



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIKLIK ALTINDA ÖZELLİKLERE GÖRE ÖRNEKLEME PLANLARININ OPTİMİZASYONU

Ebru TURANOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2012
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ebru TURANOĞLU

Tarih: 29.06.2012

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BULANIKLIK ALTINDA ÖZELLİKLERE GÖRE ÖRNEKLEME PLANLARININ OPTİMİZASYONU

Ebru TURANOĞLU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN

2012, 59 Sayfa

Jüri
Danışman Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN
Prof. Dr. Ahmet PEKER
Doç. Dr. Orhan ENGİN

İstatistiksel kalite kontrol ile verilerin toplanması, analizi, yorumlanması ve gerekli çözüm yollarının geliştirerek üretilen mal ve hizmetlerin kalite yönünden kontrol altında olması sağlanır. İstatistiksel kalite kontrolün en önemli konularından bir tanesi kabul örneklemesidir. Kabul örneklemesinde anakütleden (parti) örnek alınır, örnekteki birimlerin bazı kalite karakteristikleri muayene edilir ve bu örneklerden elde edilen bilgiye dayanılarak partinin ne şekilde değerlendirileceğine yani kabulü veya reddine karar verilir. Düzgün bir kabul örneklemesi planının tasarımı, genellikle müşteri tarafından gerekli kılınan, gerçek kalite seviyesinin bilinmesine ihtiyaç duymaktadır. Ancak bazı durumlarda, bu kalite seviyesini kesin değerler ile belirlemek mümkün olmayabilmektedir. Özellikle üretim ortamında, kusurlu oranı, örnek hacmi, kabul edilebilir hata sayısı gibi kabul örneklemesi parametrelerini kesin olarak belirleyebilmek kolay olmamaktadır. Bu tez projesinde yukarıda bahsedilen belirsizliği ve bilgi eksikliğini giderebilmek için kabul örneklemesi planlarında kullanılan parametreler dilsel değişkenler yardımıyla tanımlanmış ve bulanık kümeler teorisi kabul örneklemesine başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Ayrıca özelliklere göre örnekleme planlarından tekli ve ikili örnek alma planlarının tasarımı için bulanıklık altında çeşitli kısıtlar (üretici ve tüketici riskinin belirli değerleri aşmaması) göz önüne alınarak çok amaçlı matematiksel modeller geliştirilmiş ve en uygun çözümler elde edilmiştir. Sonuç olarak bulanıklık altında geliştirilen tekli ve ikili örnek alma planlarında daha düşük örnek hacimlerinin elde edildiği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bulanıklık Altında İkili Örnek Alma Plan Optimizasyonu, Bulanıklık Altında Tekli Örnek Alma Plan Optimizasyonu, Bulanık Kümeler Teorisi, Bulanık İstatistik.

ABSTRACT

MS THESIS

OPTIMIZATION OF SAMPLING PLANS BY ATTRIBUTES UNDER FUZZY ENVIRONMENT

Ebru TURANOĞLU

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER IN INDUSTRIAL ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN

2012, 59 Pages

Jury
Advisor Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN
Prof. Dr. Ahmet PEKER
Assoc. Prof. Dr. Orhan ENGİN

Statistical Quality Control is a tool for developing required resolution plans against problematic areas of goods and service production. It uses statistical methods for maintaining the quality of the produced goods and the services under control by collecting, analyzing, and interpreting the data. One of t he most important subject of the Statistical Quality Control is acceptance sampling. In acceptance sampling, sampling is taken from the lot, batch, e.g.. . Units from these samplings are inspected to determine whether the whole lot could be accepted or rejected based on the results of the measured quality characteristics. Proper design of an acceptance sampling planning usually depends on knowing the true level of quality required by customers. However, it is sometimes not possible to determine this quality level with certain values. Especially in production, it is not easy to determine the parameters of acceptance sampling such as proportion of defect items, sample size, acceptable defect items. In this thesis, the parameters used in acceptance sampling are defined with the help of linguistic variables and fuzzy set theory has successfully been applied to acceptance sampling to eliminate uncertainty and lack of knowledge mentioned above. Additionally, for planning of single and double sampling design from the acceptance planning according to the attributes, multi-objective mathematical models are developed and the optimal results are obtained by considering the various constraints under fuzziness. As a result it is obtained that the lower sample sizes in developed single and double sampling plans under fuzzy environment.

Keywords: Fuzzy Set Theory, Fuzzy Statistics, Optimization of Double Sampling Plan under Fuzzy Environment, Optimization of Single Sampling Plan under Fuzzy Environment.

