muayene sonucuna ilişkin olasılık değerleri de nütrosifik küme

olarak elde edilmiştir. Fakat, AOQ , ATI ve ASN t , i ve f terimlerini hep bir arada bir küme olarak ele almak yerine tekil olarak işleme tabi tuttuğu için geleneksel bulanık küme olarak elde edilmiştir.

Tablo 7.1 Üçgen nôtrosifik küme için örnek problem sonuçları

	Bir Seviyeli Örneklem	İki Seviyeli Örneklem
$\tilde{B} = \langle \tilde{P}_a, \tilde{P}_i, \tilde{P}_r \rangle$	$\langle (0,495; 0,762; 0,880), (0,003; 0,188; 0,493), (0,013; 0,051; 0,117) \rangle$	$\langle (0,499; 0,917; 0,921), (0,000; 0,056; 0,501), (0,001; 0,027; 0,079) \rangle$
$\widetilde{AOQ}$	(0,01; 0,04; 0,06)	(0,01; 0,05; 0,06)
$\widetilde{ATI}_{iyimser}$	(31,56; 118,28; 261,67)	(29,53; 57,40; 265,42)
$\widetilde{ATI}_{kötümser}$	(86,36; 142,06; 267,58)	(69,13; 70,70; 265,90)
$\widetilde{ASN}$	-	(35,54; 35,65; 48,11)

Aynı problem için $\alpha=0,4$ kesimi uygulandığında sonuçlar aralık nôtrosifik küme olarak elde edilebilir. Burada unutulmamalıdır ki $\tilde{t}$ ve $\tilde{i}$ fonksiyonları $\alpha=0,4$ düzeyinden $\tilde{f}$ fonksiyonu $1-\alpha=0,6$ düzeyinden kesilmelidir. Böylece yeni oluşan aralık nôtrosifik küme $\tilde{A}_{\alpha=0,4} = \langle \tilde{t}_{\alpha=0,4}, \tilde{i}_{\alpha=0,4}, \tilde{f}_{1-\alpha=0,6} \rangle = \langle [t_L, t_U], [i_L, i_U], [f_L, f_U] \rangle = \langle [0,884; 0,938], [0,024; 0,036], [0,026; 0,092] \rangle$ şeklinde oluşur. Bu kesim işlemi Şekil 7.1'de gösterilmiştir. $\tilde{P}_{a\alpha=0,4}$, $\tilde{P}_{r\alpha=0,4}$, $\tilde{P}_{i\alpha=0,4}$, $\widetilde{AOQ}_{\alpha=0,4}$, $\widetilde{ATI}_{opt\alpha=0,4}$, $\widetilde{ATI}_{pes\alpha=0,4}$ ve $\widetilde{ASN}_{\alpha=0,4}$ değerleri 7.1-7.31 denklemleri kullanılarak elde edilmiş, sonuçlar Tablo 7.2'de sunulmuştur.



Şekil 7.1 Örnek problem için $\alpha = 0,4$ kesimi

Sonuçlar incelendiğinde $t_L + i_L + f_U = t_U + i_U + f_L = 1$ şartının sağlandığı görülmektedir. Bunun sebebi örnek verilerin normalize edilmiş olarak verilmesidir. Eğer bu eşitlik sağlanmıyorsa verilerin öncelikle normalizasyona

tabi tutulup işlemlerin daha sonra gerçekleştirilmesi gerekir. α – kesimi sonrası daha dar aralıkta verilerin elde edilmiştir. Aralık nütrosifik sonuçları daha basit ve daha kesindir çünkü fonksiyonlar yerine aralıklarla işlem yapmak hesaplama ve kestirim kolaylığı sağlar. Aralık nütrosifik formülasyonun mühendislik problemleri için daha uygun, nütrosifik formülasyonun ise teorik çalışmalar için daha uygun olduğu söylenebilir.

Tablo 7.2 Aralık nütrosifik küme için problem sonuçları

	Bir Seviyeli Örneklem	İki Seviyeli Örneklem
$\tilde{\tilde{B}}$ $= \langle \tilde{P}_a, \tilde{P}_i, \tilde{P}_r \rangle$	$\langle [0,677; 0,869],$ $[0,026; 0,089],$ $[0,042; 0,296] \rangle$	$\langle [0,691; 0,939],$ $[0,005; 0,057],$ $[0,004; 0,305] \rangle$
$\widetilde{AOQ}$	$[0,023; 0,062]$	$[0,024; 0,064]$
$\widetilde{ATI}_{iyimser}$	$[49,897; 169,288]$	$[32,221; 173,640]$
$\widetilde{ATI}_{kötümser}$	$[91,734; 181,614]$	$[60,580; 176,019]$
$\widetilde{ASN}$	-	$[34,741, 43,467]$

SEZGİSEL BULANIK KABUL ÖRNEKLEME PLANI ÖNERİSİ

Bu bölümde, bulanık örnekleme planları SBK için genişletilmiştir. Gerçek hayata daha yakın bir modelleme sunabilmek için kusur durumları dilsel olarak ifade edilmiştir. Önerilen planlar üçgen ve yamuk SBK için kullanılabilir.

Muayenenin insanlar tarafından gerçekleştirildiği durumlarda, muayene sonuçlarının sayısal ifadelere çevrilmesinde zorluklarla karşılaşılabilir. Bu tip durumlarda veri kayıplarının önlenmesi adına dilsel modelleme yaklaşımı kullanmak avantaj sağlamaktadır. Benzer bir fayda sağlamak için kabul örneklemeinde parçaların kusurluluk durumları dilsel bulanık terimler ile ifade edilebilir. Bu durum tanımlama ve değerlendirme de büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bu alt bölümde parçaların kusur durumlarını tanımlamak için Herrera & Martínez [11] tarafından önerilen 2-öğeli yaklaşım kullanılmıştır. Bu amaçla Herrera & Martínez [11] tarafından önerilmiş olan 8.1 no'lu denklemde verilen aşağıdaki üçgen tip-1 bulanık 7 terimli dilsel terim kümesi benimsenmiştir.

$$S = \{s_0: Hiç (N), s_1: Çok Düşük (VL), s_2: Düşük (L), s_3: Orta (M) \\ s_4: Yüksek (H), s_5: Çok Yüksek (VH), s_6: Tamamen (P)\}$$

$$M(X) = \{N = (0; 0; 0,167), VL = (0; 0,167; 0,333), \\ L = (0,167; 0,333; 0,5), M = (0,333; 0,5; 0,667), \\ H = (0,5; 0,667; 0,833), VH = (0,667; 0,833; 1), P = (0,833; 1; 1)\} \quad (8.1)$$

Modellenen örnekleme planlarında SBK kullanıldığı için parçaların kusurluluk durumlarının da SBK olarak tanımlanması gerekir. Bunu sağlamak için aynı terim kümesi hem kusurluluk düzeyini belirlemek hem de kusursuzluk düzeyini belirlemek için iki kez kullanılmış ve bu iki bilgi birleştirilerek sezgisel bulanık kusur durumu elde edilmiştir. Örneğin bir uzman kusurlu parça oranını $\mu_{\tilde{A}}(x) = (L; -0,5)$ ve kusurlu olmayan parça oranını $\vartheta_{\tilde{A}}(x) = (H; 0,3)$ olarak belirlemiş olsun. $\mu_{\tilde{A}}(x) = (L; -0,5) = (0,084; 0,250; 0,417)$ ve $\vartheta_{\tilde{A}}(x) = (H; 0,3) =$

$\pi(x) = 1 \ominus \tilde{p} \ominus \tilde{q}$ kararsızlık/belirsizlik derecesi dikkate alınmalıdır. Bir sezgisel bulanık kabul örneklemede rastsal örneklem seçim olayı kusurluluk, kusursuzluk ve belirsizlik olmak üzere üç durumu kapsamalıdır. Buna bağlı olarak da muayene sonucunda kabul, ret ve belirsizlik şeklinde üç durum ortaya çıkacaktır.

Burada kullanılan işlemler aslen aritmetik işlemlerdir ve normal aritmetik işlemlerin yardımıyla tanımlanmıştır. Çalışmanın devamında bulanık kümelere ilişkin toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemlerinin normal olanlardan kolay ayırt edilmesi ve bir karışıklığa sebebiyet vermemek için $\oplus, \ominus, \otimes$ ve $\oslash$ simgeleri tercih edilmiştir.

Bir örnekleme hem kusurlu hem de kusursuz hem de kusur durumu belirsiz parçalar olabilir. Nasıl ki Kahraman & Kaya [119]'nın formülasyonunda izin verilen bir $\tilde{c}$ bulanık eşik değerini geçmeyecek sayıda kusurlu parça varken parti kabul ediliyorsa, benzer şekilde bir $\tilde{\tau}$ belirsizlik eşik değeri tanımlanabilir ve bu eşik değeri geçmeyecek sayıda kusur durumu belirsiz parça var iken parti kabul edilebilir. Böyle bir $\tilde{\tau}$ eşik değerine ihtiyaç vardır aksi halde muayene sonucunda “belirsizlik” sonucuna erişmek mümkün olmayacaktır. Çünkü $\tilde{\tau}$ olmadığı takdirde kusur durumu belirsiz parçalar, kusursuz parçalar ile aynı muameleye tabi tutulacaktır ve $\tilde{P}_a$ değeri Kahraman & Kaya [119]'nın hesapladığı ile aynı hesaplanacaktır. Bunu matematik olarak gösterelim:

Eğer $\tilde{n}$ büyüklüğündeki bir örnekleme j adet parça kusurlu olarak gözlenmişse, kalan $(\tilde{n} \ominus j)$ parçanın bir kısmı kusursuz, bir kısmı da kusur durumu belirsiz parçalardır. Bu da demektir ki kusursuz ve kusur durumu belirsiz parçaların dağılımı da bir binom olaydır. Partideki kusurlu parça oranı $\tilde{p}$ iken kusursuz parça oranı $\tilde{q}_1$, kusur durumu belirsiz parça oranı da $\tilde{q}_2$ olsun. Bu durumda tip-1 bulanık kümeye ilişkin $\tilde{p} \oplus \tilde{q} = 1$ ifadesi $\tilde{p} \oplus (\tilde{q}_1 \oplus \tilde{q}_2) = 1$ olarak güncellenir. Matematik basitlik adına $\tilde{n}_r = \tilde{n} \ominus j$ şeklinde bir değişken tanımlarsak, $\tilde{\tau}$ olmaksızın elde edilecek $\tilde{P}_a$ 'nın tip-1 bulanık kümeye ilişkin $\tilde{P}_a$ 'ya eşit olacağı şu şekilde gösterilebilir:

$$\tilde{P}_a = \sum_{j=0}^{\tilde{c}} \binom{\tilde{n}}{j} \otimes \tilde{p}^j \otimes \left[\sum_{i=0}^{\tilde{n}_r} \binom{\tilde{n}_r}{i} \otimes \tilde{q}_1^i \otimes \tilde{q}_2^{\tilde{n}_r-i} \right] = \sum_{j=0}^{\tilde{c}} \binom{\tilde{n}}{j} \otimes \tilde{p}^j \otimes [\tilde{q}_1 \oplus \tilde{q}_2]^{\tilde{n}_r}$$

$$\xrightarrow{(\tilde{q}_1 \oplus \tilde{q}_2) = 1 \ominus \tilde{p}} \sum_{j=0}^{\tilde{c}} \binom{\tilde{n}}{j} \otimes \tilde{p}^d \otimes [1 \ominus \tilde{p}]^{\tilde{n}_r} = \sum_{j=0}^{\tilde{c}} \binom{\tilde{n}}{j} \cdot \tilde{p}^d \cdot (1 \ominus \tilde{p})^{\tilde{n} \ominus j}$$

Bu eşitlik göstermektedir ki SBK için kabul örnekleme kurgulamak için $\tilde{\tau}$ plan parametresine ihtiyaç vardır.

Bu yaklaşım sezgisel binom dağılım formüle etmek için genelleştirilebilir. Binom olayda öncelikli olarak belirli kısmın (başarı ve başarısızlık) dikkate alındığı, belirsiz parçaların $\tilde{\tau}$ aşılana kadar göz ardı edildiği varsayılırsa, p başarı olasılığı ve q başarısızlık olasılığı ve $p + q \leq 1$ iken tam olarak y adet başarı ile karşılaşma olasılığı ($P_{IBD}\{y \mid p, n, \tau\}$) 8.2 nolu denklemdeki gibi hesaplanır.

$$P_{IBD}\{y \mid p, n, \tau\} = \binom{n}{y} \times p^y \times \left[\sum_{j=0}^{\tilde{\tau}} \binom{n-y}{j} \times (1-p-q)^j \times q^{n-y-j} \right] \quad (8.2)$$

Eğer n deneme sayısı yeterince büyük ve başarı olasılığı yeterince küçük ise binom dağılım poisson dağılıma yakınsar [120]. Benzer şekilde, sezgisel binom dağılım da sezgisel poisson dağılıma yakınsayacaktır. Başarı λ_p frekansı ve λ_{1-p-q} belirsizlik frekansı değerleri 8.3 no'lu denklemdeki gibi tanımlanabilir:

$$\lambda_p = n \times p, \quad \lambda_{(1-p-q)} = n \times (1 - (p + q)) \quad (8.3)$$

Poisson dağılım için tam olarak y adet başarı ile karşılaşma olasılığı, 8.4 ve 8.5 nolu denklemlerde yer alan dönüşümlerden yararlanılarak 8.6 nolu denklemdeki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned} \lim_{n \rightarrow \infty} \binom{n}{y} \times p^y &= \lim_{n \rightarrow \infty} \binom{n}{y} \times \left(\frac{\lambda_p}{n} \right)^y \\ &= \frac{n}{n} \times \frac{n-1}{n} \times \dots \times \frac{n-y+1}{n} \times \left(\frac{\lambda_p^y}{y!} \right) = \frac{\lambda_p^y}{y!} \end{aligned} \quad (8.4)$$

$$\begin{aligned} &\lim_{n \rightarrow \infty} \binom{n-y}{j} \times (1-p-q)^j \times q^{n-y-j} \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \binom{n-y}{j} \times \left(\frac{\lambda_{(1-p-q)}}{n} \right)^j \times \left(1 - \frac{\lambda_p + \lambda_{(1-p-q)}}{n} \right)^{n-y-j} \\ &= \frac{n}{n} \times \frac{n-1}{n} \times \dots \times \frac{n-y-j+1}{n} \times \left(\frac{(\tilde{n} - \tilde{\lambda}_p - \tilde{\lambda}_q)^j}{j!} \right)^{n-y-j} \end{aligned}$$

$$= \frac{(\lambda_{(1-p-q)})^j}{j!} \times e^{-(\lambda_p + \lambda_{(1-p-q)})} \quad (8.5)$$

$$P_{IPD}\{y \mid p, n, \tau\} = \frac{\lambda_p^y}{y!} \times \left[\sum_{j=0}^{\tau} \frac{(\lambda_{(1-p-q)})^j}{j!} \times e^{-(\lambda_p + \lambda_{(1-p-q)})} \right] \quad (8.6)$$

8.2. Sezgisel Dilsel Bir Seviyeli Kabul Örneklemesi

Bu bölümde, kabul örneklemesi planları $\tilde{p} = \mu(x)$ kusurluluk kümesine üyelik ve $\tilde{q} = \vartheta(x)$ üye-olmama durumları olarak tanımlanmış SBK için genişletilecektir. Burada $\tilde{p} \oplus \tilde{q} \leq 1$ şartı sağlanacağı için belirsizlik derecesi $\pi(x) = 1 \ominus \tilde{p} \ominus \tilde{q}$ olarak hesaplanır.

8.2.1 Partinin Kabul Edilme Olasılığı

$\tilde{P}_a$, $\tilde{\tau}$ bulanık belirsizlik eşiği, $\tilde{C}$ bulanık kusurluluk eşiği ve $\tilde{C} \oplus \tilde{\tau} < \tilde{n}$ şartı sağlanıyor iken denklem 8.7'deki gibi hesaplanır. Burada vurgulanması gereken nokta, plan parametrelerinin gerçek tamsayılar, tip-1 bulanık kümeler veya SBK olabileceğidir. Fakat plan parametrelerinin SBK olması pek gerçekçi bir senaryo olmadığı ve karmaşıklık getirdiği için bu çalışmada plan parametreleri tip-1 bulanık kümeler olacak şekilde formüle edilmiştir.

$$\begin{aligned} \tilde{P}_a &= \tilde{P}\{d \leq \tilde{C} \text{ ve } i \leq \tilde{\tau} \mid \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}, \tilde{C}, \tilde{\tau}\} \\ &\Rightarrow \tilde{P}_{a_{Binomial}} = \sum_{d=0}^{\tilde{C}} \binom{\tilde{n}}{d} \otimes \tilde{p}^d \otimes \left[\sum_{i=0}^{\tilde{\tau}} \binom{\tilde{n} \ominus d}{i} \otimes (1 \ominus \tilde{p} \ominus \tilde{q})^i \otimes \tilde{q}^{(\tilde{n} \ominus i \ominus d)} \right] \\ &\simeq \tilde{P}_{a_{Poisson}} = \sum_{d=0}^{\tilde{C}} \frac{\tilde{\lambda}_p^d}{d!} \otimes \left[\sum_{i=0}^{\tilde{\tau}} \frac{(\tilde{\lambda}_{(1-p-q)})^i}{i!} \otimes e^{-(\tilde{\lambda}_p \oplus \tilde{\lambda}_{(1-p-q)})} \right] \end{aligned} \quad (8.7)$$

Eğer parça kusurluluk durumuna ilişkin bulanık kümeye α -kesimi uygulanırsa, aralık değerli sezgisel küme elde edilir. Benzer şekilde plan parametrelerine α -kesimi uygulanırsa, aralık bulanık kümeler elde edilir. $\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x) = \tilde{p}, \vartheta_{\tilde{A}}(x) = \tilde{q} \mid x \in X)\}$ sezgisel bulanık kümesi, $\tilde{A}_\alpha = \langle \tilde{p}_\alpha, \tilde{q}_\alpha \rangle = \langle [p_L, p_U], [q_L, q_U] \rangle$ aralık değerli sezgisel bulanık kümesine dönüşür. $\tilde{C}$, $\tilde{n}$ ve $\tilde{\tau}$ bulanık kümeleri ise $\tilde{c}_\alpha = [c_L, c_U]$, $\tilde{n}_\alpha = [n_L, n_U]$ ve $\tilde{\tau}_\alpha = [\tau_L, \tau_U]$ aralık bulanık kümelerine dönüşür. Buna bağlı olarak α -kesimi sonrası parti kabul olasılığı $\tilde{P}_{a_\alpha}$ denklem 8.8'deki gibi

elde edilir. Denklemden yer alan P_a ifadesi 8.7 nolu denklemde bulanık sayılar yerine α -kesimi ile elde edilen $(p, q, \mathcal{C}, n, \tau)$ gerçek sayılarının kullanılması gerektiğini ifade eder. Burada $\tilde{q}$, $\tilde{p}$ 'nin tümleyeni olduğu için $1 - \alpha$ ile kesilir.

$$\tilde{P}_{a_\alpha} = [P_{a_L}, P_{a_U}] = \left[\min\{P_a \mid p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{1-\alpha}, n \in \tilde{n}_\alpha, \mathcal{C} \in \tilde{\mathcal{C}}_\alpha, \tau \in \tilde{\tau}_\alpha\}, \right. \\ \left. \max\{P_a \mid p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{1-\alpha}, n \in \tilde{n}_\alpha, \mathcal{C} \in \tilde{\mathcal{C}}_\alpha, \tau \in \tilde{\tau}_\alpha\} \right] \quad (8.8)$$

8.2.2 Partinin Ret Edilme Olasılığı

Sezgisel bulanık kabul örnekleme planlarının üç sonucu olabilir: kabul, ret, belirsizlik. Belirsizlik sonucunun ortaya çıkması yalnızca örneklemden kusur durumu belirsiz parça sayısının $\tilde{\tau}$ 'yu geçmesi, aynı anda kusurlu parça sayısının da $\tilde{\mathcal{C}}$ 'yi geçmemesi durumunda gerçekleşir. Hem $\tilde{\tau}$ 'nin, hem de $\tilde{\mathcal{C}}$ 'nin aşıldığı durumda parti reddedilir çünkü muayenedeki esas odak kusurlu parça oranının ölçülmesidir. Bu bakış açısı ile, bulanık parti ret olasılığı ($\tilde{P}_r$) ve after α -kesimi sonrası parti ret olasılığı ($\tilde{P}_{r_\alpha}$), 8.9 ve 9.10 nolu denklemlerdeki gibi hesaplanır.

$$\tilde{P}_r = \tilde{P}\{d \leq \tilde{\mathcal{C}} \mid \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}, \tilde{\mathcal{C}}, \tilde{\tau}\} \\ = \tilde{P}_{r_{Binomial}} = \sum_{d=\tilde{\mathcal{C}}+1}^{\tilde{n}} \binom{\tilde{n}}{d} \otimes \tilde{p}^d \otimes \left[\sum_{i=0}^{\tilde{n} \ominus d} \binom{\tilde{n} \ominus d}{i} \otimes (1 \ominus \tilde{p} \ominus \tilde{q})^i \otimes \tilde{q}^{(\tilde{n} \ominus i \ominus d)} \right] \\ \simeq \tilde{P}_{r_{Poisson}} = \sum_{d=\tilde{\mathcal{C}}+1}^{\tilde{n}} \frac{\tilde{\lambda}_p^d}{d!} \otimes \left[\sum_{i=0}^{\tilde{n} \ominus d} \frac{(\tilde{\lambda}_{(1-p-q)})^i}{i!} \otimes e^{-(\tilde{\lambda}_p \oplus \tilde{\lambda}_{(1-p-q)})} \right] \quad (8.9)$$

$$\tilde{P}_{r_\alpha} = [P_{r_L}, P_{r_U}] = \left[\min\{P_r \mid p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{(1-\alpha)}, n \in \tilde{n}_\alpha, \mathcal{C} \in \tilde{\mathcal{C}}_\alpha, \tau \in \tilde{\tau}_\alpha\}, \right. \\ \left. \max\{P_r \mid p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{(1-\alpha)}, n \in \tilde{n}_\alpha, \mathcal{C} \in \tilde{\mathcal{C}}_\alpha, \tau \in \tilde{\tau}_\alpha\} \right] \quad (8.10)$$

8.2.3 Çıkan Ortalama Kalite

$\widetilde{AOQ}$ ve $\widetilde{AOQ}_\alpha$ sırasıyla 8.11 ve 8.12 nolu denklemlerdeki gibi hesaplanır.

$$\widetilde{AOQ} = \tilde{P}_a \otimes \tilde{p} = \tilde{P}_a \otimes \tilde{\lambda}_p \odot \tilde{\lambda}_p \quad (8.11)$$

$$\widetilde{AOQ}_\alpha = [AOQ_{l_\alpha}, AOQ_{r_\alpha}] \\ = \left[\min\{AOQ \mid p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{(1-\alpha)}, n \in \tilde{n}_\alpha, \mathcal{C} \in \tilde{\mathcal{C}}_\alpha, \tau \in \tilde{\tau}_\alpha\}, \right. \\ \left. \max\{AOQ \mid p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{(1-\alpha)}, n \in \tilde{n}_\alpha, \mathcal{C} \in \tilde{\mathcal{C}}_\alpha, \tau \in \tilde{\tau}_\alpha\} \right] \quad (8.12)$$

8.2.4 Ortalama Toplam Muayene

Bir kabul örneklemede $\tilde{\tau}$ aşılmış ise partiyi kabul etmek doğru olmayacaktır. Diğer taraftan, partiyi reddetmek de maliyet artışına sebep olabileceği için her zaman doğru olmaz. Burada en makul yaklaşım, örneklemei tekrar etmektir. Bu durumda bir örneklemenin kabaca $(1 - \tilde{P}_a - \tilde{P}_r)$ olasılıkla tekrar edileceği söylenebilir. Fakat, örneklemenin kaç kez tekrar edilmesi gerekeceği kesin olarak bilinemez. Örnekleme, çok küçük bir olasılıkla dahi olsa teorik olarak yığındaki tüm parçalar test edilene kadar devam edebilir. Örneklemei sonlandırmak için bir “tekrar limiti” sayısının belirlenmesi, zaman ve maliyet açısından yararlı olacaktır. Bazı işletmeler hiç tekrara müsaade etmeyebilirken bazıları birden fazla tekrara müsaade edebilir. Tekrara izin verilmeyen durumlardaki ortalama toplam muayene sayısı $(\tilde{ATI}_{(0)})$, 8.13'teki gibi hesaplanır. r adet tekrara izin verilen durumlardaki ortalama toplam muayene sayısı $(\tilde{ATI}_{(r)})$ ise 8.13'teki gibi hesaplanır. α -kesimi sonrası ortalama toplam muayene sayısı $(\tilde{ATI}_\alpha)$ denklem 8.15'teki gibi elde edilir.

$$\tilde{ATI}_{(0)} = \tilde{n} \oplus (1 \ominus \tilde{P}_a) \otimes (\tilde{N} \ominus \tilde{n}) \quad (8.13)$$

$$\tilde{ATI}_{(r)} = \tilde{n} \oplus \tilde{P}_r \otimes (\tilde{N} \ominus \tilde{n}) \oplus (1 \ominus \tilde{P}_a \ominus \tilde{P}_r) \otimes (\tilde{ATI}_{(r-1)}) \quad (8.14)$$

$$\tilde{ATI}_\alpha = \left[\begin{array}{l} \min\{ATI \mid p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{(1-\alpha)}, n \in \tilde{n}_\alpha, \mathcal{C} \in \tilde{\mathcal{C}}_\alpha, \tau \in \tilde{\tau}_\alpha, \tilde{N} \in \tilde{N}_\alpha\}, \\ \max\{ATI \mid p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{(1-\alpha)}, n \in \tilde{n}_\alpha, \mathcal{C} \in \tilde{\mathcal{C}}_\alpha, \tau \in \tilde{\tau}_\alpha, \tilde{N} \in \tilde{N}_\alpha\} \end{array} \right] \quad (8.15)$$

8.3 Sezgisel Dilsel İki Seviyeli Kabul Örneklemesi

Bu bölümde, 8.3'te kullanılan yaklaşımlara uygun olarak iki seviyeli kabul örnekleme planları sezgisel dilsel değişkenler için sunulmuştur.

8.3.1 Partinin Kabul Edilme Olasılığı

Bulanık $(\tilde{n}_1, \tilde{c}_1, \tilde{\tau}_1, \tilde{n}_2, \tilde{c}_2, \tilde{\tau}_2)$ parametrelerine sahip, bulanık ortam altındaki $(\tilde{N}, \tilde{p})$ ikili kabul örnekleme planları için $\tilde{P}_a$ ve $\tilde{P}_{a_\alpha}$ 8.16 ve 8.17 nolu denklemlerdeki gibi hesaplanır:

$$\begin{aligned} \tilde{P}_a &= \tilde{P}\{d_1 \leq \tilde{c}_1, i_1 < \tilde{\tau}_1 \mid \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \tilde{c}_1, \tilde{c}_2, \tilde{\tau}_1, \tilde{\tau}_2\} \\ &\oplus \tilde{P}\{d_1 + d_2 \leq \tilde{c}_2, i_1 + i_2 \leq \tilde{\tau}_2 \mid \tilde{c}_1 < d_1 \leq \tilde{c}_2, i_1 \leq \tilde{\tau}_2 \text{ ve } \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \tilde{c}_1, \tilde{c}_2, \tilde{\tau}_1, \tilde{\tau}_2\} \\ &\oplus \tilde{P}\{d_1 + d_2 \leq \tilde{c}_2, i_1 + i_2 \leq \tilde{\tau}_2 \mid d_1 \leq \tilde{c}_1, \tilde{\tau}_1 < i_1 \leq \tilde{\tau}_2 \text{ ve } \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \tilde{c}_1, \tilde{c}_2, \tilde{\tau}_1, \tilde{\tau}_2\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\tilde{P}_{aBinomial} &= \sum_{d_1=0}^{\tilde{c}_1} \left(\binom{\tilde{n}_1}{d_1} \otimes \tilde{p}^{d_1} \otimes \left[\sum_{i_1=0}^{\tilde{\tau}_1} \binom{\tilde{n}_1 \ominus d_1}{i_1} \otimes (1 \ominus \tilde{p} \ominus \tilde{q})^{i_1} \otimes \tilde{q}^{(\tilde{n}_1 \ominus i_1 \ominus d_1)} \right] \right) \\
&\oplus \sum_{d_1=\tilde{c}_1 \oplus 1}^{\tilde{c}_2} \left(\binom{\tilde{n}_1}{d_1} \otimes \tilde{p}^{d_1} \otimes \left[\sum_{i_1=0}^{\tilde{\tau}_2} \left(\binom{\tilde{n}_1 \ominus d_1}{i_1} \otimes (1 \ominus \tilde{p} \ominus \tilde{q})^{i_1} \otimes \tilde{q}^{(\tilde{n}_1 \ominus i_1 \ominus d_1)} \otimes \right. \right. \\
&\quad \left. \left. \left[\sum_{d_2=0}^{\tilde{c}_2 \ominus d_1} \left(\binom{\tilde{n}_2}{d_2} \otimes \tilde{p}^{d_2} \otimes \left[\sum_{i_2=0}^{\tilde{\tau}_2 \ominus i_1} \binom{\tilde{n}_2 \ominus d_2}{i_2} \otimes (1 \ominus \tilde{p} \ominus \tilde{q})^{i_2} \otimes \tilde{q}^{(\tilde{n}_2 \ominus i_2 \ominus d_2)} \right] \right) \right] \right) \right] \right) \\
&\oplus \sum_{d_1=0}^{\tilde{c}_1} \left(\binom{\tilde{n}_1}{d_1} \otimes \tilde{p}^{d_1} \otimes \left[\sum_{i_1=\tilde{\tau}_1 \oplus 1}^{\tilde{\tau}_2} \left(\binom{\tilde{n}_1 \ominus d_1}{i_1} \otimes (1 \ominus \tilde{p} \ominus \tilde{q})^{i_1} \otimes \tilde{q}^{(\tilde{n}_1 \ominus i_1 \ominus d_1)} \otimes \right. \right. \\
&\quad \left. \left. \left[\sum_{d_2=0}^{\tilde{c}_2 \ominus d_1} \left(\binom{\tilde{n}_2}{d_2} \otimes \tilde{p}^{d_2} \otimes \left[\sum_{i_2=0}^{\tilde{\tau}_2 \ominus i_1} \binom{\tilde{n}_2 \ominus d_2}{i_2} \otimes (1 \ominus \tilde{p} \ominus \tilde{q})^{i_2} \otimes \tilde{q}^{(\tilde{n}_2 \ominus i_2 \ominus d_2)} \right] \right) \right] \right) \right] \right) \\
&\simeq \tilde{P}_{aPoisson} = \sum_{d_1=0}^{\tilde{c}_1} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{p_1}^{d_1}}{d_1!} \otimes \left[\sum_{i_1=0}^{\tilde{\tau}_1} \frac{\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_1}^{i_1}}{i_1!} \otimes e^{-(\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_1} \oplus \tilde{\lambda}_{p_1})} \right] \right) \\
&\oplus \sum_{d_1=\tilde{c}_1 \oplus 1}^{\tilde{c}_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{p_1}^{d_1}}{d_1!} \otimes \left[\sum_{i_1=0}^{\tilde{\tau}_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_1}^{i_1}}{i_1!} \otimes e^{-(\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_1} \oplus \tilde{\lambda}_{p_1})} \otimes \right. \right. \\
&\quad \left. \left. \left[\sum_{d_2=0}^{\tilde{c}_2 \ominus d_1} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{p_2}^{d_2}}{d_2!} \otimes \left[\sum_{i_2=0}^{\tilde{\tau}_2 \ominus i_1} \frac{\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_2}^{i_2}}{i_2!} \otimes e^{-(\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_2} \oplus \tilde{\lambda}_{p_2})} \right] \right) \right] \right) \right] \right) \\
&\oplus \sum_{d_1=0}^{\tilde{c}_1} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{p_1}^{d_1}}{d_1!} \otimes \left[\sum_{i_1=\tilde{\tau}_1 \oplus 1}^{\tilde{\tau}_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_1}^{i_1}}{i_1!} \otimes e^{-(\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_1} \oplus \tilde{\lambda}_{p_1})} \otimes \right. \right. \\
&\quad \left. \left. \left[\sum_{d_2=0}^{\tilde{c}_2 \ominus d_1} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{p_2}^{d_2}}{d_2!} \otimes \left[\sum_{i_2=0}^{\tilde{\tau}_2 \ominus i_1} \frac{\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_2}^{i_2}}{i_2!} \otimes e^{-(\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_2} \oplus \tilde{\lambda}_{p_2})} \right] \right) \right] \right) \right] \right) \quad (8.16)
\end{aligned}$$

$$\tilde{P}_{a\alpha} = \begin{bmatrix} \min \left\{ P_a \mid \begin{array}{l} p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{(1-\alpha)}, n_1 \in \tilde{n}_{1\alpha}, n_2 \in \tilde{n}_{2\alpha} \\ , c_1 \in \tilde{c}_{1\alpha}, c_2 \in \tilde{c}_{2\alpha}, \tau_1 \in \tilde{\tau}_{1\alpha}, \tau_2 \in \tilde{\tau}_{2\alpha} \end{array} \right\}, \\ \max \left\{ P_a \mid \begin{array}{l} p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{(1-\alpha)}, n_1 \in \tilde{n}_{1\alpha}, n_2 \in \tilde{n}_{2\alpha} \\ , c_1 \in \tilde{c}_{1\alpha}, c_2 \in \tilde{c}_{2\alpha}, \tau_1 \in \tilde{\tau}_{1\alpha}, \tau_2 \in \tilde{\tau}_{2\alpha} \end{array} \right\} \end{bmatrix} \quad (8.17)$$

8.3.2 Partinin Ret Edilme Olasılığı

$\tilde{P}_r$ ve $\tilde{P}_{r\alpha}$ değerleri ise 8.18 ve 8.19 nolu denklemlerdeki gibi hesaplanır:

$$\begin{aligned}
\tilde{P}_r &= \tilde{P}\{d_1 > \tilde{c}_2 \mid \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \tilde{c}_1, \tilde{c}_2, \tilde{\tau}_1, \tilde{\tau}_2\} \\
&\oplus \tilde{P}\{d_1 + d_2 > \tilde{c}_2 \mid \tilde{c}_1 < d_1 \leq \tilde{c}_2, i_1 \leq \tilde{\tau}_2 \text{ ve } \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \tilde{c}_1, \tilde{c}_2, \tilde{\tau}_1, \tilde{\tau}_2\} \\
&\oplus \tilde{P}\{d_1 + d_2 > \tilde{c}_2 \mid d_1 \leq \tilde{c}_1, \tilde{\tau}_1 < i_1 \leq \tilde{\tau}_2 \text{ ve } \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \tilde{c}_1, \tilde{c}_2, \tilde{\tau}_1, \tilde{\tau}_2\} \\
\tilde{P}_{rBinomial} &= \sum_{d_1=\tilde{c}_2 \oplus 1}^{\tilde{n}_1} \left(\binom{\tilde{n}_1}{d_1} \otimes \tilde{p}^{d_1} \otimes \left[\sum_{i_1=0}^{\tilde{n}_1 \ominus d_1} \binom{\tilde{n}_1 \ominus d_1}{i_1} \otimes (1 \ominus \tilde{p} \ominus \tilde{q})^{i_1} \otimes \tilde{q}^{(\tilde{n}_1 \ominus i_1 \ominus d_1)} \right] \right) \\
&\oplus \sum_{d_1=\tilde{c}_1 \oplus 1}^{\tilde{c}_2} \left(\binom{\tilde{n}_1}{d_1} \otimes \tilde{p}^{d_1} \otimes \left[\sum_{i_1=0}^{\tilde{\tau}_2} \left(\binom{\tilde{n}_1 \ominus d_1}{i_1} \otimes (1 \ominus \tilde{p} \ominus \tilde{q})^{i_1} \otimes \tilde{q}^{(\tilde{n}_1 \ominus i_1 \ominus d_1)} \otimes \right. \right. \right. \\
&\left. \left. \left[\sum_{d_2=\tilde{c}_2 \ominus d_1 \oplus 1}^{\tilde{n}_2} \left(\binom{\tilde{n}_2}{d_2} \otimes \tilde{p}^{d_2} \otimes \left[\sum_{i_2=0}^{\tilde{n}_2 \ominus d_2} \binom{\tilde{n}_2 \ominus d_2}{i_2} \otimes (1 \ominus \tilde{p} \ominus \tilde{q})^{i_2} \otimes \tilde{q}^{(\tilde{n}_2 \ominus i_2 \ominus d_2)} \right] \right) \right] \right) \right) \\
&\oplus \sum_{d_1=0}^{\tilde{c}_1} \left(\binom{\tilde{n}_1}{d_1} \otimes \tilde{p}^{d_1} \otimes \left[\sum_{i_1=\tilde{\tau}_1 \oplus 1}^{\tilde{\tau}_2} \left(\binom{\tilde{n}_1 \ominus d_1}{i_1} \otimes (1 \ominus \tilde{p} \ominus \tilde{q})^{i_1} \otimes \tilde{q}^{(\tilde{n}_1 \ominus i_1 \ominus d_1)} \otimes \right. \right. \right. \\
&\left. \left. \left[\sum_{d_2=\tilde{c}_2 \ominus d_1 \oplus 1}^{\tilde{n}_2} \left(\binom{\tilde{n}_2}{d_2} \otimes \tilde{p}^{d_2} \otimes \left[\sum_{i_2=0}^{\tilde{n}_2 \ominus d_2} \binom{\tilde{n}_2 \ominus d_2}{i_2} \otimes (1 \ominus \tilde{p} \ominus \tilde{q})^{i_2} \otimes \tilde{q}^{(\tilde{n}_2 \ominus i_2 \ominus d_2)} \right] \right) \right] \right) \right) \\
&\simeq \tilde{P}_{rPoisson} = \sum_{d_1=\tilde{c}_2 \oplus 1}^{\tilde{n}_1} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{p_1}^{d_1}}{d_1!} \otimes \left[\sum_{i_1=0}^{\tilde{n}_1 \ominus d_1} \frac{\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_1}^{i_1}}{i_1!} \otimes e^{-(\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_1} \oplus \tilde{\lambda}_{p_1})} \right] \right) \\
&\oplus \sum_{d_1=\tilde{c}_1 \oplus 1}^{\tilde{c}_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{p_1}^{d_1}}{d_1!} \otimes \left[\sum_{i_1=0}^{\tilde{\tau}_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_1}^{i_1}}{i_1!} \otimes e^{-(\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_1} \oplus \tilde{\lambda}_{p_1})} \otimes \right. \right. \right. \\
&\left. \left. \left[\sum_{d_2=\tilde{c}_2 \ominus d_1 \oplus 1}^{\tilde{n}_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{p_2}^{d_2}}{d_2!} \otimes \left[\sum_{i_2=0}^{\tilde{n}_2 \ominus d_2} \frac{\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_2}^{i_2}}{i_2!} \otimes e^{-(\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_2} \oplus \tilde{\lambda}_{p_2})} \right] \right) \right] \right) \right) \\
&\oplus \sum_{d_1=0}^{\tilde{c}_1} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{p_1}^{d_1}}{d_1!} \otimes \left[\sum_{i_1=\tilde{\tau}_1 \oplus 1}^{\tilde{\tau}_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_1}^{i_1}}{i_1!} \otimes e^{-(\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_1} \oplus \tilde{\lambda}_{p_1})} \otimes \right. \right. \right.
\end{aligned}$$

$$\left[\sum_{d_2=\tilde{c}_2 \ominus d_1 \oplus 1}^{\tilde{n}_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_{p_2}^{d_2}}{d_2!} \otimes \left[\sum_{i_2=0}^{\tilde{n}_2 \ominus d_2} \frac{\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_2}^{i_2}}{i_2!} \otimes e^{-(\tilde{\lambda}_{(1-p-q)_2} \oplus \tilde{\lambda}_{p_2})} \right] \right) \right] \right] \right] \quad (8.18)$$

$$\tilde{P}_{r\alpha} = \begin{bmatrix} \min \left\{ P_r \mid \begin{array}{l} p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{(1-\alpha)}, n_1 \in \tilde{n}_{1\alpha}, n_2 \in \tilde{n}_{2\alpha} \\ , c_1 \in \tilde{c}_{1\alpha}, c_2 \in \tilde{c}_{2\alpha}, \tau_1 \in \tilde{\tau}_{1\alpha}, \tau_2 \in \tilde{\tau}_{2\alpha} \end{array} \right\}, \\ \max \left\{ P_r \mid \begin{array}{l} p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{(1-\alpha)}, n_1 \in \tilde{n}_{1\alpha}, n_2 \in \tilde{n}_{2\alpha} \\ , c_1 \in \tilde{c}_{1\alpha}, c_2 \in \tilde{c}_{2\alpha}, \tau_1 \in \tilde{\tau}_{1\alpha}, \tau_2 \in \tilde{\tau}_{2\alpha} \end{array} \right\} \end{bmatrix} \quad (8.19)$$

8.3.3 Çıkan Ortalama Kalite

$\widetilde{AOQ}$ ve $\widetilde{AOQ}_\alpha$ değerleri 8.20 ve 8.21 nolu denklemlerindeki gibi hesaplanır:

$$\widetilde{AOQ} = \tilde{P}_a \otimes \tilde{p} = \tilde{P}_a \otimes \tilde{\lambda}_{p_1} \oslash \tilde{n}_1 = \tilde{P}_a \otimes \tilde{\lambda}_{p_2} \oslash \tilde{n}_2 \quad (8.20)$$

$$\widetilde{AOQ}_\alpha = \begin{bmatrix} \min \left\{ AOQ \mid \begin{array}{l} p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{(1-\alpha)}, n_1 \in \tilde{n}_{1\alpha}, n_2 \in \tilde{n}_{2\alpha} \\ , c_1 \in \tilde{c}_{1\alpha}, c_2 \in \tilde{c}_{2\alpha}, \tau_1 \in \tilde{\tau}_{1\alpha}, \tau_2 \in \tilde{\tau}_{2\alpha} \end{array} \right\}, \\ \max \left\{ AOQ \mid \begin{array}{l} p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{(1-\alpha)}, n_1 \in \tilde{n}_{1\alpha}, n_2 \in \tilde{n}_{2\alpha} \\ , c_1 \in \tilde{c}_{1\alpha}, c_2 \in \tilde{c}_{2\alpha}, \tau_1 \in \tilde{\tau}_{1\alpha}, \tau_2 \in \tilde{\tau}_{2\alpha} \end{array} \right\} \end{bmatrix} \quad (8.21)$$

8.3.4 Ortalama Toplam Muayene

Tekrarlı ve tekrarlı olmayan örnekleme planları için $\widetilde{ATI}$ sırasıyla denklem 8.22 ve 8.23'teki gibi hesaplanır. $\widetilde{ATI}_\alpha$ ise 8.24'teki gibi bulunur:

$$\begin{aligned} \widetilde{ATI}_{(0)} &= (\tilde{n}_1 \otimes \tilde{P}_a^I) \oplus ((\tilde{n}_1 \oplus \tilde{n}_2) \otimes \tilde{P}_a^{II}) \oplus (\tilde{N} \otimes (1 \ominus \tilde{P}_a)) \\ &= \tilde{n}_1 \otimes \tilde{P} \{d_1 \leq \tilde{c}_1, i_1 < \tilde{\tau}_1 \mid \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \tilde{c}_1, \tilde{c}_2, \tilde{\tau}_1, \tilde{\tau}_2\} \\ &\quad \oplus (\tilde{n}_1 \oplus \tilde{n}_2) \otimes \tilde{P} \left\{ \begin{array}{l} d_1 + d_2 \leq \tilde{c}_2, i_2 \leq \tilde{\tau}_2 \mid \tilde{c}_1 < d_1 \leq \tilde{c}_2, i_1 \leq \tilde{\tau}_1 \\ ve \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \tilde{c}_1, \tilde{c}_2, \tilde{\tau}_1, \tilde{\tau}_2 \end{array} \right\} \\ &\quad \oplus (\tilde{N} \otimes (1 \ominus \tilde{P}_a)) \end{aligned} \quad (8.22)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{ATI}_{(r)} &= (\tilde{n}_1 \otimes \tilde{P}_a^I) \oplus ((\tilde{n}_1 \oplus \tilde{n}_2) \otimes \tilde{P}_a^{II}) \oplus (\tilde{N} \otimes \tilde{P}_r) \\ &\quad \oplus ((1 \ominus \tilde{P}_a \ominus \tilde{P}_r) \otimes (\widetilde{ATI}_{(r-1)})) \\ &= \tilde{n}_1 \otimes \tilde{P} \{d_1 \leq \tilde{c}_1, i_1 < \tilde{\tau}_1 \mid \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \tilde{c}_1, \tilde{c}_2, \tilde{\tau}_1, \tilde{\tau}_2\} \\ &\quad \oplus (\tilde{n}_1 \oplus \tilde{n}_2) \otimes \tilde{P} \left\{ \begin{array}{l} d_1 + d_2 \leq \tilde{c}_2, i_2 \leq \tilde{\tau}_2 \mid \tilde{c}_1 < d_1 \leq \tilde{c}_2, i_1 \leq \tilde{\tau}_1 \\ ve \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \tilde{c}_1, \tilde{c}_2, \tilde{\tau}_1, \tilde{\tau}_2 \end{array} \right\} \\ &\quad \oplus (\tilde{N} \otimes \tilde{P}_r) \oplus ((1 \ominus \tilde{P}_a \ominus \tilde{P}_r) \otimes (\widetilde{ATI}_{(r-1)})) \end{aligned} \quad (8.23)$$

$$\widetilde{ATI}_\alpha = \begin{bmatrix} \min \{ ATI \mid p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_\alpha, n \in \tilde{n}_\alpha, c \in \tilde{c}_\alpha, \tau \in \tilde{\tau}_\alpha \}, \\ \max \{ ATI \mid p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_\alpha, n \in \tilde{n}_\alpha, c \in \tilde{c}_\alpha, \tau \in \tilde{\tau}_\alpha \} \end{bmatrix} \quad (8.24)$$

8.3.5 Ortalama Örnek Sayısı

$\widetilde{ASN}$ ve $\widetilde{ASN}_\alpha$, 8.25 ve 8.26 nolu denklemlerdeki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned}\widetilde{ASN} &= \tilde{n}_1 \oplus (\tilde{n}_2 \otimes (1 \ominus \tilde{P}^I)) \\ &= \tilde{n}_1 \oplus \tilde{n}_2 \otimes \left(1 \ominus \begin{pmatrix} \tilde{P}\{d_1 \leq \tilde{c}_1 | \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \tilde{c}_1, \tilde{c}_2\} \\ + \tilde{P}\{d_1 > \tilde{c}_2 | \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \tilde{c}_1, \tilde{c}_2\} \\ + \tilde{P}\{i_1 > \tilde{\tau}_2, d_1 \leq \tilde{c}_1 | \tilde{p}, \tilde{q}, \tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \tilde{c}_1, \tilde{c}_2\} \end{pmatrix} \right) \end{aligned} \quad (8.25)$$

$$\widetilde{ASN}_\alpha = \begin{bmatrix} \min \left\{ ASN \mid \begin{array}{l} p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{(1-\alpha)}, n_1 \in \tilde{n}_{1\alpha}, n_2 \in \tilde{n}_{2\alpha} \\ , c_1 \in \tilde{c}_{1\alpha}, c_2 \in \tilde{c}_{2\alpha}, \tau_1 \in \tilde{\tau}_{1\alpha}, \tau_2 \in \tilde{\tau}_{2\alpha} \end{array} \right\} \\ \max \left\{ ASN \mid \begin{array}{l} p \in \tilde{p}_\alpha, q \in \tilde{q}_{(1-\alpha)}, n_1 \in \tilde{n}_{1\alpha}, n_2 \in \tilde{n}_{2\alpha} \\ , c_1 \in \tilde{c}_{1\alpha}, c_2 \in \tilde{c}_{2\alpha}, \tau_1 \in \tilde{\tau}_{1\alpha}, \tau_2 \in \tilde{\tau}_{2\alpha} \end{array} \right\} \end{bmatrix} \quad (8.26)$$

8.4 Örnek Problem Çözümü

Bu bölümde, önerilen kabul örnekleme planları 8.1 nolu bölümde detayları verilmiş olan 2 öğeli dilsel terim yaklaşımı ile kullanılarak sayısal bir örnek üzerinde analiz edilmiştir.

Bir firma üç kalite segmentinde dolma kalemler üretmektedir: Standart, lüks ve elit. Bu kalemin plastik gövde parçası için kabul örnekleme uygulanmaktadır. Kalem gövdeleri farklı önem derecelerine sahip farklı tipte kusurlara sahip olabilmektedir. Örneğin, vida bölgesi kusurları en önemli kusurlardır ve bu kusura sahip gövdeler tamamen kusurlu sayılmaktadır. Büyük renk kusurları ve ufak şekil kusurları (mikro çatlaklar vb.) standart kalite kalemler için kabul edilir kusurlar iken lüks kalemler için sadece hafif renk kusurları kabul edilmektedir. Elit segmentteki kalemler için kusurların hiçbiri kabul edilebilir değildir. Uzmanlar popülasyondaki parçaların kusurluluk ve kusursuzluk oranları için sırasıyla şu değerlendirmeleri yapmıştır: $\tilde{p} = (L, -0.4)$ ve $\tilde{q} = (H, 0.2)$. Ayrıca, kusurlu parçalardaki kusur tiplerinin oranlarını da Tablo 8.1'deki gibi ölçmüşlerdir.

Firma, yaklaşık 500 parça ($\tilde{N} = (470, 500, 530)$) içeren partilere ilişkin birli ve ikili kabul örnekleme planlarının sonuçlarını karşılaştırmak istemektedir. Üçgen bulanık plan parametreleri bir seviyeli plan için $\tilde{n} = (25, 30, 35)$, $\tilde{c} = (2, 3, 4)$ ve $\tilde{\tau} = (1, 2, 3)$, iki seviyeli plan için $\tilde{n}_1 = (25, 30, 35)$, $\tilde{n}_2 = (45, 50, 55)$, $\tilde{c}_1 = (2, 3, 4)$, $\tilde{c}_2 = (4, 5, 6)$, $\tilde{\tau}_1 = (1, 2, 3)$ ve $\tilde{\tau}_2 = (3, 4, 5)$ olarak belirlenmiştir.

Tablo 8.1 Kusur tiplerinin görece orantısı

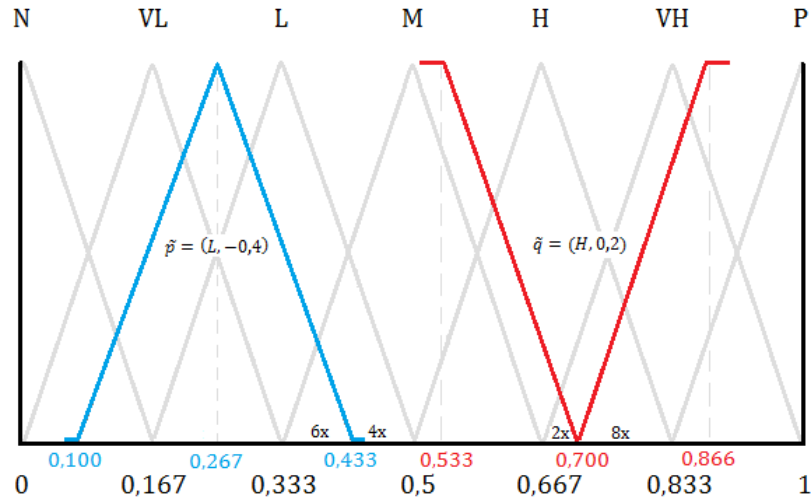
Kusurluluk Sınıfı	Parçadaki En Önemli Kusur	Kusurlu Parçalar İçindeki Oranı
Önemsiz Kusurlu	Ufak Renk Kusuru	%35
Hafif Kusurlu	Büyük Renk Kusuru	%20
Kısmen Kusurlu	Ufak Şekil Kusuru	%25
Ağır Kusurlu	Büyük Şekil Kusuru	%10
Tamamen Kusurlu	Vida Bölgesi Kusuru	%10

Parçaların kusurluluk bilgisi, Şekil 8.2’de görüldüğü üzere 2 ögeli dilsel terimlerin sayılara dönüştürülmesi sonucu şöyle bir üçgen SBK olarak elde edilir:

$\tilde{A} = \{\tilde{p} = (0,1002; 0,2666; 0,4332), \tilde{q} = (0,5334; 0,7002; 0,8664) | x \in X\}$. Bu

durumda belirsizlik derecesi $\pi_{\tilde{A}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x) - \vartheta_{\tilde{A}}(x) = 0,033$ olarak bulunur.

Buna bağlı olarak örnekleme planı sonuçları da yine şu şekilde bir üçgen SBK olarak elde edilecektir: $\tilde{B} = \{\tilde{P}_r, \tilde{P}_a | x \in X\}$.



Şekil 8.2 Örnek problem için dilsel kusur bilgileri

SBK için çözümleri bulmak için 8.7-8.26 arasındaki denklemler dikkate alınır. Burada dikkat edilmesi gereken husus $\tilde{p}$ ve $\tilde{q}$ 'nin birbirlerinin tamlayanı olmasıdır. Bu sebeple $\tilde{p}$ 'nin en küçük değerine karşılık $\tilde{q}$ 'nin en büyük değeri dikkate alınmalıdır. Benzer bir şekilde, $\tilde{c}$ ve $\tilde{t}$ 'nin artışı $\tilde{P}_a$ 'yı artırır fakat $\tilde{n}$ 'nin artışı $\tilde{P}_a$ 'yı azaltır. Hesaplamalar sırasında uç değerler elde edilirken bu ilişkiler dikkate alınmış ve Tablo 8.2'deki sonuçlar elde edilmiştir. Poisson ve Binom sonuçları birbirine yakınsadığı için tabloda bu ikisi için ayrı sütunlar

oluşturulmamıştır. Ayrıca belirsizlik durumunun görmezden gelindiği, belirsiz parçaların kusursuz sayıldığı senaryo için [119] tarafından önerilen tip-1 bulanık küme formülasyonu kullanılarak da sonuçlar elde edilmiş ve bu sonuçlar tabloda sunulmuştur.

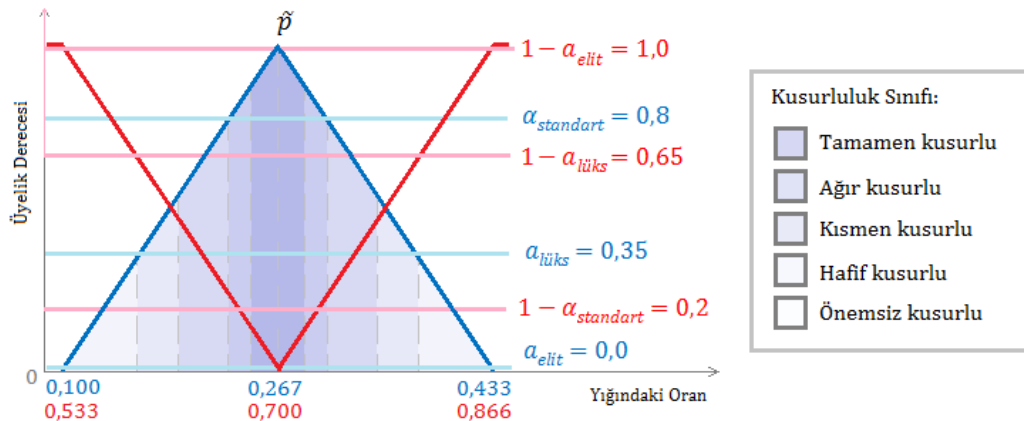
Tablo 8.2 Sayısal örnek sonuçları

	Bir Seviyeli Örneklemeye	
	Tip-1 Bulanık Plan	Sezgisel Bulanık Plan
$\tilde{P}_a/\{\tilde{P}_r, \tilde{P}_a\}$	(0; 0,024; 0,901)	{(0,099; 0,976; 1), (0; 0,021; 0,893)}
$\widetilde{AOQ}$	(0; 0,006; 0,09)	(0; 0,006; 0,089)
$\widetilde{ATI}/\widetilde{ATI}_{(0)}$	(68,895; 488,66; 530)	(72,658; 490,072; 530)
$\widetilde{ATI}_{(1)}$	-	(68,895; 488,66; 530)
$\widetilde{ASN}$	-	-
	İkil Seviyeli Örneklemeye	
	Tip-1 Bulanık Plan	Sezgisel Bulanık Plan
$\tilde{P}_a/\{\tilde{P}_r, \tilde{P}_a\}$	(0; 0,024; 0,905)	{(0,099; 0,978; 1), (0; 0,021; 0,899)}
$\widetilde{AOQ}$	(0; 0,006; 0,091)	(0; 0,006; 0,09)
$\widetilde{ATI}/\widetilde{ATI}_{(0)}$	(0,724; 0,724; 552,391)	(70,413; 490,072; 530)
$\widetilde{ATI}_{(1)}$	-	(70,462; 489,669; 530)
$\widetilde{ASN}$	(25,165; 36,31; 58,346)	(25,161; 36,42; 63,045)

Tablo 8.2'deki sonuçlarda görüldüğü üzere tip-1 bulanık küme formülasyonu sonuçları ile SBK formülasyonu sonuçları birbirine yakın elde edilmiştir. Küçük $\pi_{\tilde{A}}(x)$ değerleri ve görece büyük $\tilde{\tau}$ değerleri için bu iki değer birbirine yakınsaması normaldir. $\tilde{P}_a$, SBK formülasyonunda, tip-1 bulanık küme formülasyonuna kıyasla daha küçük değer ve daha dar bir aralık olarak elde edilmiştir. Bunun sebebi tip-1 bulanık küme formülasyonunda kusur durumu belirsiz parçaların kusursuz sayılmasıdır. Genel olarak $\tilde{P}_a$ 'ların geniş bir aralıkta dağıldığı görülmektedir. Bu, plan parametrelerinin bulanık olmasından

kaynaklıdır. Eğer $\tilde{n}, \tilde{c}$ ve $\tilde{\tau}$ değerleri bulanık olmayan değişkenlerle değiştirilirse $\tilde{P}_a$ daha dar/dik bir bulanık küme olarak elde edilir.

Bulanık küme sonuçlarını değerlendirmek ve görsel olarak temsil etmek zordur. Bu zorluklarından dolayı, genellikle gerçek hayat mühendislik problemlerinde kullanışlı değildir. Bulanık kümeler yerine aralık değerli sayılar ile çalışmak işlem ve kestirim kolaylığı sağlar. Bu sebeple aralık SBK formülasyonu, mühendislik problemleri için daha kullanışlıdır. Bu formülasyonu kullanmak için dilsel α -kesimi yaklaşımı kullanılarak durulaştırma yapılmıştır. Dilsel α -kesimi Tablo 8.1'deki bilgiler yardımıyla uygulanmış ve her ürün segmenti için Şekil 8.3'teki gibi farklı α değerleri tespit edilmiştir. Burada vurgulanması gerekir ki üye olmama durumu, üye olma durumunun tümleyenidir, bu sebeple $\tilde{q}$ fonksiyonu $1 - \alpha$ düzeyinden kesilmelidir. Belirlenen α düzeylerinden kesim sonrası oluşan aralık değerli sayılar ve aralık SBK formülasyonu kullanılarak Tablo 8.3'teki sonuçlara ulaşılmıştır.