ÖNSÖZ

Kalite kontrolde istenilen hedeflere ulaşmada kullanılan araçlardan bir tanesi olan kabul örneklemesi planları ürünün nihai kalite karakteristiklerini sağlayıp/sağlamadığını kontrol etmek için kullanılabilen etkili bir araçtır. Bu rekabet ortamında hayatta kalabilmek adına işletmelerin de bu teknikler için kullandığı metotlar değişmeye başlamış ve kalite problemlerinin çözümüne yönelik olarak uzman sistemler, bulanık kümeler teorisi, yapay sinir ağları gibi yapay zeka tekniklerinin kullanımı artmıştır. Bu değişikliği göz önüne alarak "Bulanıklık Altında Özelliklere Göre Kabul Örneklemesi Planlarının Optimizasyonu" üzerinde yapılacak çalışmalar literatüre ve dolayısıyla işletmelere de önemli katkılar sağlayacaktır.

Yaptığım bu yüksek lisans tez çalışmasında sonsuz desteğini, ilgisini ve engin bilgilerini ve sabrını benden esirgemeyen çok değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN'a, yüksek lisans tez sürecimde gerekli olan huzurlu çalışma ortamını sağlayan, değerli katkılarını ve desteğini esirgemeyen her zaman motivasyonumu yüksek tutmamı sağlayan Endüstri Mühendisliği Bölümü Başkanımız çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet PEKER'e, sonsuz desteğini, ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Orhan ENGİN' e, engin bilgileriyle yardımımıza her zaman büyük bir zevkle koşan çok değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. İsmail KARAOĞLAN' a, önerilerini ve bilgilerini her zaman büyük bir zevkle benimle paylaşan değerli meslektaşım Arş. Gör. Eren ÖZCEYLAN'a, iyi ve kötü günümde hep yanımda olan ve anlayışını hiçbir zaman esirgemeyen değerli meslektaşım Arş. Gör. Seda HEZER' e, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümünün çok değerli öğretim üyelerine ve diğer araştırma görevlisi arkadaşlarıma, yüksek lisans eğitimim boyunca sağladığı maddi destekten dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'a ve beni büyüten ve bıkmadan usanmadan her daim yanımda olan canım babama, canım anneme, biricik abime ve son olarak da nişanlıma ayrı ayrı sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Ebru TURANOĞLU
KONYA-2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**

2.1. Kabul Örneklemesi 3
2.2. Bulanıklık Altında Kabul Örneklemesi 6

3. MATERYAL VE METOT **10**

3.1. Materyal 10
3.1.1.Kabul Örneklemesinin Esasları 10
3.1.1.1. Örnek Alma Yöntemleri 12
3.1.1.2. Örnekleme Planları 12
3.1.1.2.1. Özelliklere Göre Örnekleme Planları. 13
3.1.1.2.1.1. Tekli Örnek Alma Planı 13
3.1.1.2.1.2. İkili Örnek Alma Planı 13
3.1.1.2.1.3. Çoklu Örnek Alma Planı 14
3.1.1.2.1.4. Ardışık Örnek Alma Planı 15
3.1.1.2.2. Değişkenlere Göre Örnekleme Planları. 15
3.1.1.3. Kabul Örneklemesi Planlarında Kullanılan Temel Kavramlar 15
3.1.1.4. Kabul Örneklemesi Sistemleri 18
3.2. Metot 20
3.2.1. Bulanık Kümeler Teorisi 20
3.2.1.1. Bulanık Mantık 21
3.2.2. Bulanık Kesikli Olasılık Dağılımları 24
3.2.2.1. Bulanık Binom Dağılımı 24
3.2.2.1.1. Bulanık Kusurlu Parça Sayısı Oranı 24
3.2.2.1.2. Bulanık Deney Sayıları 27
3.2.2.1.3. Bulanık Başarılı Sonuç Sayıları 28
3.2.2.2. Bulanık Poisson Dağılımı 30
3.2.2.2.1. Bulanık Kusurlu Parça Sayısı Oranı 31
3.2.2.2.2. Bulanık Deney Sayıları 33
3.2.3. Bulanık Altında Kabul Örneklemesi 35
3.2.3.1. Bulanık Tekli Örnek Alma Planı 35
3.2.3.2. Bulanık İkili Örnek Alma Planı 35

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE BULGULAR **40**

4.1. Tekli Örnek Alma Planı İçin Geliştirilen Çok Amaçlı Matematiksel Modeller ..40
4.1.1. Bulanık Altında Tekli Örnek Alma Planı İçin Geliştirilen Matematiksel Modeller ..43
4.2. İkili Örnek Alma Planı İçin Geliştirilen Çok Amaçlı Matematiksel Modeller 45
4.2.1. Bulanık Altında İkili Örnek Alma Planı İçin Geliştirilen Matematiksel Modeller ..49