Şekil 8.3 Farklı ürün segmentleri için kusurluluk α -kesimi düzeyleri

Dilsel α -kesimi yaklaşımında α değerleri kolayca belirlenmiş ve rakamsal değerlere kolayca çevrilmiştir. Ayrıca bu yaklaşım, operatörün kolayca anlayıp yönetebileceği şekilde farklı ürün segmentlerine ait birden fazla α değeri ile çalışmayı olanaklı hale getirmektedir. Tablo 8.2 ve Tablo 8.3 karşılaştırıldığında görülmektedir ki α -kesimi ve aralık SBK formülasyonu kullanıldığında daha daraltılmış ve daha basit sonuçlar elde edilmiştir. Eğer kalite beklentisi düşük ise, daha büyük α değerleri ile çalışılabilmiş ve buna bağlı olarak da daha kesin sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 8.3 Farklı ürün segmentleri için α -kesim ile elde edilen sonuçlar

		Birli Örneklemeye		İkili Örneklemeye	
		Tip-1 Bulanık	Sezgisel Bulanık	Tip-1 Bulanık	Sezgisel Bulanık
Standart	$\tilde{P}_a/\{\tilde{P}_r, \tilde{P}_a\}$	[0,007; 0,067]	{[0,933; 0,993], [0,006; 0,06]}	[0,007; 0,067]	{[0,939; 0,993], [0,006; 0,06]}
	$\widetilde{AOQ}$	[0,002; 0,016]	[0,002; 0,014]	[0,002; 0,016]	[0,002; 0,014]
	$\widetilde{ATI}/\widetilde{ATI}_{(0)}$	[462,687; 502,622]	[465,957; 503,124]	[209,369; 499,848]	[465,955; 503,124]
	$\widetilde{ATI}_{(1)}$	-	[464,736; 503,151]	-	[465,71; 503,121]
	$\widetilde{ASN}$	-	-	[32,958; 40,598]	[33,008; 40,83]
Lüks	$\tilde{P}_a/\{\tilde{P}_r, \tilde{P}_a\}$	[0; 0,57]	{[0,43; 1], [0; 0,562]}	[0; 0,571]	{[0,437; 1], [0; 0,563]}
	$\widetilde{AOQ}$	[0; 0,09]	[0; 0,089]	[0; 0,09]	[0; 0,089]
	$\widetilde{ATI}/\widetilde{ATI}_{(0)}$	[222,228; 519,981]	[225,97; 519,991]	[220,282; 532,803]	[225,636; 519,991]
	$\widetilde{ATI}_{(1)}$	-	[226,375; 519,991]	-	[225,639; 519,991]
	$\widetilde{ASN}$	-	-	[27,422; 51,846]	[27,415; 57,623]
Elit	$\tilde{P}_a/\{\tilde{P}_r, \tilde{P}_a\}$	[0; 0,902]	{[0,098; 1], [0; 0,893]}	[0; 0,906]	{[0,099; 1], [0; 0,899]}
	$\widetilde{AOQ}$	[0; 0,09]	[0; 0,089]	[0; 0,091]	[0; 0,09]
	$\widetilde{ATI}/\widetilde{ATI}_{(0)}$	[68,607; 530]	[72,609; 530]	[77,216; 552,402]	[70,324; 530]
	$\widetilde{ATI}_{(1)}$	-	[72,169; 530]	-	[70,125; 530]
	$\widetilde{ASN}$	-	-	[25,166; 58,347]	[25,162; 63,136]

TEREDDÜTLÜ BULANIK DİSEL KABUL ÖRNEKLEME PLANI ÖNERİSİ

Gerçek hayatta karşılaşılan yedek tedarikçiden kısa süreli parça tedarik etme gibi durumlarda yığına ilişkin kalite karakteristikleriyle ilgili yeterli geçmiş verisi elde edilmeyebilmektedir. Bu tip durumlarda yığının kusurluluğuna ilişkin kesin sonuca varacak seviyede ölçüm yapma imkânı oluşmayacağı için yığının kusurluluğuna dair değerlendirmede kararsızlık yaşanabilmektedir. Tereddütlü bulanık dilsel yaklaşım bu tip durumlarda değerlendirme yapabilmek için elverişli bir yöntem olabilir. Bu bölümde, daha esnek hesaplamalar yapmak ve daha hassas duyarlılık analizi yapabilmek için tereddütlü bulanık dilsel terimler yaklaşımı kabul örneklemesi planları ile entegre edilmiştir. Tereddütlü bulanık dilsel terim yaklaşımı ÇKKV problemlerinin ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilmiştir. Bu sebeple, hassas bulanık modelleme ile devam etmesi gereken problemlerde kullanmak için elverişli değildir. Bu çalışmada, kabul örneklemesi planları için kullanılabilmesi amacıyla revize edilmiştir. Bu önerilen yeni yaklaşım, hassas hesaplama gerektiren tüm problem tipleri için kullanılabilecek genel bir yaklaşımdır.

9.1. Tereddütlü Bulanık Dilsel Terimler

Uzmanlar için sıralı yapıda dilsel terimler kullanmak daha konforludur fakat bu yapı insanın düşünce yapısını çok iyi yansıtmaz. Bu sebeple tereddütlü bulanık dilsel terim yaklaşımı bağlam bağımsız dilsel değişkenler ile desteklenir. Böylece bir uzman aynı anda birden fazla değerlendirme yapabilecek, değerlendirmeye ilişkin kararsızlığını özgürce modellemeye yansıtabiliçektir. Yöntem basit bağlam bağımsız dil kuralları kullanır. Fakat bu kurallar probleme spesifik olarak tanımlanır [121] [122]. Rodríguez vd. [122] tarafından geliştirilen yöntem yine Rodríguez vd. [121] ile aynı terim kümesi ve dil kuralları kullanır. Aralarındaki fark, değerlendirmelerin birleştirilmesi ve alternatifleri sıralamak için kullanılan sayısal verilerin elde edilişi ile ilgilidir. Kötümser ve iyimser tercih sıralamaları 2-öğeli formda elde edilir ve nihai tercih sıralaması bu değerler birleştirilerek elde

edilir. Birleştirme işleminin 2-öğeli yapıda olması, hesaplamalardaki veri kaybını azaltmayı hedeflemektedir. Tereddütlü bulanık dilsel terim yaklaşımı temel olarak beş adımdan oluşmaktadır [121]:

1. *Tanımlama*: (a) Sıralı yapıdaki dilsel terim kümesinin tanımlanması (b) bağlam bağımsız dil kurallarının tanımlanması
2. *Veri Toplama*: Uzman değerlendirmelerinin bağlam bağımsız dilsel ifadeler olarak toplanması
3. *Dönüştürme*: Bağlam bağımsız dilsel ifadelerin tereddütlü bulanık dilsel ifadelere dönüştürülmesi
4. *Birleştirme*: Bulanık değerlendirmelerin veri zarflama yöntemi kullanılarak birleştirilmesi ve dilsel aralıkların elde edilmesi
5. *İşleme*: Dilsel aralık değerleri kullanılarak alternatiflerin tercih sıralamalarının oluşturulması ve en iyi alternatifin seçilmesi

Tanımlama adımı, dilsel kümelerin ve dil kurallarının tanımlanması gerekmektedir. Dilsel değerlendirmeler $S = \{s_i\} = \{s_0, \dots, s_g\}$ şeklinde bir sıralı yapıda dilsel terim kümesi kullanılarak yapılır. Tereddütlü bulanık dilsel ifade $H_S(x)$, $x \in X$ dilsel değişkeni için S kümesindeki ardışık terimlerden oluşan sıralı sonlu bir alt kümedir [121]. Uzmanın tek bir değerlendirme yaparak bu şekilde birden fazla dilsel terimden oluşan bir alt küme elde edebilmesi bağlam bağımsız dilsel ifadeler sayesinde mümkündür. Bağlam bağımsız ifadelere ilişkin kurallar problem bağımlıdır. ÇKKV problemlerine elverişli dil kuralları oluşturabilmek için $U = \{u_j\}$ tekli ilişki kümesi, $B = \{b_k\}$ ikili ilişki kümesi, $C = \{c_l\}$ birleşim kümesi ve $D = \{d_m\}$ ayrışım kümesi tanımlanabilir. Bir t bileşik terimi ve buna bağlı bağlam bağımsız dilsel ifade II şu şekilde tanımlanır:

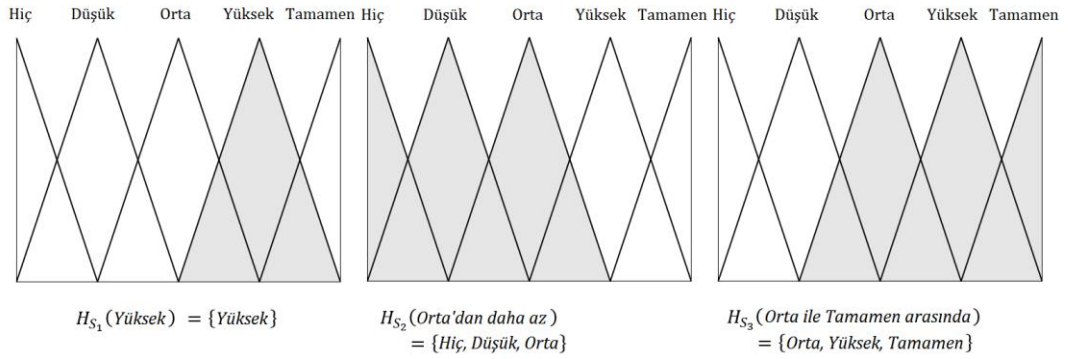
$$t \stackrel{\text{def}}{=} (\langle u_j \rangle, \langle s_i \rangle) \text{ or } (\langle s_i \rangle, \langle d_m \rangle, \langle s_j \rangle) \text{ or } (\langle b_k \rangle, \langle s_i \rangle, \langle c_l \rangle, \langle s_j \rangle) \\ , \quad u_j \in U, s_i, s_j \in S, b_k \in B, c_l \in C, d_m \in D \quad (9.1)$$

$$II \stackrel{\text{def}}{=} \langle s_i \rangle \text{ or } \langle t \rangle, \quad s_i \in S \quad (9.2)$$

Bağlam bağımsız dilsel ifadeler bir E_{G_H} kural kümesi kullanılarak tereddütlü bulanık ifadelere dönüştürülür. Aşağıda örnek bir kural listesi verilmiştir [121]:

- $E_{G_H}(s_i) = \{s_i \mid s_i \in S\}$
- $E_{G_H}(\langle u_j \rangle = -den\ daha\ az, \langle s_i \rangle) = \{s_k \mid s_k \in S\ ve\ s_k \leq s_i\}$
- $E_{G_H}(\langle u_j \rangle = -den\ daha\ fazla, \langle s_i \rangle) = \{s_k \mid s_k \in S\ ve\ s_k \geq s_i\}$
- $E_{G_H}(\langle s_i \rangle, \langle c_l \rangle = ile, \langle s_j \rangle, \langle b_k \rangle = arasında) = \{s_m \mid s_m \in S\ ve\ s_i \leq s_m \leq s_j\}$

Örneğin $S = \{Hiç, Düşük, Orta, Yüksek, Tamamen\}$ dilsel terim kümesi, $U = \{u_j\} = \{-den\ daha\ az, -den\ daha\ fazla\}$ tekli ilişki kümesi, $B = \{b_k\} = \{arasında\}$ ikili ilişki kümesi ve $C = \{c_l\} = \{ve\}$ birleşim kümesi için örnek bağlam bağımsız dilsel değerlendirmeler ve eşdeğer tereddütlü bulanık ifadeler Şekil 9.1’de verilmiştir.



Şekil 9.1 Örnek bağlam bağımsız dilsel değerlendirmeler ve eşdeğer tereddütlü bulanık ifadeler

Elde edilen dilsel tereddütlü bulanık ifadeler veri zarflama yöntemi kullanılarak dilsel aralık değerlerine çevrilir. dilsel aralık $env(H_S(x))$ 9.3 no’lu denklemdeki gibi elde edilir [121]:

$$env(H_S(x)) = [H_{S-}(x), H_{S+}(x)] \quad (9.3)$$

Burada $H_{S-}(x) = \min(s_i(x)) = s_j(x)$ değerlendirmelerin alt sınırı, $H_{S+}(x) = \max(s_i(x)) = s_j(x)$ ise değerlendirmelerin üst sınırıdır. $s_i(x) \in H_S(x)$ ve $s_i(x) \geq s_j(x)$ tüm i değerleri için sağlanır. Örneğin $S = \{s_i\} = \{Hiç, Çok\ düşük, Düşük, Orta, Yüksek, Çok\ yüksek, Tamamen\}$ dilsel kümesi ve $H_S(x) = \{orta, yüksek, tamamen\}$ dilsel tereddütlü ifadesi için dilsel aralık $env(H_S(x)) = [H_{S-}(x), H_{S+}(x)] = [medium, perfect]$ olarak elde edilir [121].

9.2. Tereddütlü Bulanık Dilsel Terimler Üzerine Yeni Bir Yaklaşım

Tereddütlü bulanık dilsel terim yaklaşımı Rodríguez vd. [121] tarafından ÇKKV problemlerini çözmek için ortaya atılmıştır. Rodríguez vd. [122] ise yöntemi geliştirerek grup karar verme problemleri için kullanılabilir hale getirmiştir. ÇKKV problemlerinde ana odak alternatifleri sıralayıp en iyi olanı seçmek olduğundan dolayı değerlendirmelerin hassaslığı çok önemli olmamaktadır. Bu sebeple kullanılan bulanık kümenin şekli herhangi bir öneme sahip olmamakta ve elde edilen numerik değerlerin kullanılan dilsel terim kümesinin büyüklüğüne bağımlı olması sorun teşkil etmemektedir. Fakat kabul örneklemesi planlarında karar verebilmek için hassas hesaplama gerektiği için bu bağımlılığı azaltacak bir yaklaşıma ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada, mevcut tereddütlü bulanık dilsel terim yaklaşımı 2-öğeli dilsel yaklaşım ve dilsel bulanık değiştiriciler ile birleştirilerek bu bağımlılık azaltılmaya çalışılmış, böylece daha hassas değerlendirme ve hesaplama yapılabilmesi sağlanmıştır. Küme genişliğini daraltmak için yoğunlaştırıcı kuz'min bulanık değiştiricisi tercih edilmiş ve böylece görece küçük bir terim kümesi ile terimlerin anlamlılığı yitirilmeden daha hassas hesaplama yapılması sağlanmıştır. Engin vd. [123] tarafından yapılan çalışma dikkate alınarak, örnek hesaplamalar z şeklindeki bulanık kümeler için gerçekleştirilmiştir. Fakat önerilen yöntem farklı şekillerdeki bulanık kümeler için de kullanılabilir.

Geliştirilen yöntem, alternatif karşılaştırma ihtiyacı olmayan, tutarlı ve hassas hesaplama ihtiyacı olan tüm karar verme problemlerinin modellenmesi için kullanılabilir. Bunu sağlamak ancak tereddütlü dilsel değerlendirmelerin basit nümerik değerler yerine üyelik fonksiyonlarına çevrilmesi ile mümkündür. Bu sebeple farklı bir veri zarflama yaklaşımı kullanılmalıdır. Dilsel $[H_S^-(x), H_S^+(x)]$ aralığı doğrudan kullanılmak yerine bir SBKye dönüştürülebilir. Elde edilen bulanık küme $\tilde{A}_{env(H_S(x))} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x), \vartheta_{\tilde{A}}(x) | x \in X\}$, 9.4 ve 9.5 no'lu denklemlerdeki üyelik ve üye olmama fonksiyonlarına sahip olur:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = H_S^-(x) \quad (9.4)$$

$$\vartheta_{\tilde{A}}(x) = 1 - H_S^+(x) \quad (9.5)$$

Bu şekilde elde edilen bulanık kümelerin üyelik fonksiyon genişliği kullanılan terim kümesinin büyüklüğüne bağlıdır. Bu durum hassas hesaplama yapılmasına engel teşkil etmektedir. Bu amaçla yukarıda değinildiği üzere bulanık değiştirici kullanılması önerilmiştir. Değerlendirme hassaslığını arttırmak adına bulanık değiştiriciye ilişkin dilsel değerlendirme de 2-öğeli yapıda olabilir. 2-öğeli olma durumunda küme daraltma işlemi ikinci terim de dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir. $M = \{m_i\} = \{m_0, \dots, m_h\}$ yoğunlaştırıcı kuz'min bulanık değiştiricisine ilişkin dilsel küme, $I2T_M = (m_i, \alpha)$ değiştiriciye ilişkin 2-öğeli ifade, Δ^{-1} 2-öğeli ifadeyi $\beta_j = j + \alpha_j$ sayısal karşılığına dönüştüren fonksiyon ve $\tilde{A}_{env(H_S(x))}$ tereddütlü bulanık değerlendirmeler kullanılarak elde edilmiş bir SBK olmak üzere güncellenmiş bulanık küme $\tilde{A}'$, $\tilde{A}_{env(H_S(x))}$ kümesinin destek noktaları $r_i = 1 - \frac{\Delta^{-1}(m_i, \alpha)}{h} = 1 - (i + \alpha)/h$ oranında çekirdek noktasına doğru yaklaştırılarak elde edilir [14]. Örneğin z şeklindeki $\mu_{\tilde{A}} = (kernel, support) = (a, b)$ üyelik fonksiyonuna sahip bir bulanık $\tilde{A}$ kümesi için güncellenmiş bulanık küme $\tilde{A}'$ 'nin üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}'} = (kernel, support) = (a, (a + r_i(b - a)))$ olarak elde edilir.

Birden fazla uzman tarafından değerlendirmeler yapılması söz konusudur. Bu durumda bulanık değiştiriciye ilişkin değerlendirme sayısı da birden fazla olacaktır. Bu değerlendirmelerin birleştirilmesi gerekmektedir. Δ fonksiyonu Δ^{-1} 'in tersi olacak şekilde, $x_i = \{x_1, \dots, x_n\}$ değerlendirme 2-öğeli olup olmamasına bağlı olarak 9.6 ve 9.7 no'lu denklemlerdeki yöntemlerle birleştirilebilir:

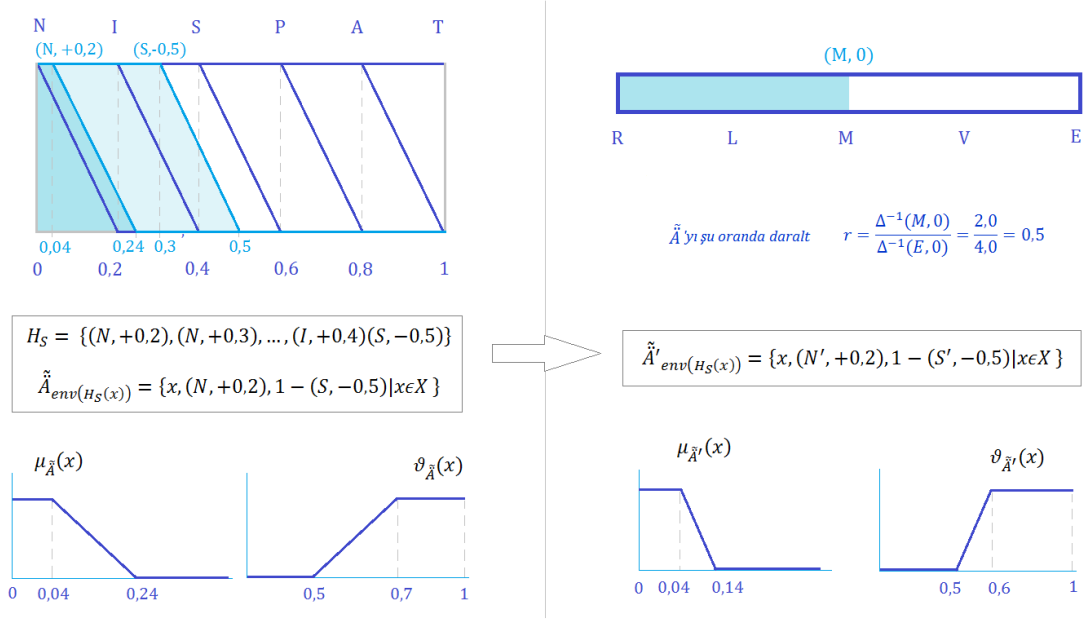
$$\bar{x} = \begin{cases} x_{(\frac{n+1}{2})} & n \text{ tek sayı ise} \\ \frac{1}{2} \left(x_{(\frac{n}{2})} + x_{(\frac{n}{2}+1)} \right) & n \text{ çift sayı ise} \end{cases} \quad (9.6)$$

$$\bar{x} = \Delta \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n} \Delta^{-1}(r_i, \alpha_i) \right) \right) = \Delta \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i \right) \quad (9.7)$$

Bu eklemeler sonrası oluşan yeni tereddütlü bulanık dilsel yaklaşım adımları şu şekildedir:

1. *Tanımlama*: (a) Sıralı yapıdaki dilsel terim kümesinin tanımlanması, (b) bağlam bağımsız dil kurallarının tanımlanması, (c) bulanık değiştirici için dilsel terim kümesinin tanımlanması
2. *Veri Toplama*: (a) karar değişkeni için 2-öğeli bağlam bağımsız dilsel ifadeler olarak (b) yoğunlaştırma değiştiricisi için 2-öğeli dilsel ifade olarak uzman değerlendirmelerinin toplanması
3. *Dönüştürme*: Bağlam bağımsız dilsel ifadelerin tereddütlü bulanık dilsel ifadelere dönüştürülmesi
4. *Birleştirme*: (a) Bulanık değerlendirmelerin veri zarflama yöntemi kullanılarak birleştirilmesi ve SBK oluşturulması, (b) bulanık değiştiriciye ilişkin değerlendirmelerin birleştirilmesi, (c) ÇKKV problemleri için dilsel aralıkların elde edilerek kötümser ve iyimser tercih ilişkilerinin belirlenmesi, diğer problemler için sezgisel bulanık kümenin daraltılması
5. *İşleme*: Dilsel aralık değerleri kullanılarak alternatiflerin tercih sıralamalarının oluşturulması ve en iyi alternatifin seçilmesi

Örnek: $S = \{\text{Kusursuz (N)}, \text{Neredeyse Kusursuz (I)}, \text{Hafif Kusurlu (S)}, \text{Kısmen Kusurlu (P)}, \text{Neredeyse Tamamen Kusurlu (A)}, \text{Tamamen Kusurlu (T)}\}$ birincil dilsel terim kümesi, $M = \{\text{Kabaca (R)}, \text{Az veya Çok (L)}, \text{Orta (M)}, \text{Çok (V)}, \text{Aşırı (E)}\}$ “yarı kusurlu parçaların tamamen kusurlulara görece oranı” etiketine sahip, yoğunlaştırıcı bulanık değiştiriciye ilişkin dilsel küme olsun. Z şeklindeki kusurluluk bilgisi için yapılmış $H_{S,M} = \langle ((N; +0,2) \text{ ile } (S; -0,5) \text{ arasında}), (M; 0) \rangle$ değerlendirmesi sonucu elde edilen SBK Şekil 9.2’deki gibidir.



Şekil 9.2 Örnek bir değerlendirmeye eşdeğer sezgisel bulanık küme

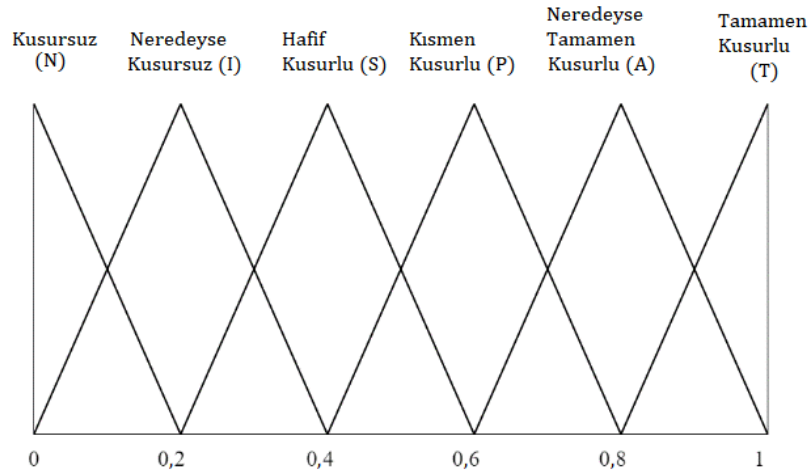
9.3. Tereddütlü Bulanık Dilsel Kabul Örnekleme Yaklaşımı Önerisi

Önerilen tereddütlü bulanık dilsel terim yaklaşımı, kabul örnekleme planlarında kullanılmak istendiğinde, uzman değerlendirmeleri sonucunda kusurluluk bilgisi SBK olarak elde edilir. Bu da 8 nolu bölümde önerilen örnekleme planı formüllerinin kullanılabilir olması anlamına gelmektedir. Fakat bahsi geçen formüllerde plan parametreleri n , c ve N de bulanık sayılar olarak ele alınmaktadır. Burada ise belirsizlik kusurluluk bilgisi ile ilgili kararsızlıktan kaynaklandığı için plan parametrelerinin bulanık olarak ele alınması ihtiyacı söz konusu değildir. Bu sebeple formüller bu durum göz önüne alınarak güncellenmelidir. Alandan kazanmak adına bu formüllerin güncellenmiş haline bu bölümde yer verilmemiştir. Kusurluluk durumu $\tilde{A} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x) = \tilde{p}, \vartheta_{\tilde{A}}(x) = \tilde{q} | x \in X\}$, $\tilde{p} + \tilde{q} \leq 1$ olacak şekilde ele alınmıştır. Buna bağlı olarak belirsizlik terimi $\tilde{\pi} = 1 - \tilde{p} - \tilde{q}$ olarak elde edilir. Plan ise Kabul, ret ve kararsızlık olmak üzere üç tipte sonuca sahip olabilmektedir.

9.4. Örnek Problem Çözümü

Önerilen dilsel yaklaşım bir sayısal örnek üzerinde denenmiş ve sonuçları Rodríguez vd. [122], Chen & Hong [124] ve Liu & Rodríguez [125] tarafından önerilen yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Bu üç çalışma kıyas olarak seçilmiştir

çünkü birden fazla uzman ile çalışmaya olanak sağlamak ve farklı veri zarflama yöntemleri kullanmaktadır. Aslında bunların hiçbirisi hassas bulanık modelleme ile devam etmeye olanak sağlayan yöntemler değildir. Burada ilgili adımları uyarlanarak karşılaştırılabilir sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Bahsi geçen yöntemler simetrik bulanık kümeler için tasarlandığı için bu örnek kapsamında ÜBK ve Şekil 9.3'teki terim kümesi kullanılmıştır. Dilsel bulanık değiştirici için ise $M = \{\text{Kabaca (R), Az veya Çok (L), Orta (M), Çok (V), Aşırı (E)}\}$ kümesi kullanılmıştır.



Şekil 9.3 Sayısal örnekte kullanılan terim kümesi

Söz konusu firma motor için valfleri tedarikçiden almakta ve kabul örnekleme uygulamaktadır. Talepteki dalgalanmaya istinaden bu parça bazen farklı tedarikçilerden temin edilmektedir. Bu durumlarda yeter geçmiş verisi olmadığından dolayı yığındaki kusurlu parça oranı kesin bir şekilde bilinmemektedir. Farz edelim ki firma üç uzman (E_1, E_2, E_3) ile çalışmaktadır ve uzmanlar şu değerlendirmeleri yapmışlardır:

- $E_1 = \{I12T_{S_1}, I2T_{M_1}\}$: “Neredeyse Kusursuz +0,2” ile “Hafif Kusurlu -0,4” arasında, “Az” veya “Çok”.
- $E_2 = \{I12T_{S_2}, I2T_{M_2}\}$: “Neredeyse Kusursuz -0,3” veya “Neredeyse Kusursuz -0,4”, “Orta +0,2”.
- $E_3 = \{I12T_{S_3}, I2T_{M_3}\}$: “Neredeyse Kusursuz”, “Orta”.

Bağlam bağımsız dilsel değerlendirmeler şu tereddütlü dilsel ifadelere dönüştürülür:

$$E_1 = (\{(I; +0,2), (I; +0,3), \dots, (S; -0,5), (S; -0,4)\}, (L; 0))$$

$$E_2 = (\{(I; -0,4), (I; -0,3)\}, (M; +0,2))$$

$$E_3 = (\{(I; 0)\}, (M; 0))$$

Bu ifadeler veri zarflama yöntemi ile birleştirilerek şu sezgisel küme ve bulanık değiştirici değerleri elde edilir:

$$\tilde{A}_{env(H_S)} = \{x, H_{S^-}, 1 - H_{S^+} | x \in X\} = \{x, (I; -0,4), 1 - (S; -0,4) | x \in X\}$$

$$\overline{12T}_{M_i} = \Delta \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \Delta^{-1}(r_i, \alpha_i) \right) = \Delta \left(\frac{1}{3} (1,0 + 2,2 + 2,0) \right) = (M; -0,3)$$

Elde edilen üçgen SBK $\tilde{A}_{env(H_S)} = \{x, (0; 0,12; 0,32), (0,48; 0,68; 0,88) | x \in X\}$ 'dir ve $r = 1 - \Delta^{-1}(M; -0,3)/4 = 1,7/4 = 0,425$ oranında daraltılması gerekmektedir. Böylece nihai SBK $\tilde{A}'_{env(H_S)} = \{x, (0,035; 0,12; 0,205), (0,595; 0,68; 0,765) | x \in X\}$ olarak elde edilir. Burada belirsizlik terimi $\pi_{\tilde{A}}(x) = 0.2$ olarak bulunur.

Kıyaslama yapılan diğer çalışmalar için de eşdeğer sayısal bulanık kümeleri bulalım. Bu çalışmalar 2-öğeli dilsel değerlendirmeler kullanmamaktadır. Bu sebeple en yakın ana terim dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır. Rodríguez vd. [122]'nin yöntemi alternatifler için dilsel aralıklar hesaplamaktadır. Elde edilen dilsel aralık $P^R = [\Delta^{-1}(Neredeyse Kusursuz; 0), \Delta^{-1}(Neredeyse Kusursuz; 0,333)]$ 'nin nümerik eşdeğeri $[0,2; 0,2666]$ olarak bulunur. Chen & Hong [124]'un yöntemi ise, “ a_i ile a_j arasında” değerlendirmesi için $a_i = (a_L^i, a_M^i, a_R^i)$ ve $a_j = (a_L^j, a_M^j, a_R^j)$ şeklindeki iki ÜBK'yi birleştirerek $T = (a_L^i, a_M^i, a_M^j, a_R^j)$ şeklinde bir YBK elde etmektedir. Dolayısıyla elde edilen veriler kullanılarak $(0; 0,2; 0,4; 0,6)$ yamuk bulanık sayısı elde edilir. Liu & Rodríguez [125] de benzer bir yaklaşım kullanmaktadır ve “ a_i ile a_j arasında” ifadesinde $i + 1 = j$ şartı sağlanıyor ise aynı sonucu vermektedir.