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 54

5.1. Sonuçlar 54
5.2. Öneriler 55

KAYNAKLAR 56

ÖZGEÇMİŞ.....60

KISALTMALAR

Kısaltmalar

AOQ	Çıkan Ortalama Kalite
ASN	Ortalama Örnek Sayısı
AQL	Kabul Edilebilir Kalite Seviyesi
ATI	Ortalama Toplam Muayene Sayısı
LPTD	Kabul Edilebilir Parti Kusurlu Yüzdesi
OCC	Çalışma Karakteristiği Eğrisi

1. GİRİŞ

Küreselleşen dünya sisteminde hayatımızın her noktasında karşımıza çıkan kalite bir tercih sebebi olmakta ve artık sadece tüketici kaliteli ürün almak istememekte aynı zamanda üreticiler de aldıkları ham maddelerin, yarı mamullerin, üretimin her aşamasındaki malzemelerin ve nihai mamullerin belirlenen standart ve özelliklere uygunluğunu istemektedirler. Bu faaliyetler için kalite kontrolde kullanılan en etkin tekniklerden biri kabul örneklemesidir.

Üreticiler genellikle ürünlerini müşterilerine ve tüketicilere göndermeden önce muayene ederler. Yapılan muayene ise hem üretici hem de tüketici açısından tasarlanan (tasarım kalitesi) ve gerçekleştirilen kalite (uygunluk kalitesi) düzeyleri arasındaki farkın belirlenmesine yöneliktir. Bu muayene işlemleri güvenlik nedenleri, yüksek maliyetlere yol açan bozuk mamuller veya anakütlenin kabul edilemez nitelikte olduğunu gösteren güçlü kanıtların bulunması halinde başvurulan %100 muayene ile bir anakütleden belirli istatistiksel kriterlere göre saptanan veya tesadüfen seçilen bir örnek grubunun muayenesini kapsamaktadır. Sonuç olarak kabul örneklemesi, bir anakütleden rasgele seçilen belirli miktardaki örneğin muayene edilerek örnekleme planındaki kabul edilebilir kusurlu sayısına göre partinin kabul veya ret edilmesi sürecidir.

Doğada, toplumda ve insan etkisi ile meydana gelen tüm olaylarda değişkenlik bilinen bir olgu olmakla beraber, üretim sürecinde de çeşitli nedenlerin etkisi sonucu değişkenliğin ortaya çıkması doğal ve kaçınılmaz kabul edilmektedir. Aslında istatistiksel kalite kontrol faaliyetlerinin temel amacı da üretimde kullanılan girdilerden başlayarak üretim süreci boyunca devam eden ve çıktılarda kendini gösteren farklılıklar ve belirsizlikleri giderebilmek ve üretim sürecini ekonomik olması koşulu ile kontrol altında tutmaktır. Ancak, karşılaşılan bu zorlukların giderilmesinde, olasılık kavramlarının kullanılması zorunluluğu ve gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Üretim ortamındaki belirsizlik ve bilgi eksikliğini gidermek için olasılık teorisi yaygın bir şekilde kullanılmasına rağmen, olasılık teorisinde yer alan belirsizlik genellikle olayların gerçekleşip gerçekleşmemesi ile ilgilidir. Bilindiği üzere, bu durum olasılık teorisinde rassallık kavramı ile açıklanmaktadır. Rassallık ve bulanıklık belirsizliği farklı açılardan ele alır. Rassallık bir olayın meydana gelişindeki belirsizliği açıklarken, bulanıklık bizatihi bir olayın belirsizliğini açıklar. Bu sebepler ve ayrıca literatürde yeterince incelenmeyen bulanıklık altında kabul örneklemesi konusu,

çalışmamızın temelini oluşturmaktadır. Bu çalışmada, özelliklere göre örnekleme planlarından olan birli ve ikili örnek alma planının bulanık altında optimizasyonu problemi ele alınmıştır. Çalışmanın amacı, bu kabul örneklemesi planlarının matematiksel programlama ile çeşitli kısıtlar göz önüne alınarak bulanıklık altında tasarlanmasıdır.