Firma, 500 adet parça içeren partiler için MIL-STD-105E normal muayene planına benzer bir örnekleme planı gerçekleştirmek istemektedir. Kabul edilebilir kalite limiti kusurlu parçalar için %2,5 ve kusur durumu belirsiz parçalar için ise %6,5 olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak plan parametreleri $n = 50, c =$

$3, \tau = 4, n_1 = 32, n_2 = 32, c_1 = 1, c_2 = 4, \tau_1 = 2, \tau_2 = 4$ olarak bulunur. Bu plan parametreleri kullanılarak Tablo 9.1'deki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 9.1 Sayısal örnek sonuçları

Bir Seviyeli Kabul Örneklemesi			
	Önerilen Yöntem	Rodríguez vd.'nin Yöntemi	Lui & Rodríguez, Chen & Hong'in Yöntemleri
$\tilde{P}_a$	(0; 0,0013; 0,0158)	[0,0002; 0,0057]	(0; 0; 0,0057; 1)
$\tilde{P}_r$	(0,0973; 0,8655; 0,9955)	[0,9943; 0,9998]	(0; 0,9943; 1; 1)
$\{\widetilde{AOQ}_{min}, \widetilde{AOQ}_{max}\}$	{0; 0,0006}	{0,0001; 0,0011}	{0; 0,0388}
$\widetilde{ATI}_{r=0}$	(492,877; 499,434; 499,993)	[497,455; 499,907]	(50; 497,455; 500; 500)
$\widetilde{ATI}_{r=1}$	(93,792; 500,215; 505,148)	[497,455; 499,907]	(50; 497,455; 500; 500)
İki Seviyeli Kabul Örneklemesi			
	Önerilen Yöntem	Rodríguez vd.'nin Yöntemi	Lui & Rodríguez'in, Chen & Hong'in Yöntemleri
$\tilde{P}_a$	(0, 0,0015; 0,0204)	[0,0006; 0,0084]	(0; 0; 0,0084; 1)
$\tilde{P}_r$	(0,021; 0,4369; 0,8364)	[0,9916; 0,9994]	(0; 0,9916; 1; 1)
$\{\widetilde{AOQ}_{min}; \widetilde{AOQ}_{mak}\}$	{0; 0,0007}	{0; 0,0421}	{0,0002; 0,0017}
$\widetilde{ATI}_{r=0}$	(490,474; 499,284; 499,978)	[496,094; 499,701]	(32; 496,094; 499,999; 500)
$\widetilde{ATI}_{r=1}$	(11,2011; 493,934; 499,861)	[496,094; 499,701]	(32; 496,094; 499,999; 500)
$\{\widetilde{ASN}_{min}; \widetilde{ASN}_{mak}\}$	{32,7087; 37,9123}	{33,3424; 38,3121}	{32; 52,4846}

Önerilen yöntemin büyük bir avantajı, kusurluluk bilgisi ile aynı şekle sahip bulanık sonuçlara ulaşmasıdır. Kıyaslanan diğer yöntemlerde ise bu durum söz konusu değildir. İkisi yamuk bulanık sonuç elde etmişken diğeri aralık değerli küme elde etmiştir. Yalnızca benimsenen veri zarflama yöntemi sebebiyle farklı şekillerde sonuçlar elde edilmesi sonuçların doğruluğu açısından önemli bir dezavantajdır. Kıyaslanan çalışmalardaki diğer bir sorun ise sadece üyelik durumunu dikkate almalarıdır. Uzmanların kararsızlığı kaynaklı belirsizlik göz ardı edilmektedir. Sonuçlarda kabul olasılığını yüksek bulsalar bile gerçek hayattaki ret oranı hesaplanandan fazla olacaktır. Bu da sonuçların güvenilirliği açısından sorun teşkil etmektedir. Önerilen yöntemde ise uzmanların kararsızlığından kaynaklanan belirsizlik de dikkate alınmıştır.

İlk uzman, diğerlerine kıyasla daha karamsar ve daha tereddütlüdür. Bu, değerlendirmeler arasında bir sapmaya sebep olmakta ve sonuçların kesinliğini etkilemektedir. Önerilen yöntem bu sapmayı belirsizlik olarak değerlendirir. Lui & Rodríguez [125] ve Chen & Hong [124]'in yöntemlerinde tip-1 bulanık kümeler kullanılır ve bu sapma YBK'nin genişliğini artırır ve haddinden fazla genişlemesine sebep olur. Bu genişleme, sonuçların anlamlılığının yitirilmesine sebep olabilmektedir. Örneğin kabul olasılığı 0 ile 1 arasında değişiyor olarak bulunmuştur. Bu tip bir sonuç gerçek hayat uygulamalarında karar vermek için elverişli değildir. Diğer taraftan Rodríguez vd. [122]'nin yöntemi yalnızca değerlendirmelerin tepe noktalarını dikkate alır ve dışta kalan destek noktalarını göz ardı eder. Bu sebeple haddinden fazla dar aralıklar elde eder. Bu da sonuçların güvenilirliği açısından sorun teşkil etmektedir. Önerilen yöntem değerlendirmelerin herhangi bir kısmını göz ardı etmediği için bu tip bir güvenilirlik sorununa sahip değildir.

PİSAGOR BULANIK DİLSEL KABUL ÖRNEKLEME PLANI ÖNERİSİ

Bu bölümde Pisagor bulanık dilsel kusurluluk bilgisine sahip yığınlar için kabul örnekleme planları tasarlanmıştır. Pisagor bulanık dilsel terim yaklaşımı Garg [126] tarafından ÇKKV problemlerinin çözümü için ortaya atılmıştır. Bu yaklaşımda esas olan alternatiflerin karşılaştırılması ve değerlendirilmesi olduğu için bulanık kümelerin şekli ve tanım aralığındaki yerleşimi çok önemli değildir. Yalnızca üyelik dereceleri kullanılarak işlem yapılması yeterli olmaktadır. Fakat kabul örnekleme planlarında karar verebilmek için üyelik fonksiyonlarına ve hassas bulanık modellemeye ihtiyaç vardır. Bu amaçla mevcut Pisagor bulanık dilsel terim yaklaşımının güncellenmesi gerekmektedir. Ayrıca mevcut çalışmalarda elde verinin PBK olduğu varsayımı yapılmaktadır, verinin Pisagor olmasını garanti edecek bir mekanizma bulunmamaktadır. Bu çalışmada verilerin PBK olmasını garanti edecek bir veri toplama yaklaşımı da önerilmiştir. Önerilen bu yaklaşım kabul örnekleme modellemesinde kullanılmıştır.

10.1. Pisagor Bulanık Dilsel Terimler

Pisagor bulanık dilsel terim yaklaşımı temelde, 1 nolu bölümde özetlenmiş olan bulanık dilsel terim yaklaşımı üzerine inşa edilmiştir. Farklı olarak, üye olma ve üye olmama derecelerinin kareleri toplamının 1'den küçük olması şart sağlanmaktadır. Veri kaybının en aza indirilmesi için sürekli dilsel terim kümesi yaklaşımı geliştirilmiştir. Buna göre bir $S = \{s_i\} = \{s_0, \dots, s_t\}$ dilsel terim kümesi ve α reel sayısı için sürekli dilsel terim kümesi $\bar{S} = \{s_\alpha \mid s_0 \leq s_\alpha \leq s_t, \alpha \in [0, t]\}$ olarak tanımlanır. Burada $s_\alpha \in S$ ise orijinal terim, değilse sanal terim olarak isimlendirilir [127].

Pisagor bulanık dilsel terim yaklaşımı da veri kaybını en aza indirmek için sürekli dilsel terim kümesi kullanır. X referans uzayında tanımlı bir $\bar{S} = \{s_\alpha \mid s_0 \leq s_\alpha \leq s_t, \alpha \in [0, t]\}$ sürekli dilsel terim kümesini ele alalım. $\mu_{L_{\bar{A}}}(x) = s_\theta$, x elemanının dilsel üyelik derecesini ve $\vartheta_{L_{\bar{A}}}(x) = s_\sigma$, x elemanının dilsel üye olmama

derecesini temsil ediyor iken bir pisagor bulanık dilsel küme $\tilde{A}$, 10.1-10.2 no'lu denklemlerdeki gibi tanımlanır [126]:

$$\tilde{A} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x) = s_{\theta}, \vartheta_{\tilde{A}}(x) = s_{\sigma} \mid x \in X\}, \quad \theta^2 + \sigma^2 \leq t^2 \quad (10.1)$$

$$\pi(x) = s_{\sqrt{t^2 - \theta^2 - \sigma^2}} \quad (10.2)$$

Burada $\pi(x)$ dilsel belirsizlik terimidir. Grup karar verme problemleri için birden fazla pisagor bulanık değerlendirmenin birleştirilmesi ihtiyacı vardır. $\alpha_{i=1,\dots,n} = \langle \mu_i, \vartheta_i \rangle$ Pisagor bulanık değerlendirmeler ve $w_{i=1,\dots,n} \in [0,1], \sum_i w_i = 1$ uzman görüşlerinin ağırlıkları iken bu değerlendirmelerin ağırlıklı ortalaması ($\bar{\alpha}$) 10.3 no'lu denklemdeki gibi hesaplanır [128]:

$$\bar{\alpha} = \langle \sum_{i=1}^n w_i \cdot \mu_i, \sum_{i=1}^n w_i \cdot \vartheta_i \rangle \quad (10.3)$$

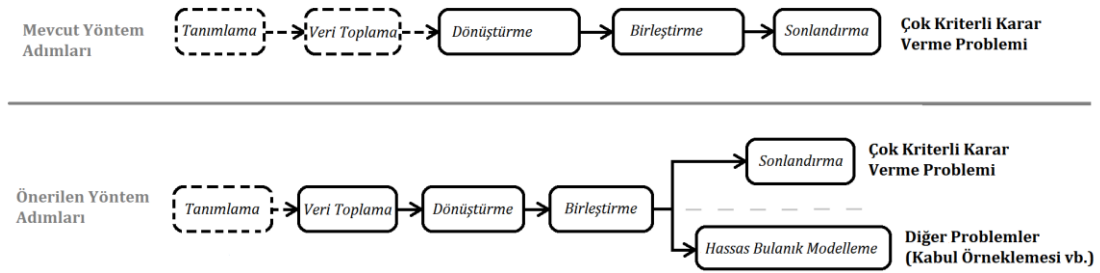
10.2. Pisagor Bulanık Dilsel İfade Üretmek için Bir Yaklaşım Önerisi

Pisagor bulanık dilsel terim yaklaşımı, PBK ile dilsel bulanık kümeleri birleştiren bir yaklaşımdır ve ÇKKV problemlerinin çözümü için geliştirilmiştir. Birden fazla uzman görüşünü, nümerik karşılıklarına çevirmeksizin birleştirerek yöntem kaynaklı veri kayıplarını en aza indiren başarılı bir yaklaşımdır. Fakat eldeki verilerin pisagor bulanık olduğu varsayımı ile hareket eder. Bu bölümde Pisagor bulanık dilsel ifade üretilirken kullanılacak bir yöntem önerisi yapılmıştır. Bu sayede uzman görüşlerinin, tutarsız veri ile modellemeye olanak sağlayan ve daha geniş bir küme olan Nötrosofik kümelere uygun değerlendirmeler olmasının önüne geçilmiş olacaktır. Ayrıca, modellemenin hassas bulanık modelleme ile devam edebilmesi için de nümerik üyelik fonksiyonlarına dönüşüm ve dilsel bulanık değiştirici kullanımı önerilmiştir. Önerilen yöntem adımları şu şekildedir:

0. *Tanımlama*: (a) dilsel terim kümesinin tanımlanması (b) bulanık değiştirici için dilsel terim kümesinin belirlenmesi
1. *Veri Toplama*: Uzman görüşlerinin önerilen pisagor bulanık ifade oluşturma prosedürü kullanılarak 2-öğeli formda toplanması

2. *Dönüştürme*: (a) değerlendirmenin sağlamlığı ($r(x)$), yönelimi ve radyan açısı (θ) bilgilerinin hesaplanması (b) bu bilgileri kullanarak nümerik PBK'nin oluşturulması
3. *Birleştirme*: (a) Uzman değerlendirmelerinin ağırlıklı ortalama yöntemi ile birleştirilmesi. Eğer problem hassas bulanık modellemeye ihtiyaç duyuyorsa (b) bulanık değiştiriciye ilişkin dilsel ifadelerin birleştirilmesi (c) uzman görüşleri birleştirilerek ve bulanık değiştirici uygulanarak nihai PBK'nin elde edilmesi.
4. *Sonlandırma*: ÇKKV problemleri için (a) alternatiflerin karşılaştırma kuralına göre sıralanması, (b) en iyi alternatifin seçilmesi.
5. *Hassas Bulanık Modelleme*: Diğer problem tipleri için problemin bulanık modellemesi.

Önerilen yöntem adımlarının mevcut yöntem ile karşılaştırması Şekil 10.1'de verilmiştir.



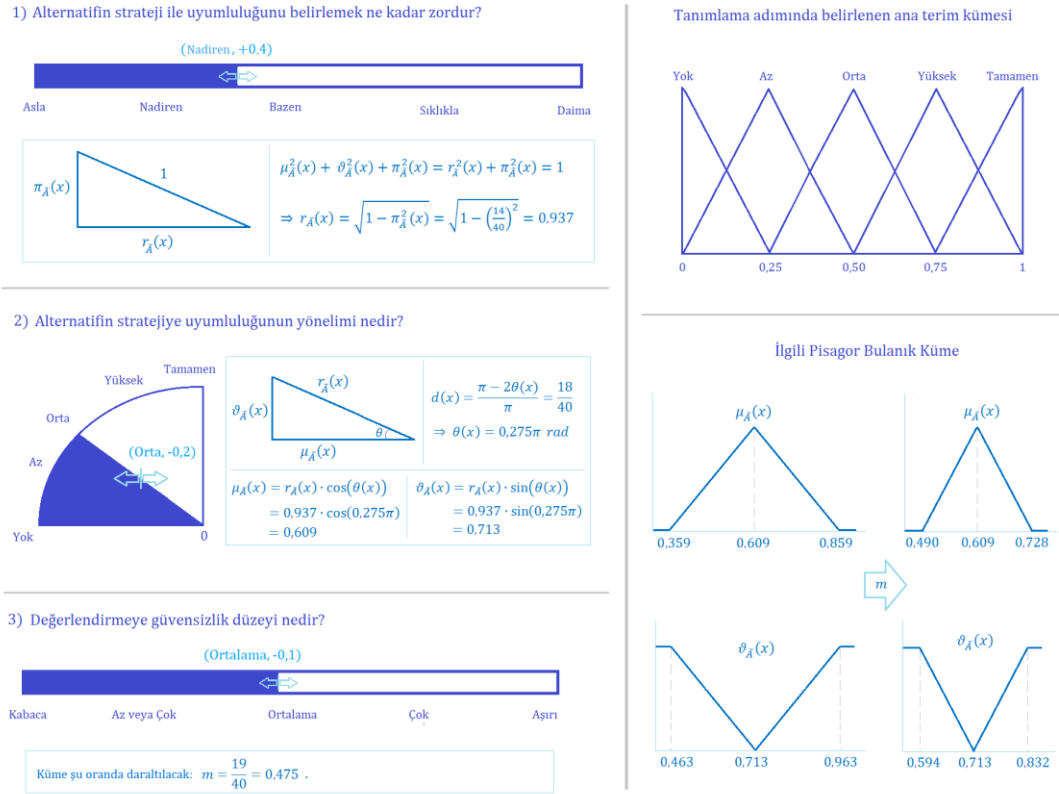
Şekil 10.1 Mevcut ve önerilen pisagor bulanık dilsel yaklaşım adımları

PBK teorisi geometrideki Pisagor teoremi üzerinden geliştirilmiştir. Bu yüzden veri toplama yöntemi de bu teoreme uygun olmalıdır. Önerilen veri toplama prosedüründe sırasıyla değerlendirmenin sağlamlığı ve yönelimi belirlenmektedir. Bu adımlar yönlendirici soru ve grafiklerle desteklenmiştir. Ayrıca daha hassas sonuçlar elde edilebilmesi için 2-öğeli dilsel yaklaşım ve bulanık değiştiriciler ile entegre edilmiştir. Prosedür adımları şu şekildedir:

- a. *Sağlamlığın belirlenmesi*: Uzman, değerlendirmenin sağlamlığına bir dilsel küme aracılığıyla 2-öğeli formda karar verir.

- b. *Yönelimin belirlenmesi*: Uzman ana dilsel küme yardımıyla yönetime karar verir. Üyeli ve üye olmama fonksiyonları sağlamlık ve yönelim değerleri kullanılarak elde edilir.
- c. *Bulanık değiştirici oranının belirlenmesi*: PBK'yi daraltmak için dilsel bir değerlendirme yapılır. Bu değerlendirme bulanık değiştirici oranının belirlenmesi için kullanılır. Bu adımda kullanılan dilsel terim kümesi, literatürde yoğunlaştırıcı bulanık değiştiriciler için tartışılan ve iyi temsil ettiği düşünülen dilsel ifadelerden oluşmaktadır [129].

Bu prosedür için örnek bir uygulama Şekil 10.2'de verilmiştir.



Şekil 10.2 Örnek bir pisagor bulanık dilsel ifade üretme işlemi

Birden fazla uzmanla çalışılan durumlarda uzman görüşlerinin birleştirilmesi ihtiyacı mevcuttur. Uzman görüşleri 10.3 no'lu denklemdeki gibi birleştirilir. Bulanık değiştiriciye ilişkin değerlendirmeler ise kendi içinde birleştirilmelidir. Kolaylık sağlamak için burada da aritmetik ortalama kullanılmıştır. Bir $S = \{s_i\} = \{s_0, \dots, s_g\}$ ana terim kümesi, $x_j = \{x_1, \dots, x_n\}$ 2-öğeli dilsel değerlendirmeler ve uzman görüşlerine dair $w_j \in [0,1], \sum_j w_j = 1$ ağırlık değerleri

dikkate alındığında aritmetik ortalama ($\bar{x}$) sırasıyla ana terimlerden oluşan değerlendirmeler [130], 2-öğeli değerlendirmeler [131] ve 2-öğeli ağırlıklı değerlendirmeler için aşağıdaki gibi hesaplanır:

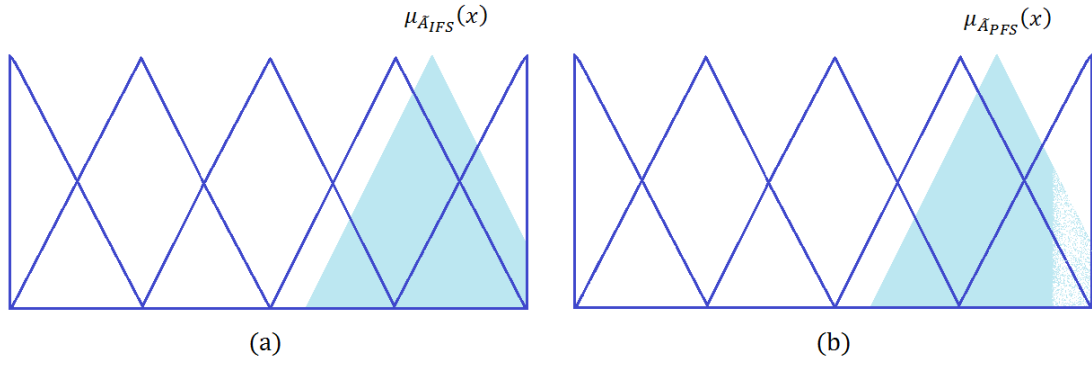
$$\bar{x} = \begin{cases} x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)} & , n \text{ tek sayı ise} \\ \frac{1}{2} \left(x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2}+1\right)} \right) & , n \text{ çift sayı ise} \end{cases} \quad (10.4)$$

$$\bar{x} = \Delta \left(\sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{n} \Delta^{-1}(s_j, \alpha_j) \right) \right) = \Delta \left(\frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n \beta_j \right) \right) \quad (10.5)$$

$$\bar{x} = \Delta \left(\sum_{j=1}^n \left(\frac{w_j}{n} \Delta^{-1}(s_j, \alpha_j) \right) \right) = \Delta \left(\frac{w_j}{n} \sum_{j=1}^n \beta_j \right) \quad (10.6)$$

Burada Δ^{-1} 2-öğeli (s_j, α_j) ifadelerini $\beta_j = j + \alpha_j$ sayısal karşılığına dönüştüren fonksiyon, Δ ise bu fonksiyonun tersidir.

2-öğeli dilsel yaklaşım, iki ardışık dilsel terim arasındaki noktaların da dilsel değerlendirme değeri olarak kullanılabilmesine olanak sağlar ve bu noktaların sayısal karşılıkları basit enterpolasyon ile bulunur. Önerilen yöntemde 2-öğeli dilsel ifadeler kullanılması veri kaybını azaltma ve uzmanların daha hassas görüş bildirmesi açısından faydalıdır fakat teorik olarak bazı zorlukları da beraberinde getirir. Çünkü, elde edilen dilsel değerlendirme her ne kadar tanım aralığının içinde kalsa da dilsel PBK'nin ana şartı olan $\theta^2 + \sigma^2 \leq t^2$ eşitsizliği sağlanamayabilir. Bu durumda ilgili üyelik fonksiyonu, bir düşey doğru ile kesilmelidir. Örnek bir üçgen pisagor dilsel terim kümesi kullanılarak $\mu_{\bar{A}} = (a, b, c)$ ve $\vartheta_{\bar{A}} = (d, e, f)$ üyelik ve üye olmama fonksiyonları elde edilmiş olsun. Eğer $\mu^2(a) + \vartheta^2(f) > 1$ ise ϑ fonksiyonu $\vartheta^2(f') = 1 - \mu^2(a)$ şartını sağlayan bir f' düzeyinden kesilmelidir. Benzer şekilde, eğer $\mu^2(c) + \vartheta^2(d) > 1$ ise, μ fonsiyonu $\mu^2(c') = 1 - \vartheta^2(d)$ şartını sağlayan bir c' düzeyinden kesilmelidir. Bu durum Şekil 10.3'te noktalı dolgu yapılmış alan olarak gösterilmiştir.



Şekil 10.3 Ölçek limitlerine yakın örnek (a) sezgisel (b) pisagor bulanık üyelik fonksiyonları

10.3. Pisagor Bulanık Dilsel Kabul Örnekleme Önerisi

Bu çalışma kapsamında Pisagor bulanık dilsel kusurluluk bilgisine sahip yığınlar için kabul örnekleme planları kurgulanmıştır. Bir önceki bölümde önerilen yöntem ile elde edilen veriler tutarsız veri ile modellemeye müsaade eden problemler için doğrudan kullanılabilir durumdadır. Fakat kabul örnekleme planları buna müsaade etmemektedir. Bu sebeple bir dönüşüme ihtiyaç duyulmaktadır. PBK, SBKlerin ikinci seviyeden genelleştirilmiş SBKler oldukları için ve SBKler tutarlı veri durumlarını modellediği için eldeki verilerin sezgisel kümelerle dönüştürülmesi uygun olacaktır. Dönüşüm yöntemi olarak literatürde yaygın bir yöntem olan normalizasyon uygulanmıştır. $\pi_{\tilde{A}}(x)$ belirsizlik terimine sahip bir $\tilde{A} = \langle \mu_{\tilde{A}}(x), \vartheta_{\tilde{A}}(x) \rangle$ PBK'sini sezgisel bulanık $\tilde{A}' = \langle \mu'_{\tilde{A}}(x), \vartheta'_{\tilde{A}}(x) \rangle$ kümesine çevirmek için normalizasyon dönüşümü şu şekilde yapılır [132]:

$$\tilde{A}' = \langle \mu'_{\tilde{A}} = \left(\frac{\mu(x)}{\mu(x) + \vartheta(x) + \pi(x)} \right), \vartheta'_{\tilde{A}} = \left(\frac{\vartheta(x)}{\mu(x) + \vartheta(x) + \pi(x)} \right) \rangle \quad (10.7)$$

Normalizasyon sonrası elde edilen kusurluluk bilgisi SBK olacağı için 8 no'lu bölümde önerdiğimiz örnekleme yaklaşımı Pisagor bulanık kusurluluk bilgisine sahip yığınlar için de kullanılabilir hale gelmektedir. Bir önceki bölümde olduğu gibi burada da belirsizlik kusurlulukla ilgili değerlendirmelerden kaynaklandığı için plan parametreleri n , c ve N 'nin bulanık değerler olarak ele alınmasına gerek duyulmamaktadır. Yine burada da plan kabul, ret ve kararsızlık olmak üzere üç tipte sonuca sahip olabilmektedir.

10.4. Örnek Problem Çözümü

Bir firma, 500 adet parça içeren partiler için MIL-STD-105E normal muayene planına benzer bir örnekleme planı uygulamak istemektedir. Kabul edilebilir kalite limiti kusurlu parçalar için %4, kusur durumu belirsiz parçalar için ise %10 olarak belirlenmiştir. Firma değerlendirmelerin sağlamlığını ölçmek için $F = \{\text{Asla, Nadiren, Ara Sıra, Bazen, Sıkça, Genellikle, Daima}\}$ terim kümesini, değerlendirmenin yönelimini değerlendirmek için ise $S = \{\text{Kusursuz (N), Neredeyse Kusursuz (I), Hafif Kusurlu (S), Kısmen Kusurlu (P), Neredeyse Tamamen Kusurlu (A), Tamamen Kusurlu (T)}\}$ birincil terim kümesini kullanmak istemektedir. Dilsel bulanık değiştirici için ise literatürde önerilen terimlerden oluşan $M = \{\text{Kabaca (R), Az veya Çok (L), Orta (M), Çok (V), Aşırı (E)}\}$ kümesi tercih edilmiştir. Üç uzmana ($E_{i=1,\dots,3}$) ait Tablo 10.1'deki değerlendirmeler $w_i = (0.5, 0.3, 0.2)$ ağırlıklara sahiptir.

Doğru bulanık küme şekline karar vermek, anlamlı sonuçlara ulaşabilmek için çok önemlidir. Kusurluluk kavramının doğası ile uyumlu olduğu ve [123] tarafından da benzer bir çalışmada kullanıldığı için z şeklinde bulanık küme tercih edilmiştir.

Tablo 10.1 Parça kusurluluğu için uzman değerlendirmeleri

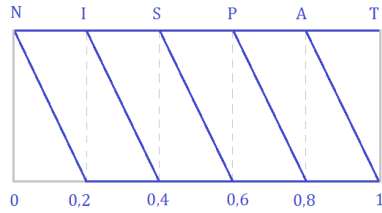
	Dilsel Sağlamlık Değerlendirmesi	Dilsel Yönelim Değerlendirmesi	Dilsel Değiştirici Değerlendirmesi
E_1	(Asla, +1/3)	(Neredeyse Kusursuz, 0)	(Çok, +1/3)
E_2	(Nadiren, -1/3)	(Kusursuz, +1/3)	(Az veya Çok, 0)
E_3	(Ara Sıra, 0)	(Hafif Kusurlu, -1/3)	(Kabaca, +1/3)
<i>Yönlendirici Soru</i>	Parça kusurluluğunu belirlemek zor mudur?	Parça kusurluluk oranının yönelimi nedir?	Yarı kusurlu parçaların tam kusurlulara göre yaklaşık oranı nedir?

Bu değerlendirmelere bağlı olarak sayısal PBK Tablo 10.2'deki gibi elde edilir. Elde edilen bulanık küme, hesaplanan değiştirici oranı kullanılarak daraltıldığında nihai bulanık kümeye ulaşılır. Bu işlem Şekil 10.4'te gösterilmiştir.

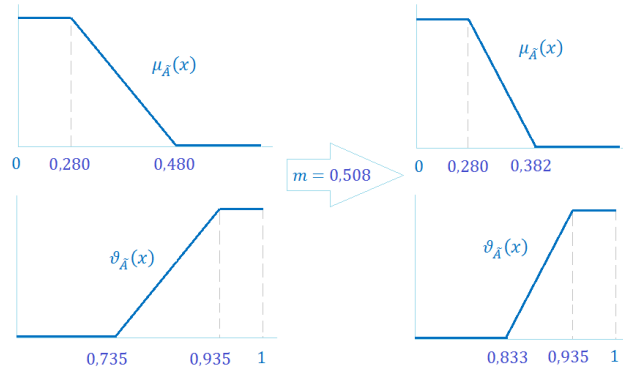
Tablo 10.2 Elde edilen sayısal değerlendirmeler

	Sağlamlık (r)	Açı (θ)	Pisagor Bulanık Küme $\langle r. \cos \theta ; r. \sin \theta \rangle$	Değiştirici (m)
$E_1 (w=0.5)$	$\sqrt{1 - \left(\frac{1}{18}\right)^2}$ = 0,998	$\left(1 - \frac{3}{15}\right) \times \frac{\pi}{2}$ = 1,256	$\langle 0,309; 0,949 \rangle$	$\frac{10}{12} = 0,833$
$E_2 (w_1=0.3)$	$\sqrt{1 - \left(\frac{2}{18}\right)^2}$ = 0,994	$\left(1 - \frac{1}{15}\right) \times \frac{\pi}{2}$ = 1,466	$\langle 0,104; 0,989 \rangle$	$\frac{3}{12} = 0,25$
$E_3 (w_1=0.2)$	$\sqrt{1 - \left(\frac{6}{18}\right)^2}$ = 0,943	$\left(1 - \frac{5}{15}\right) \times \frac{\pi}{2}$ = 1,047	$\langle 0,472; 0,817 \rangle$	$\frac{1}{12} = 0,083$
<i>Ağırlıklı Ortalama</i>	0,9858	1,277	$\langle 0,280; 0,935 \rangle$	0,508

Birincil terim kümesi



İlgili Pisagor Bulanık Küme



Şekil 10.4 Örnek problem için pisagor bulanık parça kusurluluğu

Firmanın belirlediği kabul edilebilir kalite seviyesi ve MIL-STD-105E tabloları kullanılarak şu plan parametreleri elde edilir: $n = 50, c = 7, \tau = 10, n_1 = 32, n_2 = 32, c_1 = 3, c_2 = 8, \tau_1 = 5, \tau_2 = 12$. Örneklem planları tutarsız veri ile işlem yapmaya müsaade etmediği için elde edilen Pisagor bulanık kusurluluk verisi normalize edilerek SBK'ye dönüştürülmelidir. Bu işlem sonucunda $\tilde{A} = \langle \mu_{\tilde{A}} = (0; 0,280; 0,382), \vartheta_{\tilde{A}} = (0,833; 0,935; 1) \rangle$ kümesi, $\tilde{A}' = \langle \mu'_{\tilde{A}} = (0; 0,195;$

0,236), $\vartheta'_{\tilde{A}} = (0,516; 0,653; 1)$ kümesine dönüştürülür. Bu veriler kullanılarak Tablo 10.3'teki sonuçlara ulaşılır.

Tablo 10.3 Dilsel pisagor bulanık değerlendirmeler için örnekleme planı sonuçları

	Birli Örnekleme	İkili Örnekleme
$\tilde{P}_a$	(0,008; 0,173; 1,000)	(0,003; 0,104; 1,000)
$\tilde{P}_r$	(0,000; 0,785; 0,929)	(0,000; 0,870; 0,948)
$\widetilde{AOQ}$	(0,000; 0,002; 0,034)	(0,000; 0,001; 0,020)
$\widetilde{ATI}_{r=0}$	(50,000; 422,254; 496,324)	(32,000; 452,843; 498,782)
$\widetilde{ATI}_{r=1}$	(50,000; 403,330; 496,595)	(32,000; 440,962; 496,434)
$\widetilde{ASN}$	-	(32,000; 52,171; 57,284)

TİP-2 BULANIK KABUL ÖRNEKLEME PLANI ÖNERİSİ

Bulanık küme kullanılarak yapılmış tasarımlarda anlamlı sonuçlara ulaşabilmek için küme parametrelerinin iyi belirlenmiş olması gerekir. Bu da o konuda tecrübe ve uzmanlık gerektirir. Fakat bazı durumlarda söz konusu olay haddinden fazla belirsizliğe sahip olabilir, yeterli uzmanlığa veya uygun ölçüm imkanlarına sahip olunamayabilir. Bu tip durumlarda bulanık küme parametrelerinin net olarak belirlenmesi söz konusu olamayabilir.

Aynı durum kabul örnekleme planları için de geçerli olabilir. Örneğin, talepteki dalgalanmalar sebebiyle geçici süreyle yedek tedarikçiden ürün temini durumunda elde yeterli geçmiş verisi olmayacağı için yığın kusurluluk bilgisi doğru tespit edilemeyebilir. Bu durumdan doğan belirsizlik TBK kullanılarak modellenirse örnekleme planının kabul, ret ve kararsızlık şeklinde üç sonucu olabilir. Fakat bazen parti muayenesinin kararsızlık ile sonuçlanması tercih edilen bir durum olmayabilir. Örneğin muayene maliyetine bağlı olarak örneklemenin tekrar edilmesi istenmeyebilir, daha büyük bir hatalı kabul riski göze alınabilir. Bu tip durumlarda belirsizliğin bulanık küme parametrelerine yansıtılması tercih edilen bir yaklaşım olabilir. Bu da kusurluluk bilgisinin tip-2 bulanık kümeler olarak ifade edilmesi anlamına gelir. Tip-2 bulanık kümeler için ikincil üyelik fonksiyonunu belirlemek bir hayli zor bir işlemdir ve hesaplamaları karmaşıktırdığı için gerçek hayat uygulamalarında pek kullanışlı olmamaktadır. Bu sebeple bu çalışmada parça kusurluluğu aralık tip-2 bulanık küme olarak ifade edilen örnekleme planları tasarlanmıştır.

Literatürde aralık tip-2 bulanık modellemeler genellikle YBK kullanılarak yapılmaktadır. Bunun önemli bir avantajı, aynı formüllerin basit varsayımlar yardımıyla farklı şekillerdeki bulanık kümeler için de kullanılabilir hale gelmesidir. Örneğin (a_1, a_2, a_3, a_4) şeklinde dört nokta ile temsil edilen bir YBK için oluşturulmuş formüller, $a_2 = a_3$ olacak şekilde değer atandığında ÜBK için

de kullanılabilmektedir. Bu sebeple, bu çalışmada da formüller YBK kullanılarak oluşturulmuştur.

Aralık tip-2 bulanık kusurlu parça oranı $\tilde{p}$ yardımıyla kusursuz parça oranı $\tilde{q}$ bilgisini elde etmek formüllerde karmaşıklığı azaltmak için oldukça yararlı olacaktır. Verilen bir $\tilde{p} = (\tilde{p}^U, \tilde{p}^L) = ((p_1^U, p_2^U, p_3^U, p_4^U; H_1(\tilde{p}^U), H_2(\tilde{p}^U)), ((p_1^L, p_2^L, p_3^L, p_4^L; H_1(\tilde{p}^L), H_2(\tilde{p}^L)))$ değeri için $\tilde{q} = (\tilde{q}^U, \tilde{q}^L) = ((q_1^U, q_2^U, q_3^U, q_4^U; H_1(\tilde{q}^U), H_2(\tilde{q}^U)), ((q_1^L, q_2^L, q_3^L, q_4^L; H_1(\tilde{q}^L), H_2(\tilde{q}^L)))$ 11.1 no'lu denklem ile elde edilir:

$$\begin{aligned}\tilde{q} &= (1 \ominus \tilde{p}) \\ &= (((1 - p_4^U), (1 - p_3^U), (1 - p_2^U), (1 - p_1^U); \\ &\quad \min(1, H_1(\tilde{p}^U)) = H_1(\tilde{p}^U), \min(1, H_2(\tilde{p}^U)) = H_2(\tilde{p}^U)), \\ &\quad ((1 - p_4^L), (1 - p_3^L), (1 - p_2^L), (1 - p_1^L); \\ &\quad \min(1, H_1(\tilde{p}^L)) = H_1(\tilde{p}^L), \min(1, H_2(\tilde{p}^L)) = H_2(\tilde{p}^L))) \quad (11.1)\end{aligned}$$

Örneklem büyüklüğü yeterince fazla ve kusurlu parça oranı yeterince düşük ise Poisson ve binom dağılımları için elde edilen sonuçlar birbirine yakınsar. Bu sebeple her iki dağılım için de formüller oluşturulmuştur. Kusurlu parça frekansı $\tilde{\lambda}$ da yine $\tilde{p}$ 'ye bağlı olarak $\tilde{\lambda} = n \otimes \tilde{p}$ eşitliğiyle elde edilir.

Örnekleme planlarında kusurlu ve kusursuz parça oranları birbiriyle çarpılır. 1 no'lu bölümde sunulan bulanık küme işlemleri, aynı şekle sahip bağımsız iki bulanık küme için oluşturulmuştur. Burada ise birbirinin tümleyeni olması sebebiyle bağımlı ve şekilleri birbirinin tersi olan iki kümenin çarpımı söz konusudur. Bu durum kusurluluk bilgisinin olasılıksal doğası sebebiyle toplamalarının 1'e eşit olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple $\tilde{p}$ ve $\tilde{q}$ arasında yapılacak çarpma işlemi ayrıca tanımlanmalıdır.

$\tilde{A}_1 = (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L)$ ve $\tilde{A}_2 = (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L)$, belirtilen yapıdaki iki bulanık küme olsun ve aralarındaki çarpma işlemi $\otimes_{(pr.)}$ ile temsil edilsin. Bu işlem 11.2 no'lu denklem ile gerçekleştirilir:

$$\begin{aligned}
\tilde{A}_1 \otimes_{(pr.)} \tilde{A}_1 &= \left(\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L \right) \otimes_{(pr.)} \left(\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L \right) \\
&= \left((a_{11}^U \times a_{24}^U, a_{12}^U \times a_{23}^U, a_{13}^U \times a_{22}^U, a_{14}^U \times a_{21}^U; \right. \\
&\quad \left. H_1(\tilde{A}_1^U) = H_1(\tilde{A}_2^U), H_2(\tilde{A}_1^U) = H_2(\tilde{A}_2^U) \right), \\
&\quad \left(a_{11}^L \times a_{24}^L, a_{12}^L \times a_{23}^L, a_{13}^L \times a_{22}^L, a_{14}^L \times a_{21}^L; \right. \\
&\quad \left. H_1(\tilde{A}_1^L) = H_1(\tilde{A}_2^L), H_2(\tilde{A}_1^L) = H_2(\tilde{A}_2^L) \right) \quad (11.2)
\end{aligned}$$

11.1. Aralık Tip-2 Bulanık Birli Kabul Örnekleme Önerisi

Aralık tip-2 parça kusurluluk oranına $\tilde{p}$ sahip bir yığına ilişkin birli örnekleme için parti kabul olasılığı ($\tilde{P}_a$), binom ve poisson dağılım için 11.3-11.4 no'lu denklemler ile hesaplanır:

$$\begin{aligned}
\tilde{P}_{a_{binomial}} &= P\{d \leq \mathcal{C} \mid \tilde{p}, \tilde{q}, n, \mathcal{C}\} = \sum_{d=0}^{\mathcal{C}} \binom{n}{d} \otimes \tilde{p}^d \otimes_{(pr.)} \tilde{q}^{n-d} \\
&= \sum_{d=0}^{\mathcal{C}} \left[\left(\binom{n}{d} \times (p_1^U)^d \times (q_4^U)^{n-d} \right), \left(\binom{n}{d} \times (p_2^U)^d \times (q_3^U)^{n-d} \right), \right. \\
&\quad \left(\binom{n}{d} \times (p_3^U)^d \times (q_2^U)^{n-d} \right), \left(\binom{n}{d} \times (p_4^U)^d \times (q_1^U)^{n-d} \right); H_1(\tilde{p}^U), H_2(\tilde{p}^U), \\
&\quad \left(\binom{n}{d} \times (p_1^L)^d \times (q_4^L)^{n-d} \right), \left(\binom{n}{d} \times (p_2^L)^d \times (q_3^L)^{n-d} \right), \\
&\quad \left. \left(\binom{n}{d} \times (p_3^L)^d \times (q_2^L)^{n-d} \right), \left(\binom{n}{d} \times (p_4^L)^d \times (q_1^L)^{n-d} \right); H_1(\tilde{p}^L), H_2(\tilde{p}^L) \right] \quad (11.3)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\tilde{P}_{a_{poisson}} &= \sum_{d=0}^{\mathcal{C}} \frac{\tilde{\lambda}^d \otimes_{(pr.)} e^{-\tilde{\lambda}}}{d!} = \sum_{d=0}^{\mathcal{C}} \left[\left(\frac{(\lambda_1^U)^d \times e^{-\lambda_1^U}}{d!} \right), \left(\frac{(\lambda_2^U)^d \times e^{-\lambda_2^U}}{d!} \right), \right. \\
&\quad \left(\frac{(\lambda_3^U)^d \times e^{-\lambda_3^U}}{d!} \right), \left(\frac{(\lambda_4^U)^d \times e^{-\lambda_4^U}}{d!} \right); H_1(\tilde{\lambda}^U), H_2(\tilde{\lambda}^U), \\
&\quad \left(\frac{(\lambda_1^L)^d \times e^{-\lambda_1^L}}{d!} \right), \left(\frac{(\lambda_2^L)^d \times e^{-\lambda_2^L}}{d!} \right), \\
&\quad \left. \left(\frac{(\lambda_3^L)^d \times e^{-\lambda_3^L}}{d!} \right), \left(\frac{(\lambda_4^L)^d \times e^{-\lambda_4^L}}{d!} \right); H_1(\tilde{\lambda}^L), H_2(\tilde{\lambda}^L) \right] \quad (11.4)
\end{aligned}$$

$\widetilde{AOQ}$, binom ve poisson dağılımları için sırasıyla 11.5 ve 11.6 no'lu denklemler ile elde edilir:

$$\begin{aligned}\widetilde{AOQ}_{binomial} &= \tilde{P}_a \otimes \tilde{p} \\ &= \left((P_{a_1}^U \times p_1^U, P_{a_2}^U \times p_2^U, P_{a_3}^U \times p_3^U, P_{a_4}^U \times p_4^U; H_1(\tilde{p}^U), H_2(\tilde{p}^U)), \right. \\ &\quad \left. (P_{a_1}^L \times p_1^L, P_{a_2}^L \times p_2^L, P_{a_3}^L \times p_3^L, P_{a_4}^L \times p_4^L; H_1(\tilde{p}^L), H_1(\tilde{p}^L)) \right) \quad (11.5)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\widetilde{AOQ}_{poisson} &= \tilde{P}_a \otimes \tilde{\lambda} \odot n \\ &= \left(\left(P_{a_1}^U \times \frac{\lambda_1^U}{n}, P_{a_2}^U \times \frac{\lambda_2^U}{n}, P_{a_3}^U \times \frac{\lambda_3^U}{n}, P_{a_4}^U \times \frac{\lambda_4^U}{n}; H_1(\tilde{\lambda}^U), H_2(\tilde{\lambda}^U) \right), \right. \\ &\quad \left. \left(P_{a_1}^L \times \frac{\lambda_1^L}{n}, P_{a_2}^L \times \frac{\lambda_2^L}{n}, P_{a_3}^L \times \frac{\lambda_3^L}{n}, P_{a_4}^L \times \frac{\lambda_4^L}{n}; H_1(\tilde{\lambda}^L), H_1(\tilde{\lambda}^L) \right) \right) \quad (11.6)\end{aligned}$$

Bilinen bir büyüklüğe (N) sahip partiler için $\widetilde{ATI}$ değeri ise 11.7 no'lu denklem ile elde edilir:

$$\begin{aligned}\widetilde{ATI} &= n \oplus (1 \ominus \tilde{P}_a) \otimes (N - n) \\ &= \left(\left((n + (N - n) \times (1 - P_{a_4}^U), n + (N - n) \times (1 - P_{a_3}^U), \right. \right. \\ &\quad \left. \left. n + (N - n) \times (1 - P_{a_2}^U), n + (N - n) \times (1 - P_{a_1}^U); \right. \right. \\ &\quad \left. \left. H_1(\tilde{p}^U) \text{ or } H_1(\tilde{\lambda}^U), H_2(\tilde{p}^U) \text{ or } H_2(\tilde{\lambda}^U) \right), \right. \\ &\quad \left((n + (N - n) \times (1 - P_{a_4}^L), n + (N - n) \times (1 - P_{a_3}^L), \right. \\ &\quad \left. n + (N - n) \times (1 - P_{a_2}^L), n + (N - n) \times (1 - P_{a_1}^L); \right. \\ &\quad \left. \left. H_1(\tilde{p}^L) \text{ or } H_1(\tilde{\lambda}^L), H_2(\tilde{p}^L) \text{ or } H_2(\tilde{\lambda}^L) \right) \right) \quad (11.7)\end{aligned}$$

11.2. Aralık Tip-2 Bulanık İkili Kabul Örnekleme Önerisi

Aralık tip-2 parça kusurluluk oranına $\tilde{p}$ sahip bir yığına ilişkin ikili örnekleme için parti kabul olasılığı ($\tilde{P}_a$), binom ve poisson dağılıma bağlı olarak sırasıyla 11.8 ve 11.9 no'lu denklemler ile hesaplanır:

$$\begin{aligned}\tilde{P}_{a_{binom}} &= P\{d_1 \leq C_1 \mid \tilde{p}, \tilde{q}, n_1, n_2, C_1, C_2\} \\ &\quad \oplus P\{d_2 \leq C_2 - d_1 \mid d_1 < C_1 \leq C_2 \text{ ve } \tilde{p}, \tilde{q}, n_1, n_2, C_1, C_2\}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{d_1=0}^{c_1} \binom{n_1}{d_1} \otimes \tilde{p}^{d_1} \otimes_{(pr.)} \tilde{q}^{n_1-d_1} \oplus \sum_{d_1=c_1+1}^{c_2} \binom{n_1}{d_1} \otimes \tilde{p}^{d_1} \otimes_{(pr.)} \tilde{q}^{n_1-d_1} \\
&= \sum_{d_1=0}^c \left[\left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_1^U)^{d_1} \times (q_4^U)^{n_1-d_1} \right), \left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_2^U)^{d_1} \times (q_3^U)^{n_1-d_1} \right), \right. \\
&\quad \left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_3^U)^{d_1} \times (q_2^U)^{n_1-d_1} \right), \left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_4^U)^{d_1} \times (q_1^U)^{n_1-d_1} \right); H_1(\tilde{p}^U), H_2(\tilde{p}^U) \Big), \\
&\quad \left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_1^L)^d \times (q_4^L)^{n_1-d_1} \right), \left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_2^L)^d \times (q_3^L)^{n_1-d_1} \right), \\
&\quad \left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_3^L)^{d_1} \times (q_2^L)^{n_1-d_1} \right), \left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_4^L)^{d_1} \times (q_1^L)^{n_1-d_1} \right); H_1(\tilde{p}^L), H_2(\tilde{p}^L) \Big] \\
&\oplus \sum_{d_1 > c_1}^{c_2} \left[\left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_1^U)^{d_1} \times (q_4^U)^{n_1-d_1} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\binom{n_2}{d_2} \times (p_1^U)^{d_2} \times (q_4^U)^{n_2-d_2} \right) \right), \right. \\
&\quad \left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_2^U)^{d_1} \times (q_3^U)^{n_1-d_1} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\binom{n_2}{d_2} \times (p_2^U)^{d_2} \times (q_3^U)^{n_2-d_2} \right) \right), \\
&\quad \left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_3^U)^{d_1} \times (q_2^U)^{n_1-d_1} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\binom{n_2}{d_2} \times (p_3^U)^{d_2} \times (q_2^U)^{n_2-d_2} \right) \right), \\
&\quad \left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_4^U)^{d_1} \times (q_1^U)^{n_1-d_1} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\binom{n_2}{d_2} \times (p_4^U)^{d_2} \times (q_1^U)^{n_2-d_2} \right) \right); \\
&\quad \quad \quad H_1(\tilde{p}^U), H_2(\tilde{p}^U) \Big), \\
&\quad \left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_1^L)^d \times (q_4^L)^{n_1-d_1} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\binom{n_2}{d_2} \times (p_1^L)^{d_2} \times (q_4^L)^{n_2-d_2} \right) \right), \\
&\quad \left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_2^L)^d \times (q_3^L)^{n_1-d_1} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\binom{n_2}{d_2} \times (p_2^L)^{d_2} \times (q_3^L)^{n_2-d_2} \right) \right), \\
&\quad \left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_3^L)^{d_1} \times (q_2^L)^{n_1-d_1} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\binom{n_2}{d_2} \times (p_3^L)^{d_2} \times (q_2^L)^{n_2-d_2} \right) \right), \\
&\quad \left(\binom{n_1}{d_1} \times (p_4^L)^{d_1} \times (q_1^L)^{n_1-d_1} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\binom{n_2}{d_2} \times (p_4^L)^{d_2} \times (q_1^L)^{n_2-d_2} \right) \right);
\end{aligned}$$

$$H_1(\tilde{p}^L), H_2(\tilde{p}^L)] \quad (11.8)$$

$$\begin{aligned}
\tilde{P}_{a_{Poisson}} &= \sum_{d_1=0}^{c_1} \frac{\tilde{\lambda}_1^{d_1} \otimes e^{-\tilde{\lambda}_1}}{d_1!} \oplus \sum_{d_1=c_1+1}^{c_2} \left(\frac{\tilde{\lambda}_1^{d_1} \otimes e^{-\tilde{\lambda}_1}}{d_1!} \otimes \sum_{d_2=0}^{c_2 \ominus d_1} \frac{\tilde{\lambda}_2^{d_2} \otimes e^{-\tilde{\lambda}_2}}{d_2!} \right) \\
&= \sum_{d_1=0}^{c_1} \left[\left(\left(\frac{(\lambda_{1_1}^U)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_1}^U}}{d_1!} \right), \left(\frac{(\lambda_{1_2}^U)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_2}^U}}{d_1!} \right), \right. \right. \\
&\quad \left(\frac{(\lambda_{1_3}^U)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_3}^U}}{d_1!} \right), \left(\frac{(\lambda_{1_4}^U)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_4}^U}}{d_1!} \right); \\
&\quad \left. H_1(\tilde{\lambda}_1^U) \text{ or } H_1(\tilde{\lambda}_2^U), H_1(\tilde{\lambda}_1^U) \text{ or } H_2(\tilde{\lambda}_2^U) \right), \\
&\quad \left(\left(\frac{(\lambda_{1_1}^L)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_1}^L}}{d_1!} \right), \left(\frac{(\lambda_{1_2}^L)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_2}^L}}{d_1!} \right), \right. \\
&\quad \left(\frac{(\lambda_{1_3}^L)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_3}^L}}{d_1!} \right), \left(\frac{(\lambda_{1_4}^L)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_4}^L}}{d_1!} \right); \\
&\quad \left. H_1(\tilde{\lambda}_1^L) \text{ or } H_1(\tilde{\lambda}_2^L), H_1(\tilde{\lambda}_1^L) \text{ or } H_2(\tilde{\lambda}_2^L) \right) \Big] \\
&\oplus \sum_{d_1 > c_1}^{c_2} \left[\left(\left(\frac{(\lambda_{1_1}^U)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_1}^U}}{d_1!} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\frac{(\lambda_{2_1}^U)^{d_2} \times e^{-\lambda_{2_1}^U}}{d_2!} \right) \right) \right), \right. \\
&\quad \left(\frac{(\lambda_{1_2}^U)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_2}^U}}{d_1!} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\frac{(\lambda_{2_2}^U)^{d_2} \times e^{-\lambda_{2_2}^U}}{d_2!} \right) \right), \\
&\quad \left(\frac{(\lambda_{1_3}^U)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_3}^U}}{d_1!} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\frac{(\lambda_{2_3}^U)^{d_2} \times e^{-\lambda_{2_3}^U}}{d_2!} \right) \right), \\
&\quad \left(\frac{(\lambda_{1_4}^U)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_4}^U}}{d_1!} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\frac{(\lambda_{2_4}^U)^{d_2} \times e^{-\lambda_{2_4}^U}}{d_2!} \right) \right); \\
&\quad \left. H_1(\tilde{\lambda}_1^L) \text{ or } H_1(\tilde{\lambda}_2^L), H_1(\tilde{\lambda}_1^L) \text{ or } H_2(\tilde{\lambda}_2^L) \right), \\
&\quad \left(\left(\frac{(\lambda_{1_1}^L)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_1}^L}}{d_1!} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\frac{(\lambda_{2_1}^L)^{d_2} \times e^{-\lambda_{2_1}^L}}{d_2!} \right) \right) \right),
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left(\frac{(\lambda_{1_2}^L)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_2}^L}}{d_1!} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\frac{(\lambda_{2_2}^L)^{d_2} \times e^{-\lambda_{2_2}^L}}{d_2!} \right) \right), \\
& \left(\frac{(\lambda_{1_3}^L)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_3}^L}}{d_1!} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\frac{(\lambda_{2_3}^L)^{d_2} \times e^{-\lambda_{2_3}^L}}{d_2!} \right) \right), \\
& \left(\frac{(\lambda_{1_4}^L)^{d_1} \times e^{-\lambda_{1_4}^L}}{d_1!} \right) \times \left(\sum_{d_2=0}^{c_2-d_1} \left(\frac{(\lambda_{2_4}^L)^{d_2} \times e^{-\lambda_{2_4}^L}}{d_2!} \right) \right); \\
& \left. H_1(\tilde{\lambda}_1^L) \text{ or } H_1(\tilde{\lambda}_2^L), H_1(\tilde{\lambda}_1^L) \text{ or } H_2(\tilde{\lambda}_2^L) \right] \quad (11.9)
\end{aligned}$$

$\widetilde{\widetilde{AOQ}}$, $\widetilde{\widetilde{ATI}}$ ve $\widetilde{\widetilde{ASN}}$ sırasıyla 11.10-11.13 no'lu denklemler ile hesaplanır:

$$\begin{aligned}
\widetilde{\widetilde{AOQ}}_{binom} &= \tilde{P}_a \otimes \tilde{p} \\
&= \left((P_{a_1}^U \times p_1^U, P_{a_2}^U \times p_2^U, P_{a_3}^U \times p_3^U, P_{a_4}^U \times p_4^U; H_1(\tilde{p}^U), H_2(\tilde{p}^U)), \right. \\
&\quad \left. (P_{a_1}^L \times p_1^L, P_{a_2}^L \times p_2^L, P_{a_3}^L \times p_3^L, P_{a_4}^L \times p_4^L; H_1(\tilde{p}^L), H_1(\tilde{p}^L)) \right) \quad (11.10)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\widetilde{\widetilde{AOQ}}_{Poisson} &= \tilde{P}_a \otimes \frac{\tilde{\lambda}_1}{n_1} = \tilde{P}_a \otimes \frac{\tilde{\lambda}_2}{n_2} \\
&= \left(\left(P_{a_1}^U \times \frac{\lambda_{1_1}^U}{n_1}, P_{a_2}^U \times \frac{\lambda_{1_2}^U}{n_1}, P_{a_3}^U \times \frac{\lambda_{1_3}^U}{n_1}, P_{a_4}^U \times \frac{\lambda_{1_4}^U}{n_1}; H_1(\tilde{\lambda}_1^U), H_1(\tilde{\lambda}_1^U) \right), \right. \\
&\quad \left. \left(P_{a_1}^L \times \frac{\lambda_{1_1}^L}{n_1}, P_{a_2}^U \times \frac{\lambda_{1_2}^L}{n_1}, P_{a_3}^U \times \frac{\lambda_{1_3}^L}{n_1}, P_{a_4}^U \times \frac{\lambda_{1_4}^L}{n_1}; H_1(\tilde{\lambda}_1^L), H_1(\tilde{\lambda}_1^L) \right) \right) \\
&= \left(\left(P_{a_1}^U \times \frac{\lambda_{2_1}^U}{n_2}, P_{a_2}^U \times \frac{\lambda_{2_2}^U}{n_2}, P_{a_3}^U \times \frac{\lambda_{2_3}^U}{n_2}, P_{a_4}^U \times \frac{\lambda_{2_4}^U}{n_2}; H_1(\tilde{\lambda}_2^U), H_1(\tilde{\lambda}_2^U) \right), \right. \\
&\quad \left. \left(P_{a_1}^L \times \frac{\lambda_{2_1}^L}{n_2}, P_{a_2}^U \times \frac{\lambda_{2_2}^L}{n_2}, P_{a_3}^U \times \frac{\lambda_{2_3}^L}{n_2}, P_{a_4}^U \times \frac{\lambda_{2_4}^L}{n_2}; H_1(\tilde{\lambda}_2^L), H_1(\tilde{\lambda}_2^L) \right) \right) \quad (11.11)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\widetilde{\widetilde{ATI}} &= n_1 \otimes \tilde{P}_a^I \oplus (n_1 \oplus n_2) \otimes \tilde{P}_a^{II} \oplus N \otimes (1 - \tilde{P}_a) \\
&= \left((n_1 \times P_{a_1}^{IU} + (n_1 + n_2) \times P_{a_1}^{IIU} + N \times (1 - P_{a_1}^U), \right. \\
&\quad n_1 \times P_{a_2}^{IU} + (n_1 + n_2) \times P_{a_2}^{IIU} + N \times (1 - P_{a_2}^U), \\
&\quad n_1 \times P_{a_3}^{IU} + (n_1 + n_2) \times P_{a_3}^{IIU} + N \times (1 - P_{a_3}^U), \\
&\quad \left. n_1 \times P_{a_4}^{IU} + (n_1 + n_2) \times P_{a_4}^{IIU} + N \times (1 - P_{a_4}^U); H_1(\tilde{p}^U), H_2(\tilde{p}^U) \right),
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left((n_1 \times P_{a_1}^{I^L} + (n_1 + n_2) \times P_{a_1}^{II^L} + N \times (1 - P_{a_1}^L), \right. \\
& \quad n_1 \times P_{a_2}^{I^L} + (n_1 + n_2) \times P_{a_2}^{II^L} + N \times (1 - P_{a_2}^L), \\
& \quad n_1 \times P_{a_3}^{I^L} + (n_1 + n_2) \times P_{a_3}^{II^L} + N \times (1 - P_{a_3}^L), \\
& \quad \left. n_1 \times P_{a_4}^{I^L} + (n_1 + n_2) \times P_{a_4}^{II^L} + N \times (1 - P_{a_4}^L); H_1(\tilde{p}^L), H_2(\tilde{p}^L) \right) \quad (11.12)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\widetilde{ASN} &= n_1 \oplus n_2 \otimes (1 \ominus \tilde{P}^I) \\
&= \left(\left((n_1 + n_2 \times (1 - P_4^{IU}), n_1 + n_2 \times (1 - P_3^{IU}), \right. \right. \\
& \quad \left. n_1 + n_2 \times (1 - P_2^{IU}), n_1 + n_2 \times (1 - P_1^{IU}); H_1(\tilde{p}^U), H_2(\tilde{p}^U) \right), \\
& \quad \left((n_1 + n_2 \times (1 - P_4^{IL}), n_1 + n_2 \times (1 - P_3^{IL}), \right. \\
& \quad \left. n_1 + n_2 \times (1 - P_2^{IL}), n_1 + n_2 \times (1 - P_1^{IL}); H_1(\tilde{p}^L), H_2(\tilde{p}^L) \right) \right) \quad (11.13)
\end{aligned}$$

11.3. Örnek Problem Çözümü

Bir firma, 500 adet parça içeren partiler için MIL-STD-105E normal muayene planına benzer bir örnekleme planı gerçekleştirmek istemektedir. Kabul edilebilir kalite limiti %4 olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak plan parametreleri şu şekilde elde edilir: $n = 50, C = 5, n_1 = 32, n_2 = 32, C_1 = 3, C_2 = 6$. Uzmanlar aralık tip-2 yamuk bulanık parça kusurluluk oranını $\tilde{p} = ((0,028; 0,037; 0,064; 0,0744; 1; 0,95), (0,0408; 0,047; 0,0512; 0,0552; 0,9; 0,85))$ olarak belirlemiş olsun.

Önerilen planların etkinliğini daha kolay ölçebilmek adına karşılaştırmalı analiz oluşturulmuştur. $p' = p_2^U$ kullanılarak geleneksel örnekleme planları, $\tilde{p}' = [p_1^U, p_4^U]$ kullanılarak aralık tip-1 örnekleme planları ve $\tilde{p}' = (p_1^U, p_2^U, p_3^U, p_4^U)$ kullanılarak tip-1 örnekleme planları için de hesaplama yapılmıştır. Bu veriler ışığında Tablo 11.1'deki sonuçlar elde edilir.