Yapılan bu tez çalışmasının ikinci bölümünde kabul örneklemesi ve bulanıklık altında kabul örneklemesi ile ilgili literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir. Üçüncü bölümde kabul örneklemesinin esasları, son zamanların popüler konusu olan bulanık kümeler teorisi, bulanık istatistik ve bulanıklık altında kabul örneklemesi planlarından tekli ve ikili örnek alma planları açıklayıcı örnekler yardımıyla detaylı olarak ele alınmıştır. Dördüncü bölümde bulanıklık altında özelliklerine göre örnekleme planlarından tekli ve ikili örnek alma planları için literatürdeki modeller açıklanmış ve bu planlar için geliştirilen çok amaçlı matematiksel modellere ve elde edilen sonuçlara yer verilmiştir. Son bölümde ise araştırma sonuçlarının genel bir değerlendirmesi yapılarak, gelecekte yapılabilecek çalışmalara yönelik öneriler sunulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Kabul Örneklemesi

Ravindran ve ark. (1986) kabul örneklemesinde optimal örnekleme planlarını belirleyebilmek için lineer olmayan tam sayılı hedef programlama modellerini önermişlerdir. Önerilen modellerde çelişen iki amaç olan ortalama parti muayene maliyeti ve çıkan ortalama kalite açık bir şekilde dikkate alınmıştır. Çalışmada, kabul örneklemesi planlarında örnek hacmi ve kabul sayısını belirleyen iki tane sıralı hedef programlama modeli önerilmiştir. Önerilen birinci modelde sabit bir parti kusurlu oranı dikkate alınırken önerilen ikinci modelde ise bilinmeyen ve önceki dağılımına göre belirlenen parti kusurlu oranı dikkate alınmıştır. Modeller 64 test problemine uygulanmış ve sonuçta optimal çözümler elde edilmiştir.

Evans ve Alexander (1987) tekli örnek alma planlarında maliyet enküçüklemesi ve çıkan ortalama kalitenin maksimizasyonu amacıyla çok amaçlı bir karar modeli geliştirmişlerdir. Öncelikle tekli örnek alma planlarının tasarımında beklenen faydayı maksimize edebilmek için bir matematiksel model önermişler ve daha sonra maliyet ve kaliteyi (özellikle kusurlu oranı olarak ölçülen) dikkate alan bir fayda fonksiyonunu değerlendiren bir süreç geliştirmişlerdir. Sonuç olarak deneysel çalışmalar ile çeşitli fayda fonksiyonları ve çeşitli gelen parti kusurlu oranı dağılımlarını dikkate alarak optimal örnekleme planının seçimini göstermişlerdir. Yani örnekleme planlarının ekonomik olarak analizini ortaya koymuşlardır.

Parkinson (1988), kontrol edilmiş değişkenlerin olasılık dağılımlarının örnekleme değişkenleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla azaltılmış hata maliyetine karşılık ekstra örnekleme ve iade maliyetlerini ayarlayan, optimum örnekleme planını belirleyen bir maliyet optimizasyonu prosedürü önermiştir. Ayrıca çalışmada, örnekleme planlarının, parça güvenirliği ve parça dağılımı üzerindeki etkileri de tanımlanmıştır.

Wall ve Elshennawy (1989) özelliklerine göre örnekleme planlarının ekonomik tasarımlarıyla ilgili bir literatür çalışması yapmışlardır. Çalışmada özellikle örnekleme planlarının tasarımı hakkındaki klasik çalışmaların teorik altyapıları vurgulanmıştır.

Jaraiedi ve Segall (1990) tekli ve ikili örnek alma planlarında çıkan ortalama kalite için matematiksel modelleme yapmışlardır. Çalışmada gelen partinin kusurlu

oranının (p') beta dağılımına sahip olduğu durum ile sabit olduğu durumda çıkan ortalama kalitenin kıyaslaması yapılmıştır. Yani burada beta dağılımı kullanılarak değişken kusurlu oranları için örneklem planının matematiksel modellemesi gösterilmiştir. Tekli örnek alma planı için yapılan deneysel çalışmada sabit kusurlu oranına ait çıkan ortalama kalite seviyesi, değişken kusurlu oranına ait çıkan ortalama kalite seviyesinden daha büyük olurken, ikili örnek alma planı uygulandığında sabit kusurlu oranı için çıkan ortalama kalite seviyesinin daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur.

Kleijnen ve ark. (1992) çıkan ortalama kalite seviyesi değerinden hareketle Monte Carlo simülasyonu yardımıyla örnekleme planlarını ve bu planların bilanço ve hesap işlerinde kullanılmasını irdelemişledir

Fink ve Margavio (1994) çeşitli muayene politikalarının karlılığını incelemek için ekonomik modeller geliştirmişlerdir. Bu modellerde kontrol muayenesi için, tekli örnekleme planları, %100 muayene ve hiç muayene yapmamak seçeneklerini değerlendirebilmek için kuadratik yapıya sahip bir kayıp fonksiyonu kullanılmıştır.