Tablo 11.1 Örnek problem sonuçları

Bir Seviyeli Örneklemeye				
	Belirli Plan	Aralık Tip-1 Plan	Tip-1 Plan	Aralık Tip-2 Plan
$\tilde{P}_a$	0,901	[0,028; 0,062]	(0,835; 0,901; 0,990; 0,997)	((0,835; 0,901; 0,990; 0,997: 1; 0,95), (0,944; 0,958; 0,971; 0,984: 0,9; 0,85))
$\widetilde{AOQ}$	0,037	[0,028; 0,062]	(0,028; 0,037; 0,058; 0,062)	((0,028; 0,037; 0,058; 0,062: 1; 0,95), (0,040; 0,046; 0,049; 0,052: 0,9; 0,85))
$\widetilde{ATI}$	54,547	[51,198; 124,462]	(51,198; 54,547; 94,334; 124,462)	((51,198; 54,547; 94,334; 124,462: 1; 0,95), (57,087; 63,122; 68,738; 75,339: 0,9; 0,85))
İki Seviyeli Örneklemeye				
	Belirli Plan	Aralık Tip-1 Plan	Tip-1 Plan	Aralık Tip-2 Plan
$\tilde{P}_a$	0,932	[0,879; 0,999]	(0,879; 0,932; 0,995; 0,999)	((0,879; 0,932; 0,995; 0,999: 1; 0,95), (0,964; 0,974; 0,983; 0,992: 0,9; 0,85))
$\widetilde{AOQ}$	0,037	[0,028; 0,065]	(0,028; 0,037; 0,060; 0,065)	((0,028; 0,037; 0,060; 0,065: 1; 0,95), (0,040; 0,046; 0,050; 0,053: 0,9; 0,85))
$\widetilde{ATI}$	35,167	[32,861; 91,546]	(32,861; 35,167; 66,129; 91,546)	((32,861; 35,167; 66,129; 91,546: 1; 0,95), (36,971; 41,404; 45,665; 50,800: 0,9; 0,85))
$\widetilde{ASN}$	32,940	[32,378; 38,527]	(32,378; 32,940; 36,547; 38,527)	((32,378; 32,940; 36,547; 38,527: 1; 0,95), (33,275; 33,951; 34,497; 35,079: 0,9; 0,85))

Tabloda görüldüğü üzere önerilen örnekleme planları daha hassas ve daha esnek değerlendirme imkânı sağlamaktadır. Diğer planlar ile karşılaştırıldığında tüm olası değerleri dikkate alan, diğer planların çıktıları ile çelişmeyen ve onları kapsayan sonuçlara ulaşılmıştır. Buradan şu çıkarımı yapmak mümkündür. Eğer değer atamaları belirli varsayımlar altında yapılırsa, geliştirilen formüller hem üçgen gibi farklı şekillerdeki bulanık kümeler hem de klasik ve tip-1 bulanık planların hesaplamaları için kullanılabilir. Bu sayede duyarlılık analizi yapmak da mümkün olacaktır.

Kabul örneklemesi planları, sanayide yoğun biçimde kullanılan bir kalite yönetimi aracıdır. Gerek farklı sektörlerde farklı türde ürünler için uygulanması, gerekse de insan faktörü ve ölçüm yöntemi kaynaklı sorunlar sebebiyle belirsizlikler yaşanabilmektedir. Literatürde, kabul örneklemesi planlarının belirsizlik altında modellenmesi konusunda çok az çalışma olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, örneklem planları farklı belirsizlik türleri altında modellenerek literatürdeki bu açık kapatılmaya çalışılmıştır. Ayrıca örneklem planları kapsamında belirsizliklerin dikkate alınması ve karakteristik fonksiyonların bu çerçevede ele alınması, planların hassasiyet ve esnekliğini arttıracaktır.

Belirsizliğin kaynağı farklılık gösterebilir. Bu durum, belirsizliğin doğasını da etkileyecektir. Belirsizlik uzmanlık yetersizliği, ölçüm yetersizliği vb. durumlardan kaynaklanıyor ise SBK kullanılarak modellemek daha elverişli sonuçlar vermektedir. Eğer uzman görüşlerinde tutarsızlıklar oluşuyor ise, nütrosifik veya Pisagor bulanık modelleme, uzman görüşleri arasında farklılıklar söz konusu ise tereddütlü bulanık modelleme tercih edilebilir. Bu yöntemlerle modelleme yapıldığında, plan sonucunda kabul veya ret kararının verilemediği kararsızlık durumu ortaya çıkabilir. Eğer bu istenmeyen bir durum ise, insan faktöründen kaynaklı belirsizlik, sürecin kendisinden kaynaklı belirsizliklerle bir arada ele alınabilir. Böyle bir durumda, tip-2 bulanık kümeler ile modelleme elverişli olacaktır. Bulanık modelleme ile elde edilen sonuçlar, duyarlılık analizi ile yorumlanarak parçaların kalite beklentilerini karşılayıp karşılamadığına karar verilebilir.

Çalışma boyunca en büyük zorluk, önerilen modellerin performansının mevcut örneklem planlarıyla karşılaştırılmasında yaşanmıştır. Özellikle sezgisel bulanık modellemede, üçüncü bir durum olan kararsızlık durumunun ortaya çıkması ve bunun da modele yansıtılması sebebiyle “izin verilen belirsiz parça sayısı” adında yeni bir parametre ortaya çıkmıştır. “Örnekleme büyüklüğü” ve “İzin verilen

kusurlu parça sayısı”, MIL-STD-105E gibi standartlar kullanılarak belirlenebilmektedir. Fakat çalışma boyunca, bu ortaya çıkan yeni parametrenin değeri MIL-STD-105E dolaylı bir yoldan kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Gelecek çalışma olarak, bu parametrenin de değerini belirlemeye yarayacak MIL-STD-105E benzeri bir standart oluşturulması için çalışılabilir. Bu şekilde belirlenmiş standartlar, pratikte hangi durumda hangi planın uygulanması gerektiğinin belirlenmesi ve plan parametrelerinin ne olması gerektiği konusunda yok gösterici olacaktır.

Geleneksel kabul örnekleme planları, olasılık teorisi üzerine inşa edilmiştir. Bu sebeple bulanık modelleme yapılırken de yine muayene sonucunda ortaya çıkan kusurluluk bilgisi olasılıksal bir doğaya sahip olmaktadır. Oysa olasılık teorisi, bir süreçle ilgili bilgi ve hakimiyetin yetersiz olduğu durumlarda kullanılan bir yaklaşımdır ve 0-1 klasik mantık üzerine kurgulanmıştır. Bulanık modelleme ise çoğu problem için süreçle ilgili daha fazla bilgi sahibi olunması, bu sebeple olasılıksal modellemeye gerek olmaması anlamına gelmektedir. Bu çalışmada, parça kusurluluk oranı bilgisinin olasılıksal doğasını zayıflatmak için ve 0-1 klasik mantık merkezli sınıflandırma yaklaşımını zayıflatmak için alt kusur sınıfları tanımlanmış ve çoklu α -kesimi önerilmiştir. Fakat bunun daha gerçekçi bir modelleme için yeterli olmadığı düşünülmektedir bu yüzden kabul örnekleme planlarının kurgusu baştan ele alınmalıdır. Kusurluluğa konu spesifikasyon bilgisinin (boy, renk vb.) dağılımına bağlı olarak teorik bir bulanık küme oluşturularak, spesifikasyon limiti bu küme üzerinde yatay bir kesme ile ifade edilebilir. Tüketici riski de yine bu küme üzerindeki ikinci bir kesme ile ifade edilerek muayene edilen parçanın kusurunun büyüklüğü bilgisi plan kurgusuna dahil edilmiş olacaktır. Bu sayede olasılıksal perspektiften bağımsız bir bulanık modelleme yapılabilecektir. Böyle bir yaklaşımda, plan parametreleri ve kuralları yeniden ele alınması ve formüllerin yeniden kurgulanması gerekir. Bu yaklaşım, kusur büyüklüğünün belirli bir eşiğe kadar düşük kaliteli diye kabul edilerek tolere edilebildiği, belirli bir eşikten sonra ise hurda olarak nitelendiği tür ürünlerde kullanışlı olabilir.

Gelecek çalışmalarda bulanık küme uzantılarının çoklu ve ardışık örnekleme planları üzerindeki etkilerinin de analiz edilmesi ele alınabilir. Bununla beraber,

kontrol edilen ürünlerin bireysel değerlendirmelerinden (dilsel ve/veya nütrosolik tanımlama ile) hareketle süreç için kusur oranı belirlenerek bu durumun örnekleme planları üzerindeki etkisi analiz edilebilir. Özellikle uzmanların kararsızlık ve/veya kararlılık durumlarının da sürece entegre edilerek bulanık yapının genişletilmesi yararlı olacaktır. Ayrıca, hangi planların hangi sektörlerde kullanıma uygun olduğu, (insan hatası ve ölçüm yöntemi yetersizliği) birden fazla belirsizliği bir arada barındıran gözle kontrol gibi durumlarda nasıl bir örnekleme yaklaşımı benimsenmesi gerektiğinin de analize dahil edilmesi isabetli olacaktır.

- [1] L. A. Zadeh, «Fuzzy Sets,» *Information and Control*, pp. 338-353, 1965.
- [2] C. Kahraman, B. Oztaysi, S. Ç. Onar ve S. C. Öner, «Fuzzy Sets Applications in Complex Energy Systems: A Literature Review,» *In Energy Management—Collective and Computational Intelligence with Theory and Applications*, pp. 15-37, 2018.
- [3] C. Kahraman ve S. Yanık, *Intelligent Decision Making in Quality Management*, Switzerland: Springer International Publishing, 2016.
- [4] R. R. Yager, «Pythagorean fuzzy subsets,» %1 içinde *2013 Joint IFSA World Congress and NAFIPS Annual Meeting (IFSA/NAFIPS)*, 2013.
- [5] L. A. Zadeh, «The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I,» *Information sciences*, pp. 199-249, 1975.
- [6] H. Hamrawi, S. Coupland ve R. John, «A Novel Alpha-cut Representation for Type-2 Fuzzy Sets,» %1 içinde *International Conference on Fuzzy Systems*, 2010.
- [7] H. Garg, «An Integrated Framework to Analyze the Performance of Process Industrial Systems Using a Fuzzy and Evolutionary Algorithm,» *Intelligent Decision Making in Quality Management*, pp. 141-177, 2016.
- [8] R. R. Yager, «Level sets and the extension principle for interval valued,» *Information Sciences*, pp. 3565-3576, 2008.
- [9] S. Gao, Z. Zhang ve C. Cao, «Multiplication operation on fuzzy numbers,» *Journal of Software*, pp. 331-338, 2009.
- [10] R. M. Rodriguez, L. Martinez ve F. Herrera, «Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making,» *IEEE Transactions on fuzzy systems*, cilt 1, no. 20, pp. 109-119, 2011.
- [11] F. Herrera ve L. Martínez, «A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words,» *IEEE Transactions on fuzzy systems*, cilt 6, no. 8, pp. 746-752, 2000.
- [12] M. De Cock ve E. E. Kerre, «Fuzzy modifiers based on fuzzy relations,» *Information Sciences*, cilt 160, no. 1-4, pp. 173-199, 2004.
- [13] E. E. Kerre ve M. De Cock, «Linguistic modifiers: an overview,» %1 içinde

Fuzzy logic and soft computing, Boston, Springer, 1999, pp. 69-85.

- [14] V. B. Kuz'min, «A parametric approach to description of linguistic values of variables and hedges,» *Fuzzy Sets and Systems*, cilt 6, no. 1, pp. 27-41, 1981.
- [15] C. Kahraman, B. Öztayşi ve S. Ç. Onar, «A comprehensive literature review of 50 years of fuzzy set theory,» *International Journal of Computational Intelligence Systems*, pp. 3-24, 2016.
- [16] J. M. Mendel ve R. B. John, «Type-2 fuzzy sets made simple,» *IEEE Transactions on fuzzy systems*, cilt 10, no. 2, pp. 117-127, 2002.
- [17] J. M. Mendel, R. I. John ve F. Liu, «Interval type-2 fuzzy logic systems made simple,» *IEEE transactions on fuzzy systems*, cilt 14, no. 6, pp. 808-821, 2006.
- [18] O. Castillo, P. Melin, J. Kacprzyk ve W. Pedrycz, «Type-2 fuzzy logic: theory and applications,» %1 içinde *2007 IEEE international conference on granular computing*, 2007.
- [19] A. D. Torshizi, M. H. F. Zarandi ve H. Zakeri, «On type-reduction of type-2 fuzzy sets: A review,» *Applied Soft Computing*, pp. 614-627, 2015.
- [20] V. K. Ojha, V. Snášel ve A. Abraham, «Multiobjective programming for type-2 hierarchical fuzzy inference trees,» *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, pp. 915-936, 2018.
- [21] Q. Liang ve J. M. Mendel, «Interval type-2 fuzzy logic systems: theory and design,» *IEEE Transactions on Fuzzy systems*, cilt 8, no. 5, pp. 535-550, 2000.
- [22] D. Wu ve J. M. Mendel, «Uncertainty measures for interval type-2 fuzzy sets,» *Information sciences*, cilt 177, no. 23, pp. 5378-5393, 2007.
- [23] J. M. Mendel, F. Liu ve D. Zhai, « α -Plane Representation for Type-2 Fuzzy Sets: Theory and Applications,» *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, cilt 17, no. 5, pp. 1189-1207, 2009.
- [24] L.-W. Lee and S.-M. Chen, "Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the extension of TOPSIS method and interval type-2 fuzzy sets," in *2008 international conference on machine learning and cybernetics*, 2008.
- [25] K. T. Atanassov, «Intuitionistic Fuzzy Sets Past, Present and Future,» *EUSFLAT Conf.*, pp. 12-19, 2003.

- [26] K. T. Atanassov, «Intuitionistic fuzzy sets,» *Fuzzy Sets and Systems*, pp. 87-96, 1986.
- [27] E. B. Jamkhaneh ve S. Nadarajah, «A new generalized intuitionistic fuzzy set,» *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, pp. 1537-1551, 2015.
- [28] E. B. Jamkhaneh, «New Interval Value Intuitionistic Fuzzy Sets,» *Research and Communications in Mathematics and Mathematical Sciences*, pp. 33-46, 2015.
- [29] C.-M. Own, «Switching between type-2 fuzzy sets and intuitionistic fuzzy sets: an application in medical diagnosis,» *Applied Intelligence*, p. 283, 2009.
- [30] B. C. Cuong, «Picture fuzzy sets,» *Journal of Computer Science and Cybernetics*, pp. 409-420, 2014.
- [31] F. Smarandache, «Neutrosophic set-a generalization of the intuitionistic fuzzy set,» *International journal of pure and applied mathematics*, p. 287, 2005.
- [32] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang ve R. Sunderraman, «Single valued neutrosophic sets,» *Infinite Study*, pp. 10-14, 2010.
- [33] H. Wang, F. Smarandache, Y.-Q. Zhang ve R. Sunderraman, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing*, Infinite Study, 2005.
- [34] A. Salama ve F. Smarandache, *Neutrosophic crisp set theory*, Educational Publisher Columbus, 2015.
- [35] X. Peng, «New operations for interval-valued Pythagorean fuzzy set,» *Sci. Iran*, pp. 1-21, 2018.
- [36] V. Torra, «Hesitant fuzzy sets,» *International Journal of Intelligent Systems*, pp. 529-539, 2010.
- [37] R. M. Rodriguez, L. Martinez ve F. Herrera, «Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making,» *IEEE Transactions on fuzzy systems*, pp. 109-119, 2012.
- [38] L. Suganthi, S. Iniyar ve A. A. Samuel, «Applications of fuzzy logic in renewable energy systems—a review,» *Renewable and sustainable energy reviews*, pp. 585-607, 2015.
- [39] B. F. Arnold, «An approach to fuzzy hypothesis testing,» *Metrika*, pp. 119-

126, 1996.

- [40] A. Mardani, M. Nilashi, E. K. Zavadskas, S. R. Awang, H. Zare ve N. M. Jamal, «Decision making methods based on fuzzy aggregation operators: Three decades review from 1986 to 2017,» *International Journal of Information Technology & Decision Making*, pp. 391-466, 2018.
- [41] A. Mardani, A. Jusoh ve E. K. Zavadskas, «Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications–Two decades review from 1994 to 2014,» *Expert systems with Applications*, pp. 4126-4148, 2015.
- [42] C. Kahraman, S. C. Onar ve B. Oztaysi, «Fuzzy multicriteria decision-making: a literature review,» *International Journal of Computational Intelligence Systems*, pp. 637-666, 2015.
- [43] T. Ertay, C. Kahraman ve İ. Kaya, «Evaluation of renewable energy alternatives using MACBETH and fuzzy AHP multicriteria methods: the case of Turkey,» *Technological and Economic Development of Economy*, pp. 38-62, 2013.
- [44] S. M. Taheri, «Trends in Fuzzy Statistics,» *Austrian Journal of Statistics*, pp. 239-257, 2003.
- [45] J. J. Buckley, «Fuzzy statistics: regression and prediction,» *Soft Comput*, p. 769–775, 2005.
- [46] P. Filzmoser ve R. Viertl, «Testing hypotheses with fuzzy data: The fuzzy p-value,» *Metrika*, p. 21–29, 2004.
- [47] A. Parchami, S. M. Taheri ve M. Mashinchi, «Fuzzy p-value in testing fuzzy hypotheses with crisp data,» *Stat Papers*, p. 209–226, 2010.
- [48] Hesamian, Gholamreza ve J. Chachi, «Two-sample Kolmogorov–Smirnov fuzzy test for fuzzy random variables,» *Stat Papers*, p. 61–82, 2015.
- [49] M. N. P. Fernández, «Fuzzy theory and quality control charts,» *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, pp. 1-6, 2017.
- [50] S. Şentürk, «Construction of fuzzy c control charts based on fuzzy rule method,» *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, pp. 563-572, 2017.
- [51] M.-H. Shu, D.-C. Dang, T.-L. Nguyen, B.-M. Hsu ve N.-S. Phan, «Fuzzy x- and s Control Charts: A Data-Adaptability and Human-Acceptance Approach,» *Complexity*, 2017.
- [52] S. Ghobadi, K. Noghondarian, R. Noorossana ve S. S. Mirhosseini,

- «Developing a fuzzy multivariate CUSUM control chart to monitor multinomial linguistic quality characteristics,» *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, pp. 1893-1903, 2015.
- [53] H. Soysal ve S. Boran, «Bulanık x⁻R diyagramları kullanılarak bulanık süreç yeterlilik analizi,» *Sakarya University Journal of Science*, pp. 15-26, 2015.
- [54] A. Parchami, S. Ç. Onar, B. Öztayşi ve C. Kahraman, «Process Capability Analysis Using Interval Type-2 Fuzzy Sets,» *International Journal of Computational Intelligence Systems*, pp. 721-733, 2017.
- [55] A. Balin ve H. Baraçlı, «A fuzzy multi-criteria decision making methodology based upon the interval type-2 fuzzy sets for evaluating renewable energy alternatives in Turkey,» *Technological and Economic Development of Economy*, pp. 742-763, 2017.
- [56] J. Garcia ve C. Figueroa, «Linear programming with interval type-2 fuzzy right hand side parameters,» %1 içinde *NAFIPS 2008-2008 Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society*, 2008.
- [57] H. Dalman ve M. Bayram, «Interactive fuzzy goal programming based on Taylor series to solve multiobjective nonlinear programming problems with interval type-2 fuzzy numbers,» *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, pp. 2434-2449, 2018.
- [58] P. Kundu, S. Majumder, S. Kar ve M. Maiti, «A method to solve linear programming problem with interval type-2 fuzzy parameters,» *Fuzzy Optimization and Decision Making*, pp. 103-130, 2019.
- [59] A. Srinivasan ve G. Geetharamani, «Linear programming problem with interval type 2 fuzzy coefficients and an interpretation for ITS constraints,» *Journal of Applied Mathematics*, 2016.
- [60] Z. Xu ve N. Zhao, «Information fusion for intuitionistic fuzzy decision making: an overview,» *Information Fusion*, pp. 10-23, 2016.
- [61] J. Razmi, E. Jafarian ve S. H. Amin, «An intuitionistic fuzzy goal programming approach for finding pareto-optimal solutions to multi-objective programming problems,» *Expert Systems with Applications*, pp. 181-193, 2016.
- [62] D. Rani, T. R. Gulati ve H. Garg, «Multi-objective non-linear programming problem in intuitionistic fuzzy environment: Optimistic and pessimistic view point,» *Expert systems with applications*, pp. 228-238, 2016.

- [63] S.-P. Wan, F. Wang, L.-L. Lin ve J.-Y. Dong, «An intuitionistic fuzzy linear programming method for logistics outsourcing provider selection,» *Knowledge-Based Systems*, pp. 80-94, 2015.
- [64] K. Piasecki, «The Intuitionistic Fuzzy Investment Recommendations,» *In 34th International Conference Mathematical Methods in Economics MME 2016: Conference proceedings*, pp. 681-686, 2016.
- [65] P. A. Ejegwa, «A note on some models of intuitionistic fuzzy sets in real life situations,» *Journal of Global Research in Mathematical Archives (JGRMA)*, pp. 42-50, 2014.
- [66] Y. Xu, A. Xu ve H. Wang, «Hesitant fuzzy linguistic linear programming technique for multidimensional analysis of preference for multi-attribute group decision making,» *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, pp. 845-855, 2016.
- [67] M. Ranjbar ve S. Effati, «Symmetric and right-hand-side hesitant fuzzy linear programming,» *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2019.
- [68] R. Wang ve Y. Li, «Picture hesitant fuzzy set and its application to multiple criteria decision-making,» *Symmetry*, p. 295, 2018.
- [69] Z. Xu, *Hesitant Fuzzy Sets Theory, Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 2014.
- [70] M. Abdel-Basset, M. Gunasekaran, M. Mohamed ve F. Smarandache, «A novel method for solving the fully neutrosophic linear programming problems,» *Neural Computing and Applications*, pp. 1-11, 2018.
- [71] M. Mohamed, M. Abdel-Basset, A. N. H. Zaied ve F. Smarandache, «Neutrosophic Integer Programming Problem,» *Neutrosophic Sets and Systems*, 2017.
- [72] M. Abdel-Baset, I. M. Hezam ve F. Smarandache, «Neutrosophic Goal Programming,» *Neutrosophic Sets and Systems*, 2016.
- [73] H. Garg, «Non-linear programming method for multi-criteria decision making problems under interval neutrosophic set environment,» *Applied Intelligence*, pp. 2199-2213, 2018.
- [74] P. Liu ve H. Li, «Multiple attribute decision-making method based on some normal neutrosophic Bonferroni mean operators,» *Neural Computing and Applications*, pp. 179-194, 2017.
- [75] Z.-p. Tian, H.-y. Zhang, J. Wang, J.-q. Wang ve X.-h. Chen, «Multi-criteria decision-making method based on a cross-entropy with interval

- neutrosophic sets,» *International Journal of Systems Science*, pp. 3598-3608, 2016.
- [76] S.-P. Wan, Z. Jin ve J.-Y. Dong, «Pythagorean fuzzy mathematical programming method for multi-attribute group decision making with Pythagorean fuzzy truth degrees,» *Knowledge and Information Systems*, pp. 437-466, 2018.
- [77] H. Garg, «"A linear programming method based on an improved score function for interval-valued pythagorean fuzzy numbers and its application to decision-making,» *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, pp. 67-80, 2018.
- [78] S. Naz, S. Ashraf ve M. Akram, «A novel approach to decision-making with Pythagorean fuzzy information,» *Mathematics*, p. 95, 2018.
- [79] M.-S. Yang ve Z. Hussain, «Fuzzy Entropy for Pythagorean Fuzzy Sets with Application to Multicriterion Decision Making,» *Complexity*, 2018.
- [80] O. Poleshchuk ve E. Komarov, «A fuzzy linear regression model for interval type-2 fuzzy sets,» %1 içinde *In 2012 Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society*, 2012.
- [81] Z. Lv, C. Chen ve W. Li, «A new method for measuring similarity between intuitionistic fuzzy sets based on normal distribution functions,» %1 içinde *Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 2007.
- [82] G. Hesamian ve M. G. Akbari, «Statistical test based on intuitionistic fuzzy hypotheses,» *Communications in Statistics-Theory and Methods*, pp. 9324-9334, 2017.
- [83] M. G. Akbari ve M. Arefi, «Statistical nonparametric test based on the intuitionistic fuzzy data,» *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, p. 525–534, 2013.
- [84] R. Parvathi, C. Malathi, M. Akram ve K. T. Atanassov, «Intuitionistic fuzzy linear regression analysis,» *Fuzzy Optim Decis Making*, p. 215–229, 2013.
- [85] C. Kahraman, B. Oztaysi ve S. Ç. Onar, «Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Confidence Intervals,» *Journal of Intelligent Systems*, p. 307–319, 2017.
- [86] R. Alhabib, M. M. Ranna, H. Farah ve A. A.Salama, «Some Neutrosophic Probability Distributions,» *Neutrosophic Sets and Systems*, p. 30, 2018.
- [87] S. K. Patro ve F. Smarandache, «The Neutrosophic Statistical Distribution -

More Problems, More Solutions,» *Neutrosophic Sets and Systems*, pp. 73-79, 2016.

- [88] A. A. Salama, O. Khaled ve K. Mahfouz, «Neutrosophic Correlation and Simple Linear Regression,» *Neutrosophic Sets and Systems*, pp. 30-38, 2018.
- [89] M. Aslam, «Design of sampling plan for exponential distribution under neutrosophic statistical interval method,» *IEEE Access*, pp. 64153-64158, 2018.
- [90] İ. Kaya, «An Overview of The Fuzzy Sets on Process Capability Analysis,» %1 içinde *10th Research/Expert Conference with International Participations, QUALITY 2017*, Neum, 2017.
- [91] İ. Kaya ve M. Çolak, «A Literature Review on Fuzzy Process Capability Analysis,» *Journal of Testing and Evaluation*, 2018.
- [92] O. Senvar ve C. Kahraman, «Type-2 fuzzy process capability indices for non-normal processes,» *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, pp. 769-781, 2014.
- [93] Y. Cao, Z. Wu, T. Liu, Z. Gao ve J. Yang, «Multivariate process capability evaluation of cloud manufacturing resource based on intuitionistic fuzzy set,» *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, pp. 227-237, 2016.
- [94] C. Kahraman, A. Parchami, S. C. Onar ve B. Oztaysi, «Process capability analysis using intuitionistic fuzzy sets,» *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, pp. 1659-1671, 2017.
- [95] M. Aslam, N. Khan ve A. H. Al-Marshadi, «Design of Variable Sampling Plan for Pareto Distribution Using Neutrosophic Statistical Interval Method,» *Symmetry*, p. 80, 2019.
- [96] M. Aslam, «Product Acceptance Determination with Measurement Error Using the Neutrosophic Statistics,» *Advances in Fuzzy Systems*, 2019.
- [97] M. Aslam, «A Variable Acceptance Sampling Plan under Neutrosophic Statistical Interval Method,» *Symmetry*, p. 114, 2019.
- [98] M. Aslam, «A new sampling plan using neutrosophic process loss consideration,» *Symmetry*, p. 132, 2018.
- [99] M. Aslam ve A. Al-Marshadi, «Design of sampling plan using regression estimator under indeterminacy,» *Symmetry*, p. 754, 2018.

- [100] M. Aslam, «A new attribute sampling plan using neutrosophic statistical interval method,» *Complex & Intelligent Systems*, pp. 1-6, 2019.
- [101] F. Smarandache, Introduction to neutrosophic statistics, Infinite Study, 2014.
- [102] S. Şentürk ve J. Antucheviciene, «Interval type-2 fuzzy c-control charts: An application in a food company,» *Informatica*, pp. 269-283, 2017.
- [103] N. Erginel, S. Şentürk ve G. Yıldız, «Modeling attribute control charts by interval type-2 fuzzy sets,» *Soft Computing*, pp. 5033-5041, 2018.
- [104] E. Teksen ve A. S. Anagun, «Different methods to fuzzy X-R control charts used in production: Interval type-2 fuzzy set example,» *Journal of Enterprise Information Management*, pp. 848-866, 2018.
- [105] A. Shabani, S. Nadarajah ve M. Alizadeh, «The (α, β) -cut control charts for process average based on the generalised intuitionistic fuzzy number,» *International Journal of Systems Science*, pp. 392-406, 2018.
- [106] A. Khormali ve J. Addeh, «A novel approach for recognition of control chart patterns: Type-2 fuzzy clustering optimized support vector machine,» *ISA transactions*, pp. 256-264, 2016.
- [107] M. H. F. Zarandi ve S. Najafi, «A type-2 fuzzy-statistical clustering approach for estimating the multiple change points in a process mean with monotonic change,» *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, pp. 1751-1765, 2015.
- [108] M. Aslam, N. Khan ve M. Khan, «Monitoring the variability in the process using neutrosophic statistical interval method,» *Symmetry*, p. 562, 2018.
- [109] M. Aslam, R. A. Bantan ve N. Khan, «Design of a Control Chart for Gamma Distributed Variables Under the Indeterminate Environment,» *IEEE Access*, pp. 8858-8864, 2019.
- [110] M. Aslam, R. A. Bantan ve N. Khan, «Design of a new attribute control chart under neutrosophic statistics,» *International Journal of Fuzzy Systems*, pp. 1-8, 2018.
- [111] M. Aslam, «Attribute Control Chart Using the Repetitive Sampling Under Neutrosophic System,» *IEEE*, pp. 15367-15374, 2019.
- [112] M. Aslam ve N. Khan, «A new variable control chart using neutrosophic interval method-an application to automobile industry,» *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, pp. 2615-2623, 2019.

- [113] M. Aslam, «Control Chart for Variance using Repetitive Sampling under Neutrosophic Statistical Interval System,» *IEEE Access*, 2019.
- [114] P. Divya, «Quality interval acceptance single sampling plan with fuzzy parameter using poisson distribution,» *International Journal of Advancements in Research & Technology*, pp. 115-125, 2012.
- [115] E. B. Jamkhaneh, B. S. Gildeh ve Y. G., «Acceptance single sampling plan with fuzzy parameter,» *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, pp. 47-55, 2011.
- [116] E. B. Jamkhaneh ve B. S. Gildeh, «Acceptance Double Sampling Plan using Fuzzy Poisson Distribution,» *World Applied Sciences Journal* , pp. 1578-1588, 2012.
- [117] C. Kahraman, E. T. Bekar ve O. Senvar, «A fuzzy design of single and double acceptance sampling plans,» *Intelligent Decision Making in Quality Management*, pp. 179-211, 2016.
- [118] K. Dumicic, V. Bahovec ve N. K. Zivadinovic, «Studying an OC Curve of an Acceptance Sampling Plan:A Statistical Quality Control Tool,» %1 içinde *7th WSEAS International Conference on Mathematics and Computers in Business and Economics*, 2006.
- [119] C. Kahraman ve İ. Kaya, «Fuzzy acceptance sampling plans,» *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, pp. 457-481, 2010.
- [120] D. C. Montgomery, Introduction to statistical quality control, Wiley, 2009.
- [121] R. M. Rodríguez, L. Martínez ve F. Herrera, «Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making,» *IEEE Transactions on fuzzy systems*, cilt 1, no. 20, pp. 109-119, 2012.
- [122] R. M. Rodríguez, L. Martínez ve F. Herrera, «A group decision making model dealing with comparative linguistic expressions based on hesitant fuzzy linguistic term sets,» *Information Sciences*, cilt 243, pp. 28-42, 2013.
- [123] O. Engin, A. Çelik ve İ. Kaya, «A fuzzy approach to define sample size for attributes control chart in multistage processes: An application in engine valve manufacturing process,» *Applied Soft Computing*, cilt 8, no. 4, pp. 1654-1663, 2008.
- [124] S.-M. Chen ve J.-A. Hong, «Multicriteria linguistic decision making based on hesitant fuzzy linguistic term sets and the aggregation of fuzzy sets,» *Information Sciences*, cilt 286, pp. 63-74, 2014.
- [125] H. Liu ve R. M. Rodríguez, «A fuzzy envelope for hesitant fuzzy linguistic term set and its application to multicriteria decision making,» *Information*

Sciences, cilt 258, pp. 220-238, 2014.