Tagaras (1994) minimum maliyetli değişkenlere göre kabul örneklemesi planlarının seçimi için ekonomik bir model önermiştir. Modelde kabul edilen parçaların maliyetini değerlendirmek için kuadratik Taguchi kayıp fonksiyonu benimsenmiştir. Normal dağılımlı varyansı bilinen kalite karakteristiklerine sahip örnek bir olay incelenmiş ve basit ve etkili bir optimizasyon algoritması önerilmiştir. Uygun olmayan bir plan seçildiğinde meydana gelen maliyet cezalarının çok büyük olabileceği gösterilmiştir.

Ronen ve Spector (1995) değişkenlere göre örnekleme planlarında, örnek kontrolünü kolaylaştırması amacıyla bir yaklaşım önermişler ve farklı organizasyonların strateji ve tercihlerine göre farklı örnekleme planları tercih etmeleri gerektiğini savunmuşlardır.

Graves ve ark. (1996) kabul örneklemesinde üretici ve tüketici riskinin ölçülmesine yönelik geliştirilmiş metotları sunmuşlardır. Hem üretici hem de tüketici için bayesian risklerini belirlemişler ve belirledikleri risk ölçülerindeki değişimin tepkisini görebilmek için duyarlılık analizini uygulamışladır. Sonuç olarak bayesian tüketici riskinin geleneksel tüketici riskine göre karar vericiye daha iyi bilgi verdiğini ortaya koymuşladır.

Lee ve Unnikrishan (1998) çok aşamalı imalat sisteminde, muayene hata olasılığını dikkate alarak muayene kapasitesi ve zaman kısıtına bağlı olarak uygun

muayene sayısını belirleyecek bir yöntem geliştirmişlerdir. Önerilen yöntem belirli kalite hedeflerine ulaşmak için, gerekli muayeneleri ve sayılarını belirlemektedir.

Sohn ve Jang (2001) imalat aşamasında ürünlerin güvenirliliğini sağlamak amacıyla uygulanan "verilerin bozulma testi" yaklaşımı için tekli örnek alma planı tasarlamışlardır. Önerdikleri yaklaşımın uygun sonuçlar verdiğini ve pek çok alanda kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Bebbington ve ark. (2003) parti muayenesinin mümkün olmadığı durumlar için üretim sürecindeki korelasyonların örnekleme planı üzerindeki etkileri ve Markov zinciri yaklaşımı kullanılarak, iki veya üç adımdan oluşan sürekli örnekleme planlarını incelemişlerdir.

Huang ve Lin (2004) eksponensiyel dağılıma dayanan tekli örnek alma planını incelemişlerdir. Alternatiflere dayanan örnekleme planları için birim zaman maliyetini esas alan bir kuadratik kayıp fonksiyonundan oluşan Bayes örnekleme planı oluşturmuşlardır. Optimal örnekleme planını belirlemek için bir algoritma kullanarak Bayes çözümlerini elde etmişler ve Bayes yaklaşımının iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.

Kuo (2006) menteşe aletinin bakımı ve ürün kalite kontrolü için uyarlanabilir bir kalite politikası geliştirmiştir. Durgun ve gözlemlenemez kitlesel üretim sisteminde en iyi makine bakımı ve kalite kontrol stratejisi için makine bakımı ve ürün örneklemesi arasındaki ilişkiyi ele almıştır. Dinamik programlamanın daha etkili olan değer aşama algoritmasında optimal değer fonksiyonunu bulmak ve optimal kalite politikasını belirlemede yardımcı olan optimal değer fonksiyonu için bir çok özellik üretmiştir.

Pearn ve Wub (2007) düşük kusurlu oranına sahip ürünler için süreç yeterlilik indeksini (C_{pk}) temel alan etkili bir örnekleme planı elde etmişlerdir. Uygulayıcıların önerilen metodu gerekli muayene ünitelerini ve kritik kabul değerlerini belirlemede ve ürün muayenesinde güvenilir kararlar vermede kullanabileceğini ortaya koymuşlardır.

Tsai ve ark. (2009) eksponensiyel yaşam ömürleri için kesikli muayeneler ile gitgide artan algılama altında normal ve yaklaşık kabul örneklemesi prosedürleri geliştirmişlerdir. Önerilen yöntem yaşam süreci boyunca sağlam parçaların ayıklanmasını sağlar.

Aslam ve ark. (2010) ikili örnek alma planı için belirlenen güvenirlilik seviyelerinde üretici ve tüketici riskini eş zamanlı olarak sağlayan tasarım parametrelerini belirlemişler. Birnbaum–Saunders (BS) dağılımını temel alan iki

aşamalı yaklaşım kullanarak ikili örnekleme ve grup örnekleme planları tasarlamışlardır.