- [126] H. Garg, «Linguistic Pythagorean fuzzy sets and its applications in multiattribute decision-making process,» *International Journal of Intelligent Systems*, cilt 33, no. 6, pp. 1234-1263, 2018.
- [127] Z. Xu, «A method based on linguistic aggregation operators for group decision making under linguistic preference relations,» *Information sciences*, cilt 166, no. 1-4, pp. 19-30, 2004.
- [128] R. R. Yager, «Pythagorean membership grades in multicriteria decision making,» *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, cilt 22, no. 4, pp. 958-965, 2014.
- [129] J. Casillas, O. Cordon, F. Herrera ve L. Magdalena, «Accuracy improvements to find the balance interpretability-accuracy in linguistic fuzzy modeling: an overview,» %1 içinde *Accuracy improvements in linguistic fuzzy modeling*, Springer, 2013, pp. 3-24.
- [130] I. Truck ve H. Akdag, «A tool for aggregation with words,» *Information Sciences*, cilt 179, no. 14, pp. 2317-2324, 2009.
- [131] F. Herrera ve L. Martínez, «A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words,» *IEEE Transactions on fuzzy systems*, cilt 6, no. 8, pp. 746-752, 2000a.
- [132] Z. Tao, J. Zhu, L. Zhou, J. Liu ve H. Chen, «Multi-attribute decision making with Pythagorean fuzzy sets via conversions to intuitionistic fuzzy sets and ORESTE method,» *Journal of Control and Decision*, pp. 1-22, 2020.
- [133] R. R. Yager, «On the theory of bags,» *International Journal of General Systems*, pp. 23-37, 1986.

NÖTROSOFİK PLANLAR İÇİN C++ PROGRAMI KAYNAK KODU

```

1 //SASP
2 #include <iostream>
3 #include <stdio.h>
4 #include <cmath>
5 #include <algorithm>
6 #include <fstream>
7 #include <sstream>
8 #include <string>
9 #include <ctime>
10
11 using namespace std;
12
13 struct planParameter
14 {
15     int N;
16     int n;
17     int C;
18     int I;
19     double Init_Ps;
20     double Init_Pf;
21     double Init_Pi;
22     double PS;
23     double PF;
24     double PI;
25     string SetLabel;
26 };
27
28 struct result
29 {
30     //Klasik binom
31     double B_Pla;
32     double B_AOQ;
33     double B_ATI;
34     double B_ASN;
35     //Klasik poisson
36     double P_Pla;
37     //Notrosodik binom
38     double B_PlaN;
39     double B_PlrN;
40     double B_PliN;
41     double B_AOQN;
42     double B_ATI0;
43     double B_ATI1;
44     double B_LP;
45     //Notrosodik poisson
46     double P_PlaN;
47     double P_PlrN;
48     double P_PliN;
49     double P_AOQN;
50     double P_ATI0;
51     double P_ATI1;
52     double P_LP;
53 };
54
55 struct sampling
56 {
57     double Pa;

```

```

58         double Pr;
59         double Pi;
60         double ATI0;
61 };
62
63 //Global
64 int PRINT_OPTION;
65
66 /*Math calculations*/
67 double fact(int m) {
68     if (m == 0 || m == 1)
69         return 1;
70     else
71         return m * fact(m - 1);
72 }
73
74 double combination(int n, int r) {
75     double comb = 1.0;
76
77     double s = n-r;
78
79     if (r<s){
80         for (int i=n;i>s;i--)
81         {
82             comb = comb * i;
83         }
84         comb = comb / (fact(r));
85     }
86     else{
87         for (int i=n;i>r;i--)
88         {
89             comb = comb * i;
90         }
91         comb = comb / (fact(s));
92     }
93
94     return comb;
95 }
96
97 /*classical binomial*/
98 result B_PlaOld(planParameter Plan, result Result)
99 {
100     double Pla = 0.0;
101     for (int d = 0; d <= Plan.C; d++)
102     {
103         double comb = combination (Plan.n,d);
104
105         Pla = Pla + (1.0* comb * pow(Plan.PF,d) * pow(1-
106 Plan.PF,Plan.n-d) );
107     }
108     Result.B_Pla=Pla;
109     return Result;
110 }
111
112 /*Sampling calculations*/
113 double AOQ (sampling Sample, planParameter Plan)
114 {
115     return (Sample.Pa*Plan.PF);
116 }
117
118 double ATI (sampling Sample, planParameter Plan)
119 {
120     return (Plan.n+(1-Sample.Pa)*(Plan.N-Plan.n));
121 }
122
123 /*classical poisson*/
124 double P_PlaOld(planParameter Plan)
125 {

```

```

126         double lambda = Plan.PF*Plan.n;
127
128         double Pla = 0.0;
129         for (int d = 0; d <= Plan.C; d++)
130         {
131             Pla = Pla + ((pow(lambda,d) * exp(-lambda))/fact(d));
132         }
133         return Pla;
134     }
135
136     /*neutrosophic binomial*/
137     double B_PlaNeutro(planParameter Plan)
138     { //P{d<=C, i<=I}
139         double Pla = 0.0;
140         for (int d = 0; d <= Plan.C; d++)
141         {
142             double c1 = combination (Plan.n,d);
143
144             double internalSum = 0.0;
145
146             int iMin = std::min(Plan.I, Plan.n-d);
147
148             for (int i = 0 ; i<=iMin; i++)
149             {
150                 double c2 = combination (Plan.n-d,i);
151                 internalSum = internalSum + (c2 * pow(Plan.PI,i)
152 * pow(Plan.PS,Plan.n-i-d));
153             }
154             Pla = Pla + (c1 * pow(Plan.PF,d) * internalSum);
155         }
156         return Pla;
157     }
158
159     double B_PlrNeutro(planParameter Plan)
160     { //P{d>C}
161         double Plr = 0.0;
162
163         for (int d = Plan.C+1; d <= Plan.n; d++)
164         {
165             double c1 = combination (Plan.n,d);
166
167             double internalSum = 0.0;
168             for (int i = 0 ; i<=Plan.n-d; i++)
169             {
170                 double c2 = combination (Plan.n-d,i);
171                 internalSum = internalSum + (c2 * pow(Plan.PI,i)
172 * pow(Plan.PS,Plan.n-i-d));
173             }
174             Plr = Plr + (c1 * pow(Plan.PF,d) * internalSum);
175         }
176         return Plr;
177     }
178
179     double B_PliNeutro(planParameter Plan)
180     { //P{d<=C, i>I}
181         double Pli = 0.0;
182         for (int i = Plan.I+1; i <= Plan.n; i++)
183         {
184             double c1 = combination (Plan.n,i);
185
186             double internalSum = 0.0;
187
188             double cMin = std::min(Plan.C, Plan.n-i);
189
190             for (int d = 0 ; d <= cMin; d++)
191             {
192                 double c2 = combination (Plan.n-i,d);
193

```

```

194             internalSum = internalSum + (c2 * pow(Plan.PF,d)
195 * pow(Plan.PS,Plan.n-i-d));
196         }
197         Pli = Pli + (c1 * pow(Plan.PI,i) * internalSum);
198     }
199     return Pli;
200 }
201
202 /*neutrosophic poisson*/
203 double P_PlaNeutro(planParameter Plan)
204 { //P{d<=C, i<=I}
205     double lambda_f = Plan.PF*Plan.n;
206     double lambda_i = Plan.PI*Plan.n;
207     double Pla = 0.0;
208
209     for (int d = 0; d <= Plan.C; d++)
210     {
211         double internalSum = 0;
212
213         double iMin = min(Plan.I, Plan.n-d);
214
215         for (int i = 0 ; i<=iMin; i++)
216         {
217             internalSum = internalSum +
218 ((pow(lambda_i,i)*exp(-(lambda_i+lambda_f)))/fact(i));
219         }
220         Pla = Pla + ((pow(lambda_f,d)/fact(d)) * internalSum);
221     }
222     return Pla;
223 }
224
225 double P_PlrNeutro(planParameter Plan)
226 { //P{d>C}
227     double lambda_f = Plan.PF*Plan.n;
228     double lambda_i = Plan.PI*Plan.n;
229     double Plr = 0.0;
230
231     for (int d = Plan.C+1; d <= Plan.n; d++)
232     {
233         double internalSum = 0.0;
234         for (int i = 0 ; i<=Plan.n-d; i++)
235         {
236             internalSum = internalSum +
237 ((pow(lambda_i,i)*exp(-(lambda_i+lambda_f)))/fact(i));
238         }
239         Plr = Plr + ((pow(lambda_f,d)/fact(d)) * internalSum);
240     }
241     return Plr;
242 }
243
244 double P_PliNeutro(planParameter Plan)
245 { //P{d<=C, i>I}
246     double lambda_f = Plan.PF*Plan.n;
247     double lambda_i = Plan.PI*Plan.n;
248     double Pli = 0.0;
249
250     for (int i = Plan.I+1; i <= Plan.n; i++)
251     {
252         double internalSum = 0.0;
253
254         double cMin = min(Plan.C, Plan.n-i);
255
256         for (int d = 0; d <= cMin; d++)
257         {
258             internalSum = internalSum +
259 ((pow(lambda_f,d)*exp(-(lambda_i+lambda_f)))/fact(d));
260         }
261         Pli = Pli + ((pow(lambda_i,i)/fact(i)) * internalSum);

```

```

262     }
263
264     return Pli;
265 }
266
267
268 /*Sampling calculations*/
269 double AOQNeutro (sampling Sample, planParameter Plan)
270 {
271     return (Sample.Pa*Plan.PF);
272 }
273
274 double ATINeutro0 (sampling Sample, planParameter Plan)
275 {
276     return (Plan.n + (1-Sample.Pa)*(Plan.N-Plan.n));
277 }
278
279 double ATINeutro1 (sampling Sample, planParameter Plan)
280 {
281     return (Plan.n + Sample.Pr*(Plan.N-Plan.n)+(1-Sample.Pa-
282 Sample.Pr)*Sample.ATI0);
283 }
284
285 void PrintPlanParameters(planParameter Plan)
286 {
287     printf("===== Set = %s =====\n",
288 Plan.SetLabel.c_str());
289     printf("-----Islem Parametreleri-----\n\n");
290
291     printf ("N = %d \n", Plan.N);
292     printf ("n = %d \n", Plan.n);
293     printf ("C = %d \n", Plan.C);
294     printf ("I = %d \n", Plan.I);
295     printf ("\n");
296
297     printf ("Ps = %1.2f \n", Plan.PS);
298     printf ("Pf = %1.2f \n", Plan.PF);
299     printf ("Pi = %1.2f \n", Plan.PI);
300     printf ("\n");
301 }
302
303 void PrintResults(planParameter Plan, result Result)
304 {
305     printf("-----Klasik Binom Kabul Orneklemesi-----
306 \n\n");
307     printf ("B_Pa (n=%d, c=%d) = %1.3f \n", Plan.n, Plan.C,
308 Result.B_Pla);
309     printf ("\n");
310
311     printf("-----Klasik Poisson Kabul Orneklemesi-----
312 \n\n");
313     printf ("P_Pa (n=%d, c=%d) = %1.3f \n", Plan.n, Plan.C,
314 Result.P_Pla);
315     printf ("\n");
316
317     printf("-----Notrosifik Binom Kabul Orneklemesi-----\n\n");
318     printf ("B_Pa (n=%d, c=%d, I=%d) = %1.3f \n", Plan.n, Plan.C,
319 Plan.I, Result.B_PlaN);
320     printf ("B_Pr (n=%d, c=%d, I=%d) = %1.3f \n", Plan.n, Plan.C,
321 Plan.I, Result.B_PlrN);
322     printf ("B_Pi (n=%d, c=%d, I=%d) = %1.3f \n", Plan.n, Plan.C,
323 Plan.I, Result.B_PliN);
324     printf ("\n");
325     printf ("L(p) (n=%d, c=%d, I=%d) = %1.3f \n", Plan.n, Plan.C,
326 Plan.I, Result.B_LP);
327     printf ("\n");
328     printf ("AOQ=%1.2f\n", Result.B_AOQN);
329     printf ("ATI0=%1.2f\n", Result.B_ATI0);

```



```

330         printf ("ATI1=%.2f\n", Result.B_ATI1);
331         printf ("\n");
332
333         printf("-----Notrosifik Poisson Kabul Orneklemesi-----
334 \n\n");
335         printf ("P_Pa (n=%d, c=%d, I=%d) = %1.3f \n", Plan.n, Plan.C,
336 Plan.I, Result.P_PlaN);
337         printf ("P_Pr (n=%d, c=%d, I=%d) = %1.3f \n", Plan.n, Plan.C,
338 Plan.I, Result.P_PlrN);
339         printf ("P_Pi (n=%d, c=%d, I=%d) = %1.3f \n", Plan.n, Plan.C,
340 Plan.I, Result.P_PliN);
341         printf ("\n");
342         printf ("L(p) (n=%d, c=%d, I=%d) = %1.3f \n", Plan.n, Plan.C,
343 Plan.I, Result.P_LP);
344         printf ("\n");
345         printf ("AOQ=%1.2f\n", Result.P_AOQN);
346         printf ("ATI0=%.2f\n", Result.P_ATI0);
347         printf ("ATI1=%.2f\n", Result.P_ATI1);
348         printf ("\n");
349         printf ("\n");
350 }
351
352 string datetime()
353 {
354     time_t rawtime;
355     struct tm * timeinfo;
356     char buffer [80];
357
358     time (&rawtime);
359     timeinfo= localtime(&rawtime);
360
361     strftime(buffer,80,"%d-%m-%Y %H-%M-%S",timeinfo);
362     return string(buffer);
363 }
364
365 void SaveHeadersToFile()
366 {
367
368     ofstream File;
369     File.open("Results.txt", std::ios_base::app);
370     File<<"ExecutionTime="<< datetime() <<"\n";
371
372     File<<"SetLabel"<<"\t";
373
374     File<<"B_Pa"<<"\t";
375     File<<"B_Pr"<<"\t";
376     File<<"B_Pi"<<"\t";
377     File<<"B_LP"<<"\t";
378     File<<"B_AOQ"<<"\t";
379     File<<"B_ATI0"<<"\t";
380     File<<"B_ATI1"<<"\t";
381
382     File<<"P_Pa"<<"\t";
383     File<<"P_Pr"<<"\t";
384     File<<"P_Pi"<<"\t";
385     File<<"P_LP"<<"\t";
386     File<<"P_AOQ"<<"\t";
387     File<<"P_ATI0"<<"\t";
388     File<<"P_ATI1"<<endl;
389 }
390
391
392 void SaveResultsToFile(planParameter Plan, result Result)
393 {
394     ofstream File;
395
396     File.open("Results.txt", std::ios_base::app);
397     File<<Plan.SetLabel<<"\t";

```

```

398
399
400
401     File<<Result.B_PlaN<<"\t";
402     File<<Result.B_PlrN<<"\t";
403     File<<Result.B_PliN<<"\t";
404     File<<Result.B_LP<<"\t";
405     File<<Result.B_AOQN<<"\t";
406     File<<Result.B_ATI0<<"\t";
407     File<<Result.B_ATI1<<"\t";
408
409     File<<Result.P_PlaN<<"\t";
410     File<<Result.P_PlrN<<"\t";
411     File<<Result.P_PliN<<"\t";
412     File<<Result.P_LP<<"\t";
413     File<<Result.P_AOQN<<"\t";
414     File<<Result.P_ATI0<<"\t";
415     File<<Result.P_ATI1<<endl;
416
417     File.close();
418 }
419
420 /*Calculate and Print Results*/
421 void ExecuteSampling(planParameter Plan){
422     result Result;
423     sampling Sample;
424
425     //Klasik binom
426     Result = B_PlaOld(Plan, Result);
427
428     Sample.Pa = Result.B_Pla;
429
430     Result.B_AOQ = AOQ(Sample, Plan);
431     Result.B_ATI = ATI(Sample, Plan);
432
433     //Klasik poisson
434     Result.P_Pla = P_PlaOld(Plan);
435
436     //Notrosifik binom
437     Result.B_PlaN = B_PlaNeutro(Plan);
438     Result.B_PlrN = B_PlrNeutro(Plan);
439     Result.B_PliN = B_PliNeutro(Plan);
440
441     Sample.Pa =Result.B_PlaN;
442     Sample.Pr =Result.B_PlrN;
443     Sample.Pi =Result.B_PliN;
444     Sample.ATI0=Result.B_ATI0;
445
446     Result.B_AOQN = AOQNeutro(Sample, Plan);
447     Result.B_ATI0 = ATINeutro0(Sample, Plan);
448     Result.B_ATI1 = ATINeutro1(Sample, Plan);
449     Result.B_LP = (Result.B_PlaN + Result.B_PliN + Result.B_PlrN);
450
451     //Notrosifik poisson
452     Result.P_PlaN = P_PlaNeutro(Plan);
453     Result.P_PlrN = P_PlrNeutro(Plan);
454     Result.P_PliN = P_PliNeutro(Plan);
455
456     Sample.Pa =Result.P_PlaN;
457     Sample.Pr =Result.P_PlrN;
458     Sample.Pi =Result.P_PliN;
459     Sample.ATI0=Result.P_ATI0;
460
461     Result.P_AOQN= AOQNeutro(Sample, Plan);
462     Result.P_ATI0 = ATINeutro0(Sample, Plan);
463     Result.P_ATI1 = ATINeutro1(Sample, Plan);
464     Result.P_LP = (Result.P_PlaN + Result.P_PliN + Result.P_PlrN);
465

```

```

466 //Yazdır
467 if (PRINT_OPTION==0)
468 {
469     PrintResults(Plan, Result);
470 }
471 else if (PRINT_OPTION==1)
472 {
473     SaveResultsToFile(Plan, Result);
474 }
475 else
476 {
477     SaveResultsToFile(Plan, Result);
478     PrintResults(Plan, Result);
479 }
480
481 }
482
483 int main ()
484 {
485     planParameter Plan;
486
487     int print_option;
488
489     printf ("Sonuclar nereye yazilsin?\n0: Ekran\n1: Dosya\n2: Ikisi
490 de\n");
491     scanf ("%d",&print_option);
492
493     PRINT_OPTION = print_option;
494
495     if (PRINT_OPTION!=0)
496     {
497         SaveHeadersToFile();
498     }
499
500     ifstream Source;
501     string root;
502     Source.open("SamplingParameters.txt");
503
504     string line;
505     while (getline(Source, line))
506     {
507         istringstream iss(line);
508         if (!(iss >> Plan.SetLabel >> Plan.N >> Plan.n >> Plan.C >>
509 Plan.I >> Plan.PF >> Plan.PS)) { break; } // error
510
511         Plan.PI = 1- Plan.PF - Plan.PS;
512
513         PrintPlanParameters(Plan);
514         ExecuteSampling(Plan);
515     }
516
517     Source.close();
518     system("pause");
519
520     return 0;
521 }
522
523 //DASP
524 #include <iostream>
525 #include <stdio.h>
526 #include <cmath>
527 #include <algorithm>
528 #include <fstream>
529 #include <sstream>
530 #include <string>
531 #include <ctime>
532
533 using namespace std;

```

```

534
535 struct planParameter
536 {
537     int N;
538     int n1;
539     int n2;
540     int C1;
541     int C2;
542     int I1;
543     int I2;
544     double Init_Ps;
545     double Init_Pf;
546     double Init_Pi;
547     double PS;
548     double PF;
549     double PI;
550     string SetLabel;
551 };
552
553 struct result
554 {
555     //Klasik binom
556     double B_Pla;
557     double B_Pla1;
558     double B_Plr1;
559     double B_AOQ;
560     double B_ATI;
561     double B_ASN;
562
563     //Klasik poisson
564     double P_Pla;
565     double P_Pla1;
566     double P_AOQ;
567     double P_ATI;
568     double P_ASN;
569
570     //Notrosofik binom
571     double B_PlaN;
572     double B_Pla1N;
573     double B_PlrN;
574     double B_Plr1N;
575     double B_PliN;
576     double B_Pli1N;
577     double B_AOQN;
578     double B_ATI0;
579     double B_ATI1;
580     double B_ASNN;
581     double B_LP;
582
583     //Notrosofik poisson
584     double P_PlaN;
585     double P_Pla1N;
586     double P_PlrN;
587     double P_Plr1N;
588     double P_PliN;
589     double P_Pli1N;
590     double P_AOQN;
591     double P_ATI0;
592     double P_ATI1;
593     double P_ASNN;
594     double P_LP;
595 };
596
597 struct sampling
598 {
599     double Pa;
600     double Pal;
601     double Pr;

```

```

602         double Pr1;
603         double Pi;
604         double Pil;
605         double ATIO;
606 };
607
608 //Global
609 int PRINT_OPTION;
610
611 /*Math calculations*/
612 double fact(int m) {
613     if (m == 0 || m == 1)
614         return 1;
615     else
616         return m * fact(m - 1);
617 }
618
619 double combination(int n, int r) {
620     double comb = 1.0;
621
622     double s = n-r;
623
624     if (r<s){
625         for (int i=n;i>s;i--)
626         {
627             comb = comb * i;
628         }
629         comb = comb / (fact(r));
630     }
631     else{
632         for (int i=n;i>r;i--)
633         {
634             comb = comb * i;
635         }
636         comb = comb / (fact(s));
637     }
638
639     return comb;
640 }
641
642 /*classical binomial*/
643 result B_PlaOld(planParameter Plan, result Result)
644 {
645     double Pla = 0.0;
646     for (int d1 = 0; d1 <= Plan.C1; d1++)
647     {
648         double comb = combination (Plan.n1,d1);
649
650         Pla = Pla + (1.0* comb * pow(Plan.PF,d1) * pow(1-
651 Plan.PF,Plan.n1-d1));
652     }
653
654     Result.B_Pla1=Pla;
655
656     for (int d1 = Plan.C1+1 ; d1 <= Plan.C2; d1++)
657     {
658         double comb = combination (Plan.n1,d1);
659         double p1=0.0;
660         double p2=0.0;
661
662         p1 = (1.0* comb * pow(Plan.PF,d1) * pow(1-
663 Plan.PF,Plan.n1-d1));
664
665         for (int d2 = 0; d2 <= Plan.C2-d1; d2++)
666         {
667             double comb = combination (Plan.n2,d2);
668
669             p2 = p2 + (1.0* comb * pow(Plan.PF,d2) * pow(1-

```

```

670 Plan.PF,Plan.n2-d2));
671         }
672         Pla = Pla + p1*p2;
673     }
674     Result.B_Pla=Pla;
675     return Result;
676 }
677
678 result B_PlrOld(planParameter Plan, result Result)
679 {
680     double Plr = 0.0;
681     for (int d1 = Plan.C2+1; d1 <= Plan.n1; d1++)
682     {
683         double comb = combination (Plan.n1,d1);
684
685         Plr = Plr + (1.0* comb * pow(Plan.PF,d1) * pow(1-
686 Plan.PF,Plan.n1-d1));
687     }
688
689     Result.B_Plr1=Plr;
690     return Result;
691 }
692
693
694
695 /*classical poisson*/
696 result P_PlaOld(planParameter Plan, result Result)
697 {
698     double lambda1 = Plan.PF*Plan.n1;
699     double lambda2 = Plan.PF*Plan.n2;
700
701     double Pla = 0.0;
702     for (int d1 = 0; d1 <= Plan.C1; d1++)
703     {
704         Pla = Pla + ((pow(lambda1,d1) * exp(-lambda1))/fact(d1));
705     }
706
707     Result.P_Pla1=Pla;
708
709     for (int d1 = Plan.C1+1 ; d1 <= Plan.C2; d1++)
710     {
711         double p1=0.0;
712         double p2=0.0;
713
714         p1 = ((pow(lambda1,d1) * exp(-lambda1))/fact(d1));
715
716         for (int d2 = 0; d2 <= Plan.C2-d1; d2++)
717         {
718             p2 = p2 + ((pow(lambda2,d2) * exp(-
719 lambda2))/fact(d2));
720         }
721         Pla = Pla + p1*p2;
722     }
723     Result.P_Pla=Pla;
724     return Result;
725 }
726
727 /*neutrosophic binomial*/
728 result B_PlaNeutro(planParameter Plan, result Result)
729 {
730     double Pla = 0.0;
731     for (int d1 = 0; d1 <= Plan.C1; d1++)
732     {
733         double internalSum = 0;
734
735         double comb1 = combination (Plan.n1,d1);
736
737         for (int i1 = 0 ; i1<=Plan.I1; i1++)

```

```

738         {
739             double comb2 = combination (Plan.n1-d1,i1);
740             internalSum = internalSum + (comb2 *
741 pow(Plan.PI,i1) * pow(Plan.PS,Plan.n1-i1-d1));
742         }
743         Pla = Pla + (comb1 * pow(Plan.PF,d1) * internalSum);
744     }
745     Result.B_Pla1N = Pla;
746
747     for (int d1 = Plan.C1+1 ; d1 <= Plan.C2; d1++)
748     {
749         double internalSum1=0.0;
750
751         double comb3 = combination (Plan.n1,d1);
752
753         for (int i1 = 0; i1<=Plan.I2; i1++)
754         {
755             double internalSum2=0.0;
756             double comb4 = combination (Plan.n1-d1,i1);
757
758             for (int d2=0; d2<= Plan.C2-d1; d2++)
759             {
760                 double internalSum3=0.0;
761                 double comb5 = combination (Plan.n2,d2);
762
763                 for(int i2=0; i2<=Plan.I2-i1; i2++){
764                     double comb6 = combination
765 (Plan.n2-d2,i2);
766                     internalSum3 = internalSum3 +
767 (comb6 * pow(Plan.PI,i2) * pow(Plan.PS,Plan.n2-i2-d2));
768                 }
769                 internalSum2 = internalSum2 + (comb5 *
770 pow(Plan.PF,d2) * internalSum3);
771             }
772             internalSum1 = internalSum1 + (comb4 *
773 pow(Plan.PI,i1) * pow(Plan.PS,Plan.n1-i1-d1) * internalSum2);
774         }
775         Pla = Pla + (comb3 * pow(Plan.PF,d1) * internalSum1);
776     }
777
778     for (int d1 = 0 ; d1 <= Plan.C1; d1++)
779     {
780         double internalSum1=0.0;
781
782         double comb3 = combination (Plan.n1,d1);
783
784         for (int i1 = Plan.I1+1; i1<=Plan.I2; i1++)
785         {
786             double internalSum2=0.0;
787             double comb4 = combination (Plan.n1-d1,i1);
788
789             for (int d2=0; d2<= Plan.C2-d1; d2++)
790             {
791                 double internalSum3=0.0;
792                 double comb5 = combination (Plan.n2,d2);
793
794                 for(int i2=0; i2<=Plan.I2-i1; i2++){
795                     double comb6 = combination
796 (Plan.n2-d2,i2);
797                     internalSum3 = internalSum3 +
798 (comb6 * pow(Plan.PI,i2) * pow(Plan.PS,Plan.n2-i2-d2));
799                 }
800                 internalSum2 = internalSum2 + (comb5 *
801 pow(Plan.PF,d2) * internalSum3);
802             }
803             internalSum1 = internalSum1 + (comb3 *
804 pow(Plan.PF,d1) * internalSum1);
805         }

```

```

806                                     }
807
808                                     internalSum1 = internalSum1 + (comb4 *
809 pow(Plan.PI,i1) * pow(Plan.PS,Plan.n1-i1-d1) * internalSum2);
810                                     }
811                                     Pla = Pla + (comb3 * pow(Plan.PF,d1) * internalSum1);
812     }
813
814     Result.B_PlaN = Pla;
815     return Result;
816 }
817
818 result B_PlrNeutro(planParameter Plan, result Result){
819     double Plr = 0.0;
820
821     for (int d1 = Plan.C2+1; d1 <= Plan.n1; d1++)
822     {
823         double internalSum = 0;
824
825         double comb1 = combination (Plan.n1,d1);
826
827         for (int i1 = 0 ; i1<=Plan.n1-d1; i1++)
828         {
829             double comb2 = combination (Plan.n1-d1,i1);
830             internalSum = internalSum + (comb2 *
831 pow(Plan.PI,i1) * pow(Plan.PS,Plan.n1-i1-d1));
832         }
833         Plr = Plr + (comb1 * pow(Plan.PF,d1) * internalSum);
834     }
835
836     Result.B_Plr1N = Plr;
837
838     for (int d1 = Plan.C1+1 ; d1 <= Plan.C2; d1++)
839     {
840         double internalSum1=0.0;
841
842         double comb3 = combination (Plan.n1,d1);
843
844         for (int i1 = 0 ; i1<=Plan.I2; i1++)
845         {
846             double internalSum2=0.0;
847             double comb4 = combination (Plan.n1-d1,i1);
848
849             for (int d2= Plan.C2-d1+1; d2<=Plan.n2; d2++)
850             {
851                 double internalSum3=0.0;
852                 double comb5 = combination (Plan.n2,d2);
853
854                 for(int i2=0; i2<=Plan.n2-d2; i2++)
855                 {
856                     double comb6 = combination
857 (Plan.n2-d2,i2);
858                     internalSum3 = internalSum3 +
859 (comb6 * pow(Plan.PI,i2) * pow(Plan.PS,Plan.n2-i2-d2));
860                 }
861                 internalSum2 = internalSum2 + (comb5 *
862 pow(Plan.PF,d2) * internalSum3);
863             }
864             internalSum1 = internalSum1 + (comb4 *
865 pow(Plan.PI,i1) * pow(Plan.PS,Plan.n1-i1-d1) * internalSum2);
866         }
867         Plr = Plr + (comb3 * pow(Plan.PF,d1) * internalSum1);
868     }
869
870     for (int d1 = 0 ; d1 <= Plan.C1; d1++)
871     {
872         double internalSum1=0.0;
873

```



```

874         double comb3 = combination (Plan.n1,d1);
875
876         for (int i1 = Plan.I1+1 ; i1<=Plan.I2; i1++)
877         {
878             double internalSum2=0.0;
879             double comb4 = combination (Plan.n1-d1,i1);
880
881             for (int d2= Plan.C2-d1+1; d2<=Plan.n2; d2++)
882             {
883                 double internalSum3=0.0;
884                 double comb5 = combination (Plan.n2,d2);
885
886                 for(int i2=0; i2<=Plan.n2-d2; i2++)
887                 {
888                     double comb6 = combination
889 (Plan.n2-d2,i2);
890                     internalSum3 = internalSum3 +
891 (comb6 * pow(Plan.PI,i2) * pow(Plan.PS,Plan.n2-i2-d2));
892                 }
893                 internalSum2 = internalSum2 + (comb5 *
894 pow(Plan.PF,d2) * internalSum3);
895             }
896             internalSum1 = internalSum1 + (comb4 *
897 pow(Plan.PI,i1) * pow(Plan.PS,Plan.n1-i1-d1) * internalSum2);
898         }
899         Plr = Plr + (comb3 * pow(Plan.PF,d1) * internalSum1);
900     }
901
902     Result.B_PlrN = Plr;
903     return Result;
904 }
905
906 result B_PliNeutro(planParameter Plan, result Result)
907 {
908     double Pli = 0.0;
909
910     for (int d1 = 0; d1 <= Plan.C2; d1++)
911     {
912         double internalSum = 0;
913
914         double comb1 = combination (Plan.n1,d1);
915
916         for (int i1 = Plan.I2+1 ; i1<=Plan.n1-d1; i1++)
917         {
918             double comb2 = combination (Plan.n1-d1,i1);
919             internalSum = internalSum + (comb2 *
920 pow(Plan.PI,i1) * pow(Plan.PS,Plan.n1-i1-d1));
921         }
922         Pli = Pli + (comb1 * pow(Plan.PF,d1) * internalSum);
923     }
924
925     Result.B_Pli1N = Pli;
926
927     for (int d1 = Plan.C1+1 ; d1 <= Plan.C2; d1++)
928     {
929         double internalSum1=0.0;
930
931         double comb3 = combination (Plan.n1,d1);
932
933         for (int i1 = 0 ; i1<=Plan.I2; i1++)
934         {
935             double internalSum2=0.0;
936             double comb4 = combination (Plan.n1-d1,i1);
937
938             for (int d2= 0; d2<=Plan.C2-d1; d2++)
939             {
940                 double internalSum3=0.0;
941                 double comb5 = combination (Plan.n2,d2);

```

```

942
943                                     for(int i2=Plan.I2-i1+1; i2<=Plan.n2-d2;
944 i2++)
945                                     {
946                                         double comb6 = combination
947 (Plan.n2-d2,i2);
948                                         internalSum3 = internalSum3 +
949 (comb6 * pow(Plan.PI,i2) * pow(Plan.PS,Plan.n2-i2-d2));
950                                     }
951                                         internalSum2 = internalSum2 + (comb5 *
952 pow(Plan.PF,d2) * internalSum3);
953                                     }
954                                         internalSum1 = internalSum1 + (comb4 *
955 pow(Plan.PI,i1) * pow(Plan.PS,Plan.n1-i1-d1) * internalSum2);
956                                     }
957                                         Pli = Pli + (comb3 * pow(Plan.PF,d1) * internalSum1);
958                                     }
959
960     for (int d1 = 0 ; d1 <= Plan.C1; d1++)
961     {
962         double internalSum1=0.0;
963
964         double comb3 = combination (Plan.n1,d1);
965
966         for (int i1 = Plan.I1+1 ; i1<=Plan.I2; i1++)
967         {
968             double internalSum2=0.0;
969             double comb4 = combination (Plan.n1-d1,i1);
970
971             for (int d2= 0; d2<=Plan.C2-d1; d2++)
972             {
973                 double internalSum3=0.0;
974                 double comb5 = combination (Plan.n2,d2);
975
976                 for(int i2=Plan.I2-i1+1; i2<=Plan.n2-d2;
977 i2++)
978                 {
979                     double comb6 = combination
980 (Plan.n2-d2,i2);
981                     internalSum3 = internalSum3 +
982 (comb6 * pow(Plan.PI,i2) * pow(Plan.PS,Plan.n2-i2-d2));
983                     }
984                     internalSum2 = internalSum2 + (comb5 *
985 pow(Plan.PF,d2) * internalSum3);
986                     }
987                     internalSum1 = internalSum1 + (comb4 *
988 pow(Plan.PI,i1) * pow(Plan.PS,Plan.n1-i1-d1) * internalSum2);
989                     }
990                     Pli = Pli + (comb3 * pow(Plan.PF,d1) * internalSum1);
991                 }
992
993     Result.B_PliN = Pli;
994     return Result;
995 }
996
997 /*neutrosophic poisson*/
998 result P_PlaNeutro(planParameter Plan, result Result)
999 {
1000     double lambda_f1 = 1.0*Plan.PF*Plan.n1;
1001     double lambda_i1 = 1.0*Plan.PI*Plan.n1;
1002     double lambda_f2 = 1.0*Plan.PF*Plan.n2;
1003     double lambda_i2 = 1.0*Plan.PI*Plan.n2;
1004     double Pla = 0.0;
1005
1006     for (int d1 = 0; d1 <= Plan.C1; d1++)
1007     {
1008         double internalSum = 0;
1009

```

```

1010         for (int i1 = 0 ; i1<=Plan.I1; i1++)
1011         {
1012             internalSum = internalSum +
1013 ((pow(lambda_i1,i1)*exp(-(lambda_i1+lambda_f1)))/fact(i1));
1014         }
1015         Pla = Pla + ((pow(lambda_f1,d1)/fact(d1)) * internalSum);
1016     }
1017
1018     Result.P_Pla1N = Pla;
1019
1020     for (int d1 = Plan.C1+1 ; d1 <= Plan.C2; d1++)
1021     {
1022         double internalSum1=0.0;
1023
1024         for (int i1 = 0 ; i1<=Plan.I2; i1++)
1025         {
1026             double internalSum2=0.0;
1027             for (int d2=0; d2<= Plan.C2-d1; d2++)
1028             {
1029                 double internalSum3=0.0;
1030
1031                 for(int i2=0; i2<=Plan.I2-i1; i2++)
1032                 {
1033                     internalSum3 = internalSum3 +
1034 ((pow(lambda_i2,i2)*exp(-(lambda_i2+lambda_f2)))/fact(i2));
1035                 }
1036
1037                 internalSum2 = internalSum2 +
1038 ((pow(lambda_f2,d2)/fact(d2)) * internalSum3);
1039             }
1040
1041             internalSum1 = internalSum1 +
1042 ((pow(lambda_i1,i1)*exp(-(lambda_i1+lambda_f1)))/fact(i1)* internalSum2);
1043         }
1044         Pla = Pla + ((pow(lambda_f1,d1)/fact(d1))*
1045 internalSum1);
1046     }
1047
1048     for (int d1 = 0 ; d1 <= Plan.C1; d1++)
1049     {
1050         double internalSum1=0.0;
1051
1052         for (int i1 = Plan.I1+1 ; i1<=Plan.I2; i1++)
1053         {
1054             double internalSum2=0.0;
1055             for (int d2=0; d2<= Plan.C2-d1; d2++)
1056             {
1057                 double internalSum3=0.0;
1058
1059                 for(int i2=0; i2<=Plan.I2-i1; i2++)
1060                 {
1061                     internalSum3 = internalSum3 +
1062 ((pow(lambda_i2,i2)*exp(-(lambda_i2+lambda_f2)))/fact(i2));
1063                 }
1064
1065                 internalSum2 = internalSum2 +
1066 ((pow(lambda_f2,d2)/fact(d2)) * internalSum3);
1067             }
1068
1069             internalSum1 = internalSum1 +
1070 ((pow(lambda_i1,i1)*exp(-(lambda_i1+lambda_f1)))/fact(i1)* internalSum2);
1071         }
1072         Pla = Pla + ((pow(lambda_f1,d1)/fact(d1))*
1073 internalSum1);
1074     }
1075
1076     Result.P_PlaN = Pla;
1077     return Result;

```

```

1078 }
1079
1080 result P_PlrNeutro(planParameter Plan, result Result)
1081 {
1082     double lambda_f1 = 1.0*Plan.PF*Plan.n1;
1083     double lambda_i1 = 1.0*Plan.PI*Plan.n1;
1084     double lambda_f2 = 1.0*Plan.PF*Plan.n2;
1085     double lambda_i2 = 1.0*Plan.PI*Plan.n2;
1086     double Plr = 0.0;
1087
1088     for (int d1 = Plan.C2+1; d1 <= Plan.n1; d1++)
1089     {
1090         double internalSum = 0;
1091
1092         for (int i1 = 0 ; i1<=Plan.n1-d1; i1++)
1093         {
1094             internalSum = internalSum +
1095 ((pow(lambda_i1,i1)*exp(-(lambda_i1+lambda_f1)))/fact(i1));
1096         }
1097         Plr = Plr + ((pow(lambda_f1,d1)/fact(d1)) * internalSum);
1098     }
1099
1100     Result.P_Plr1N = Plr;
1101
1102     for (int d1 = Plan.C1+1 ; d1 <= Plan.C2; d1++)
1103     {
1104         double internalSum1=0.0;
1105
1106         for (int i1 = 0 ; i1<=Plan.I2; i1++)
1107         {
1108             double internalSum2=0.0;
1109             for (int d2=Plan.C2-d1+1; d2<= Plan.n2; d2++)
1110             {
1111                 double internalSum3=0.0;
1112
1113                 for(int i2=0; i2<=Plan.n2-d2; i2++)
1114                 {
1115                     internalSum3 = internalSum3 +
1116 ((pow(lambda_i2,i2)*exp(-(lambda_i2+lambda_f2)))/fact(i2));
1117                 }
1118
1119                 internalSum2 = internalSum2 +
1120 ((pow(lambda_f2,d2)/fact(d2)) * internalSum3);
1121             }
1122
1123             internalSum1 = internalSum1 +
1124 ((pow(lambda_i1,i1)*exp(-(lambda_i1+lambda_f1)))/fact(i1)* internalSum2);
1125         }
1126         Plr = Plr + ((pow(lambda_f1,d1)/fact(d1))*
1127 internalSum1);
1128     }
1129
1130     for (int d1 = 0 ; d1 <= Plan.C1; d1++)
1131     {
1132         double internalSum1=0.0;
1133
1134         for (int i1 = Plan.I1+1 ; i1<=Plan.I2; i1++)
1135         {
1136             double internalSum2=0.0;
1137             for (int d2= Plan.C2-d1+1; d2<= Plan.n2; d2++)
1138             {
1139                 double internalSum3=0.0;
1140
1141                 for(int i2=0; i2<=Plan.n2-d2; i2++)
1142                 {
1143                     internalSum3 = internalSum3 +
1144 ((pow(lambda_i2,i2)*exp(-(lambda_i2+lambda_f2)))/fact(i2));
1145                 }

```

```

1146
1147                                     internalSum2 = internalSum2 +
1148 ((pow(lambda_f2,d2)/fact(d2)) * internalSum3);
1149                                     }
1150
1151                                     internalSum1 = internalSum1 +
1152 ((pow(lambda_i1,i1)*exp(-(lambda_i1+lambda_f1)))/fact(i1)* internalSum2);
1153                                     }
1154                                     Plr = Plr + ((pow(lambda_f1,d1)/fact(d1))*
1155 internalSum1);
1156                                     }
1157
1158                                     Result.P_PlrN = Plr;
1159                                     return Result;
1160 }
1161
1162 result P_PliNeutro(planParameter Plan, result Result)
1163 {
1164     double lambda_f1 = 1.0*Plan.PF*Plan.n1;
1165     double lambda_i1 = 1.0*Plan.PI*Plan.n1;
1166     double lambda_f2 = 1.0*Plan.PF*Plan.n2;
1167     double lambda_i2 = 1.0*Plan.PI*Plan.n2;
1168     double Pli = 0.0;
1169
1170     for (int d1 = 0; d1 <= Plan.C2; d1++)
1171     {
1172         double internalSum = 0;
1173
1174         for (int i1 = Plan.I2+1 ; i1<=Plan.n1-d1; i1++)
1175         {
1176             internalSum = internalSum +
1177 ((pow(lambda_i1,i1)*exp(-(lambda_i1+lambda_f1)))/fact(i1));
1178         }
1179         Pli = Pli + ((pow(lambda_f1,d1)/fact(d1)) * internalSum);
1180     }
1181
1182     Result.P_Pli1N = Pli;
1183
1184     for (int d1 = Plan.C1+1 ; d1 <= Plan.C2; d1++)
1185     {
1186         double internalSum1=0.0;
1187
1188         for (int i1 = 0 ; i1<=Plan.I2; i1++)
1189         {
1190             double internalSum2=0.0;
1191             for (int d2=0; d2<= Plan.C2-d1; d2++)
1192             {
1193                 double internalSum3=0.0;
1194
1195                 for(int i2=Plan.I2-i1+1; i2<=Plan.n2-d2;
1196 i2++)
1197                 {
1198                     internalSum3 = internalSum3 +
1199 ((pow(lambda_i2,i2)*exp(-(lambda_i2+lambda_f2)))/fact(i2));
1200                 }
1201
1202                 internalSum2 = internalSum2 +
1203 ((pow(lambda_f2,d2)/fact(d2)) * internalSum3);
1204             }
1205
1206             internalSum1 = internalSum1 +
1207 ((pow(lambda_i1,i1)*exp(-(lambda_i1+lambda_f1)))/fact(i1)* internalSum2);
1208         }
1209         Pli = Pli + ((pow(lambda_f1,d1)/fact(d1))*
1210 internalSum1);
1211     }
1212
1213     for (int d1 = 0 ; d1 <= Plan.C1; d1++)

```

```

1214     {
1215         double internalSum1=0.0;
1216
1217         for (int i1 = Plan.I1+1 ; i1<=Plan.I2; i1++)
1218         {
1219             double internalSum2=0.0;
1220             for (int d2=0; d2<= Plan.C2-d1; d2++)
1221             {
1222                 double internalSum3=0.0;
1223
1224                 for(int i2=Plan.I2-i1+1; i2<=Plan.n2-d2;
1225 i2++)
1226                 {
1227                     internalSum3 = internalSum3 +
1228 ((pow(lambda_i2,i2)*exp(-(lambda_i2+lambda_f2)))/fact(i2));
1229                 }
1230
1231                 internalSum2 = internalSum2 +
1232 ((pow(lambda_f2,d2)/fact(d2)) * internalSum3);
1233             }
1234
1235             internalSum1 = internalSum1 +
1236 ((pow(lambda_i1,i1)*exp(-(lambda_i1+lambda_f1)))/fact(i1) * internalSum2);
1237         }
1238         Pli = Pli + ((pow(lambda_f1,d1)/fact(d1)) *
1239 internalSum1);
1240     }
1241
1242     Result.P_PliN = Pli;
1243     return Result;
1244 }
1245
1246
1247 /*Sampling calculations*/
1248 double AOQ (sampling Sample, planParameter Plan)
1249 {
1250     return (Sample.Pa*Plan.PF);
1251 }
1252
1253 double ATI (sampling Sample, planParameter Plan)
1254 {
1255     return (Plan.n1*Sample.Pa1 + (Plan.n1+Plan.n2)*(Sample.Pa-
1256 Sample.Pa1) + Plan.N*Sample.Pr);
1257 }
1258
1259 double AOQNeutro (sampling Sample, planParameter Plan)
1260 {
1261     return (Sample.Pa*Plan.PF);
1262 }
1263
1264 double ATINeutro0 (sampling Sample, planParameter Plan)
1265 {
1266     return (Plan.n1*Sample.Pa1 + (Plan.n1+Plan.n2)*(Sample.Pa-
1267 Sample.Pa1) + Plan.N*(1-Sample.Pa));
1268 }
1269
1270 double ATINeutro1 (sampling Sample, planParameter Plan)
1271 {
1272     return (Plan.n1*Sample.Pa1 + (Plan.n1+Plan.n2)*(Sample.Pa-
1273 Sample.Pa1) + Plan.N*(Sample.Pr)+(1-Sample.Pa-Sample.Pr)*Sample.ATI0);
1274 }
1275
1276 double ASN (sampling Sample, planParameter Plan)
1277 {
1278     return (Plan.n1 + Plan.n2* (1-(Sample.Pa1 + Sample.Pr1)));
1279 }
1280
1281 double ASNN (sampling Sample, planParameter Plan)

```

```

1282 {
1283     return (Plan.n1 + Plan.n2* (1-(Sample.Pa1 + Sample.Pr1+
1284 Sample.Pi1)));
1285 }
1286
1287 void PrintPlanParameters(planParameter Plan)
1288 {
1289     printf("===== Set = %s =====\n",
1290 Plan.SetLabel.c_str());
1291     printf("-----Islem Parametreleri-----\n\n");
1292
1293     printf ("N = %d \n", Plan.N);
1294     printf ("n1 = %d \n", Plan.n1);
1295     printf ("n2 = %d \n", Plan.n2);
1296     printf ("C1 = %d \n", Plan.C1);
1297     printf ("C2 = %d \n", Plan.C2);
1298     printf ("I1 = %d \n", Plan.I1);
1299     printf ("I2 = %d \n", Plan.I2);
1300     printf ("\n");
1301
1302     printf ("Ps = %1.2f \n", Plan.Init_Ps);
1303     printf ("Pf = %1.2f \n", Plan.Init_Pf);
1304     printf ("Pi = %1.2f \n", Plan.Init_Pi);
1305     printf ("\n");
1306 }
1307
1308 void PrintResults(planParameter Plan, result Result)
1309 {
1310     printf("-----Klasik Binom Kabul Orneklemesi-----
1311 \n\n");
1312     printf ("B_Pa (n1=%d, n2=%d, c1=%d, c2=%d) = %1.3f \n", Plan.n1,
1313 Plan.n2, Plan.C1, Plan.C2, Result.B_Pla);
1314     printf ("\n");
1315
1316     printf ("AOQ=%1.2f\n", Result.B_AOQ);
1317     printf ("ATI=%0f\n", Result.B_ATI);
1318     printf ("ASN=%0.2f\n", Result.B_ASN);
1319     printf ("\n");
1320
1321     printf("-----Klasik Poisson Kabul Orneklemesi-----
1322 \n\n");
1323     printf ("P_Pa (n1=%d, n2=%d, c1=%d, c2=%d) = %1.3f \n", Plan.n1,
1324 Plan.n2, Plan.C1, Plan.C2, Result.P_Pla);
1325     printf ("\n");
1326
1327     printf ("AOQ=%1.2f\n", Result.P_AOQ);
1328     printf ("ATI=%0f\n", Result.P_ATI);
1329     printf ("ASN=%0.2f\n", Result.P_ASN);
1330     printf ("\n");
1331
1332     printf("-----Notrosifik Binom Kabul Orneklemesi-----\n\n");
1333     printf ("B_Pa (n1=%d, n2=%d, c1=%d, c2=%d, I1=%d, I2=%d) = %1.3f
1334 \n", Plan.n1, Plan.n2, Plan.C1, Plan.C2, Plan.I1, Plan.I2, Result.B_PlaN);
1335     printf ("B_Pr (n1=%d, n2=%d, c1=%d, c2=%d, I1=%d, I2=%d) = %1.3f
1336 \n", Plan.n1, Plan.n2, Plan.C1, Plan.C2, Plan.I1, Plan.I2, Result.B_PlrN);
1337     printf ("B_Pi (n1=%d, n2=%d, c1=%d, c2=%d, I1=%d, I2=%d) = %1.3f
1338 \n", Plan.n1, Plan.n2, Plan.C1, Plan.C2, Plan.I1, Plan.I2, Result.B_PliN);
1339     printf ("\n");
1340     printf ("L(p) (n1=%d, n2=%d, c1=%d, c2=%d, I1=%d I2=%d, ) = %1.3f
1341 \n", Plan.n1, Plan.n2, Plan.C1, Plan.C2, Plan.I1, Plan.I2, Result.B_LP);
1342     printf ("\n");
1343     printf ("AOQ=%1.2f\n", Result.B_AOQN);
1344     printf ("ATI0=%0f\n", Result.B_ATI0);
1345     printf ("ATI1=%0f\n", Result.B_ATI1);
1346     printf ("ASN=%0.2f\n", Result.B_ASNN);
1347     printf ("\n");
1348
1349     printf("-----Notrosifik Poisson Kabul Orneklemesi-----

```

```

1350 \n\n");
1351     printf ("P_Pa (n1=%d, n2=%d, c1=%d, c2=%d, I1=%d, I2=%d) = %1.3f\n", Plan.n1, Plan.n2, Plan.C1, Plan.C2, Plan.I1, Plan.I2, Result.P_PlaN);
1352     printf ("P_Pr (n1=%d, n2=%d, c1=%d, c2=%d, I1=%d, I2=%d) = %1.3f\n", Plan.n1, Plan.n2, Plan.C1, Plan.C2, Plan.I1, Plan.I2, Result.P_PlrN);
1353     printf ("P_Pi (n1=%d, n2=%d, c1=%d, c2=%d, I1=%d, I2=%d) = %1.3f\n", Plan.n1, Plan.n2, Plan.C1, Plan.C2, Plan.I1, Plan.I2, Result.P_PliN);
1354     printf ("L(p) (n1=%d, n2=%d, c1=%d, c2=%d, I1=%d, I2=%d, ) = %1.3f\n", Plan.n1, Plan.n2, Plan.C1, Plan.C2, Plan.I1, Plan.I2, Result.P_LP);
1355     printf ("\n");
1356     printf ("AOQ=%1.2f\n", Result.P_AOQN);
1357     printf ("ATI0=%.0f\n", Result.P_ATI0);
1358     printf ("ATI1=%.0f\n", Result.P_ATI1);
1359     printf ("ASN=%.2f\n", Result.P_ASNN);
1360     printf ("\n");
1361 }
1362
1363 string datetime()
1364 {
1365     time_t rawtime;
1366     struct tm * timeinfo;
1367     char buffer [80];
1368
1369     time (&rawtime);
1370     timeinfo= localtime(&rawtime);
1371
1372     strftime(buffer,80,"%d-%m-%Y %H-%M-%S",timeinfo);
1373     return string(buffer);
1374 }
1375
1376 void SaveHeadersToFile()
1377 {
1378     ofstream File;
1379     File.open("Results.txt", std::ios_base::app);
1380     File<<"ExecutionTime="<< datetime() <<"\n";
1381
1382     File<<"SetLabel"<<"\t";
1383
1384     File<<"B_Pa"<<"\t";
1385     File<<"B_Pr"<<"\t";
1386     File<<"B_Pi"<<"\t";
1387     File<<"B_LP"<<"\t";
1388     File<<"B_AOQ"<<"\t";
1389     File<<"B_ATI0"<<"\t";
1390     File<<"B_ATI1"<<"\t";
1391     File<<"B_ASN"<<"\t";
1392
1393     File<<"P_Pa"<<"\t";
1394     File<<"P_Pr"<<"\t";
1395     File<<"P_Pi"<<"\t";
1396     File<<"P_LP"<<"\t";
1397     File<<"P_AOQ"<<"\t";
1398     File<<"P_ATI0"<<"\t";
1399     File<<"P_ATI1"<<"\t";
1400     File<<"P_ASN"<<endl;
1401 }
1402
1403 void SaveResultsToFile(planParameter Plan, result Result)
1404 {
1405     ofstream File;
1406     File.open("Results.txt", std::ios_base::app);
1407     File<<Plan.SetLabel<<"\t";
1408
1409     File<<Result.B_PlaN<<"\t";

```



```

1418         File<<Result.B_PlrN<<"\t";
1419         File<<Result.B_PliN<<"\t";
1420         File<<Result.B_LP<<"\t";
1421         File<<Result.B_AOQN<<"\t";
1422         File<<Result.B_ATI0<<"\t";
1423         File<<Result.B_ATI1<<"\t";
1424         File<<Result.B_ASNN<<"\t";
1425
1426         File<<Result.P_PlaN<<"\t";
1427         File<<Result.P_PlrN<<"\t";
1428         File<<Result.P_PliN<<"\t";
1429         File<<Result.P_LP<<"\t";
1430         File<<Result.P_AOQN<<"\t";
1431         File<<Result.P_ATI0<<"\t";
1432         File<<Result.P_ATI1<<"\t";
1433         File<<Result.P_ASNN<<endl;
1434
1435         File.close();
1436     }
1437
1438     /*Calculate and Print Results*/
1439     void ExecuteSampling(planParameter Plan){
1440         result Result;
1441         sampling Sample;
1442
1443
1444         //Klasik binom
1445         Result = B_PlaOld(Plan, Result);
1446         Result = B_PlrOld(Plan, Result);
1447
1448
1449         Sample.Pa = Result.B_Pla;
1450         Sample.Pa1 = Result.B_Pla1;
1451         Sample.Pr1 = Result.B_Plr1;
1452
1453         Result.B_AOQ = AOQ(Sample, Plan);
1454         Result.B_ATI = ATI(Sample, Plan);
1455         Result.B_ASN = ASN(Sample, Plan);
1456
1457         //Klasik poisson
1458         //Result = P_PlaOld(Plan, Result);
1459         //Result = P_PlrOld(Plan, Result);
1460
1461         //
1462         Sample.Pa = Result.P_Pla;
1463         Sample.Pa1 = Result.P_Pla1;
1464         Sample.Pr1 = Result.P_Plr1;
1465
1466         //
1467         Result.P_AOQ = AOQ(Sample, Plan);
1468         Result.P_ATI = ATI(Sample, Plan);
1469         Result.P_ASN = ASN(Sample, Plan);
1470
1471         //Notrosifik binom
1472         Result = B_PlaNeutro(Plan, Result);
1473         Result = B_PlrNeutro(Plan, Result);
1474         Result = B_PliNeutro(Plan, Result);
1475
1476         Sample.Pa = Result.B_PlaN;
1477         Sample.Pa1 = Result.B_Pla1N;
1478         Sample.Pr = Result.B_PlrN;
1479         Sample.Pr1 = Result.B_Plr1N;
1480         Sample.Pi = Result.B_PliN;
1481         Sample.Pi1 = Result.B_Pli1N;
1482         Sample.ATI0 = Result.B_ATI0;
1483
1484         Result.B_AOQN = AOQNeutro(Sample, Plan);
1485         Result.B_ATI0 = ATINeutro0(Sample, Plan);
1486         Result.B_ATI1 = ATINeutro1(Sample, Plan);
1487         Result.B_ASNN = ASNN(Sample, Plan);

```

```

Result.B_LP = (Result.B_PlaN + Result.B_PliN + Result.B_PlrN);

//Notrosofik poisson
Result = P_PlaNeutro(Plan, Result);
Result = P_PlrNeutro(Plan, Result);
Result = P_PliNeutro(Plan, Result);

Sample.Pa = Result.P_PlaN;
Sample.Pal = Result.P_Pla1N;
Sample.Pr = Result.P_PlrN;
Sample.Prl = Result.P_Plr1N;
Sample.Pi = Result.P_PliN;
Sample.Pil = Result.P_Pli1N;
Sample.ATI0 = Result.P_ATI0;

Result.P_AOQN = AOQNeutro(Sample, Plan);
Result.P_ATI0 = ATINeutro0(Sample, Plan);
Result.P_ATI1 = ATINeutro1(Sample, Plan);
Result.P_ASNN = ASNN(Sample, Plan);
Result.P_LP = (Result.P_PlaN + Result.P_PliN + Result.P_PlrN);

//Yazdir
if (PRINT_OPTION==0)
{
    PrintResults(Plan, Result);
}
else if (PRINT_OPTION==1)
{
    SaveResultsToFile(Plan, Result);
}
else
{
    SaveResultsToFile(Plan, Result);
    PrintResults(Plan, Result);
}
}

int main ()
{
    planParameter Plan;

    int print_option;

    printf ("Sonuclar nereye yazilsin?\n0: Ekran\n1: Dosya\n2: Ikisi
de\n");
    scanf ("%d",&print_option);

    PRINT_OPTION = print_option;

    if (PRINT_OPTION!=0)
    {
        SaveHeadersToFile();
    }

    ifstream Source;
    string root;
    Source.open("SamplingParameters2.txt");

    string line;
    while (getline(Source, line))
    {
        istringstream iss(line);
        if (!(iss >> Plan.SetLabel >> Plan.N >> Plan.n1 >> Plan.n2 >>
Plan.C1 >> Plan.C2 >> Plan.I1 >> Plan.I2 >> Plan.PF >> Plan.PS)) { break;
    } // error

    Plan.PI = 1- Plan.PF - Plan.PS;

```

```
        PrintPlanParameters(Plan);  
        ExecuteSampling(Plan);  
    }  
    Source.close();  
    system("pause");  
    return 0;  
}
```

Konferans Bildirileri

1. G. Işık & İ. Kaya, “Effects of neutrosophic binomial distribution on double acceptance sampling plans”, *Conference Proceedings of Science and Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 68-76, December 2020.
2. G. Işık & İ. Kaya, “Analyzing single acceptance sampling plans based on neutrosophic poisson distribution”, *International Marmara Sciences Congress (Spring 2020)*, pp.596-603, June 2020.
3. G. Işık & İ. Kaya, “Derivation of Acceptance Sampling Plans by using Interval Type-2 Fuzzy Sets”, *18th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence*, pp. 65-76, September 2021.

Makaleler

1. G. Işık & İ. Kaya, “Design and analysis of acceptance sampling plans based on intuitionistic fuzzy linguistic terms” *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, 18(5), pp. 101-118, 2021. doi: 10.22111/IJFS.2021.6211
2. G. Işık & İ. Kaya, “Design of single and double acceptance sampling plans based on neutrosophic sets” *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, (İnceleme Sürecinde)
3. G. Işık & İ. Kaya, “Design of acceptance sampling plans based on interval valued neutrosophic sets” *Soft Computing*, (İnceleme Sürecinde)
4. G. Işık & İ. Kaya, “A novel approach based on hesitant fuzzy linguistic term sets and its application on acceptance sampling plans” *International Journal of General Systems*, (İnceleme Sürecinde)
5. G. Işık & İ. Kaya, “A new integrated methodology for constructing linguistic pythagorean fuzzy statements with improved accuracy for decision making problems” *International Journal of Fuzzy Systems*, (İnceleme Sürecinde)
6. G. Işık & İ. Kaya, “Design of acceptance sampling plans based on interval type-2 fuzzy sets” *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, (İnceleme Sürecinde)