Mergen ve Deligönül (2010) tekli örnek alma planlarının performansını ölçmek için uyuşmazlık oranının dağılımını kullanarak ortalama kareler uyuşmazlık (mean square nonconformance-MSNC) olarak adlandırdıkları yeni bir gösterge önermişledir.

Tsai ve Lin (2010) gitgide artan aralıklı algılayıcı test altında ömür testi planlarının tasarımını ortaya koymuşlardır. Önerilen ömür testi planları olasılık oranını temel alır ve gerekli üretici ve tüketici riskini eş zamanlı olarak sağlar.

2.2. Bulanıklık Altında Kabul Örneklemesi

Bulanıklık altında kabul örneklemesi için yapılan literatür araştırması sonucunda elde edilen çalışmalar aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

Ohta ve Ichihashi (1988) tekli örnek alma planında bulanık kümeler teorisini kullanarak üretici ve tüketici riski olarak adlandırılan risklerin üyelik fonksiyonlarını tanımlamışlar ve böylece bu riskleri genişleterek bir tasarım yöntemi ortaya koymuşlardır. Bu tasarım sürecinde örnek kabul örneklemesi planları üretirken üretici ve tüketici risklerini bulanık üçgen sayılar olarak tanımlamışlardır. Önerilen yönteme göre sayısal örnekler ile örnekleme planları türetmişlerdir.

Chakraborty (1988) üretici ve tüketici risklerine göre belirlenen örnekleme planının gücünü tatmin eden tekli örnek alma planındaki örnek hacmi ve kabul edilebilir kusurlu parça sayısını bulanık hedef programlama kullanarak belirlemiştir. Her bir bulanık hedef için üyelik fonksiyonları tanımlamış ve modeli dört kısıtlı lineer olmayan tam sayılı optimizasyon problemine dönüştürerek çözüm üretmiştir. Çözümlerde poisson dağılımı kullanmıştır ve sayısal örnekler yardımıyla örnekleme planları türetmiştir.

Kanawaga ve Ohta (1990) bulanık kümeler teorisine dayalı tekli örnek alma planı için yeni bir yöntem ortaya koymuşlardır. Klasik tekli örnek alma planın da özellikle üretici riskinin α'ya, tüketici riskinin de β'ya eşit olması istenmektedir. Fakat bu durum örnek hacmi olan n ve kabul edilebilir kusurlu parça sayısı olan c'nin tam sayı olmak zorunda olduğundan genellikle mümkün olmamaktadır. Dolayısıyla araştırmacılar çalışmalarında, bu üretici ve tüketici risklerini gevşeterek tekli örnek alma planında alınması gereken örnek hacmini azaltma yoluna gitmişlerdir. Sayısal örnekler yardımıyla ve bulanık matematiksel modelleme kullanarak yeni örneklem

planları üretmişlerdir. Bu çalışmanın diğerlerinden farkı da çoklu amaç fonksiyonu ile bulanık hedef programlama kullanması ve böylece iki risk arasındaki dengesizliği ve klasik kesin formulasyonlar kullanılarak hesaplanan büyük örnek hacimlerini ortadan kaldırması olmuştur.

Tamaki ve ark. (1991) üretici tarafından belirlenen kalite seviyesi olan θ_1, tüketici tarafından belirlenen kalite seviyesi olan θ_2, üretici riski α ve tüketici riski β değerlerini gevşeterek örnekleme plan tasarımı yapmışladır. Çalışmada Dubois ve Prade (1983) tarafından ortaya konulan olasılıkların oluşturulmasında bulanık sayıların sıralanması yöntemini kullanmışladır.

Chakraborty (1991) üretici ve tüketici risklerinin karar verici tarafından tam olarak bilinemediği ve bu iki riskin yaklaşık değerler ile ifade edildiği durum için bulanık hedef programlama modeli kullanmış ve yaklaşık sonuçlar elde etmiştir. Yazar çalışmasında, tekli örnek alma planında örnek hacminin sabit ve küçük ($n \leq 20$) olduğu durum için yaklaşık olarak ifade edilen kalite seviyelerinde binom ve poisson dağılımına göre ayrı ayrı kabul edilebilir kusurlu sayılarını elde etmiştir.

Chakraborty (1994) kabul edilebilir kalite seviyesi olan p_1, reddedilebilir ya da istenmeyen kalite seviyesi olarak adlandırılan p_2 ve üretici riski olan β'nın tam olarak bilenemediği ve bulanık sayılarla ifade edildiği durumda tekli örnek alma plan tasarımı için olabilirlikli matematiksel model geliştirmiştir. Uygun örnekleme planını oluşturmak için bir çözüm prosedürü geliştirilmiş ve sayısal örnekler ve duyarlılık analizi yapmıştır.

Wang ve Chen (1997) karar verici tarafından tüketici riski için belirlenen aralıkta $\{\beta, \beta_u\}$ ikili örnek alma planında ortalama toplam muayene sayısını minimize etmek için lineer olmayan tam sayılı bulanık matematiksel programlama modeli önermişlerdir. Önerilen modelde amaç fonksiyonu kesin değerlerden oluşurken kısıtlar için bulanık değerler kullanılmıştır. Dolayısıyla model simetrik olmayan bulanık model şeklinde ifade edilmiştir. Çalışmada sayısal örnekler ve duyarlık analizi yapmışlardır. Sonuç olarak klasik Dodge-Romig kabul edilebilir parti kusurlu oranı ikili örnek alma planından ve Chakraborty (1988) çalışmasından daha küçük ortalama muayene sayısı elde etmişlerdir.

Grzegorzewski (2001) tekli örnek alma planlarının tasarımında gevşetilmiş üretici ve tüketici riskleri ile kalite seviyelerini kullanarak yeni bir metot önermiştir. Çalışmada, Arnold (1996) tarafından ortaya konulan birinci tür ve ikinci tür hatanın olasılıkları için genelleştirilmiş bulanık hipotez testlerine dayalı model geliştirmiştir. Üretici ve tüketici riskleri ile kalite seviyelerindeki küçük sapmalardan önemli

olmamasından dolayı önerilen metot klasik metotlara göre daha esnektir. Ayrıca bu risk ve seviyelerin gevşetilmesiyle daha düşük örnek hacimleri elde etmiştir. Yazar çalışmada önerdiği metodun genel olması nedeniyle ikili örnek alma ve çoklu örnek alma planları gibi özelliklerine göre örnekleme planlarına ve değişkenlere göre örnekleme planlarına da uygulanabileceğini vurgulamıştır.

Melgaard ve Thyregod (1991) değişkenlere göre örnekleme planları belirsizlik altında değerlendirmişlerdir. Belirsizliği ölçmede iki yöntem kullanmışlardır. İlki bir parçadan diğerine değişen tam tesadüfi yöntem, diğeri de bir partideki tüm parçalar üzerindeki sabit ölçme hatasıdır. Fakat bu hata partiden partiye değişmekte yani sabit kalmamaktadır. Yazarlar çalışmada, ISO 3951 standardını kullanarak örnek yapmışlardır ve çalışma karakteristiği eğrisindeki en büyük kalite kaybını düşük frekanslı ölçme hatası tipinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Kratschmer (2005) klasik modellemede muayene edilen partilerin kabul edilebilirliği ile ilgili birtakım yetersizlikleri ortadan kaldırmak adına özelliklerine göre örnekleme planları için esnek kalite standartlarına dayalı bir çerçeve oluşturmaya çalışmıştır. Özelliklerine göre örnekleme planlarının klasik çerçevesini genişleterek örnekleme planlarında bulanık istatistik ve bulanık verilerden faydalanmıştır. Böylece klasik biçimde daha karmaşık olan çalışma karakteristiği eğrisini değerlendirmede daha pratik bir çözüm sunmuştur.

Hryniewicz (2008) istatistiksel kalite kontrolde bulanık kümeler teorisinin kullanımı ile ilgili bir literatür çalışması yapmıştır. Yazar çalışmasında bulanık verileri temel alan bulanık kabul örneklemesi planlarının tasarımı ile özgün bir yöntem ortaya koymuştur. Ayrıca kabul örneklemesinde bulanık istatistiksel testlerin uygulamaları ile ilgili örnekler vermiştir.

Sadeghpour-Gildeh ve ark. (2008) ikili örnek alma planında bulanık kusurlu oranı kullanmışlardır. Örnek hacmi ve kabul edilebilir kusurlu parça sayısı sabit olduğunda yığındaki belirsiz kusurlu oranına bağlı olarak oluşan çalışma karakteristiği eğrisini göstermişlerdir. Örnek bir uygulama için bulanık kabul olasılığını ve bulanık ortalama muayene sayısını hesaplamışlardır. Sonuç olarak proses kalitesinin iyi ya da kötü olmasına göre bulanık ortalama toplam muayene sayısının da daha düşük olacağı gösterilmiştir.

Jamkhaneh ve ark. (2009a) tekli örnek alma planında bulanık kusurlu oranı ve bulanık poisson dağılımını kullanmışladır. Tekli örnek alma planı için örnek hacmi ve kabul edilebilir kusurlu parça sayısı sabit olduğunda yığındaki belirsiz kusurlu oranına

bağlı olarak oluşan çalışma karakteristiği eğrisini göstermişlerdir. Sayısal örnekler kullanarak binom ve poisson dağılımı ile elde edilen sonuçları kıyaslamışlardır.

Ajorlou ve Ajorlou (2009) , n örneklem büyüklüğünde memnuniyet düzeyinde üyelik fonksiyonunu oluşturmak için örneklem fonksiyon maliyetinin şekil tabanına dayalı yeni bir yöntem önermişlerdir. Buna dayanarak, üretici ve tüketici risklerini ve n örneklem büyüklüğü arasında koşulları gevşeterek uygun bir çözüm bulmuşlardır. Örnek büyüklüğü için memnuniyet derecesinin üyelik fonksiyonunu üç genel örneklem maliyet fonksiyonlarından elde etmişlerdir ve önerilen metodolojinin avantajlarını sayısal bir örnek üzerinde göstermişlerdir.

Jamkhaneh ve ark. (2009b) tekli örnek alma planı için çıkan ortalama kalite ve ortalama toplam muayene sayısını, kusurlu oranını bulanık sayılar şeklinde alarak hesaplamışlardır. Çalışmada bulanık çıkan ortalama kalite eğrisi ve bulanık ortalama toplam muayene sayısını, sayısal örnekler yardımıyla açıklamışlardır. Sonuç olarak da ortaya koydukları planda kabul edilebilir parça sayısı sıfır olduğu zaman ortalama toplam muayene eğrisinin konveks olduğunu belirtmişlerdir.

Kahraman ve Kaya (2010) poisson ve binom dağılımlarını bulanık parametreler ile ele alarak kabul örneklemesinde bulanık kümeler teorisinin başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermişlerdir. Çalışmada bulanık tekli örnek alma ve ikili örnek alma planlarında kusurlu oranının, örnek hacminin, kabul edilebilir kusurlu parça sayısının bulanık sayılar ile ifade edildiği durumda parti kabul olasılıklarını, çıkan ortalama kaliteyi, ortalama toplam muayene sayısını ve ortalama örnek hacmini hesaplamışlardır. Ayrıca bulanık kabul olasılıklarını binom ve poisson dağılımına göre ayrı ayrı hesaplamışlar ve bulanık üçgen sayılar ve bulanık ikizkenar yamuk sayılar kullanıldığı zaman da kabul olasılıklarının değişimini ortaya koymuşlardır.

Yapılan literatür taraması sonucunda daha çok tekli örnek alma planlarının tasarımında bulanık kümeler teorisinin kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca plan tasarımında daha çok tüketici ve üretici risklerinin gevşetilmesi ve bulanık hedef programlama modelinin oldukça fazla kullanıldığı sonucu ortaya çıkmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Kabul Örneklemesinin Esasları

Kalite güvencenin en eski alanlarından biri olan kabul örneklemesi muayene ve ürünler hakkında karar verme işlemi ile ilgilenir. Kabul örneklemesinin geçmişi 1920'lere dayanmaktadır ve terminolojisinin büyük kısmı, 1920'lerde A.B.D'de Bell Telefon Laboratuarlarında kullanılmaya başlanmıştır. İlk kontrol grafikleri, kabul örneklemesi terminolojisi, parti kusurlu oranı toleransı ve çıkan ortalama kalite düzeyi kavramları ile örnekleme tabloları bu sıralarda geliştirilmiştir (Schilling, 1982). Kabul örneklemesi 1930 ve 1940'lı yıllarda istatistiksel kalite kontrolün en temel alanlarından biri olmuştur ve öncelikle gelen malzeme ve kabul etme muayenesinde kullanılmıştır (Montgomery, 1997).

Tipik bir kabul örneklemesinde, bir firmanın bir tedarikçiden üretim sürecinde kullanılmak üzere ham madde ya da başka bir malzeme satın aldığı varsayılır. Bu malzemelerin oluşturduğu anakütleden bir örnek alınır, örnekteki birimlerin bazı kalite karakteristikleri muayene edilir ve bu örnekten elde edilen bilgiye göre partinin kabulü veya reddine karar verilir. Bu işlem parti hakkında hüküm verme işlemi olarak da adlandırılır ve kabul edilen partiler üretim hattına gönderilirken, reddedilen partiler ya tedarikçi firmaya geri gönderilir ya da parti üzerinde başka bir işlem yapmak üzere ayrı bir yerde bekletilir. Aynı işlem üretici firma tarafından kendi üretim sürecinin çeşitli aşamalarında örnekleme yaparak uygulanabilir (Montgomery, 1997).

Kabul örneklemesi, gelen hammaddelerin, malzemelerin ve montajların muayenesi sırasında yapılabilir. Bu işlem üretim sürecinin farklı aşamalarında gerçekleştirilebileceği gibi son kontrol sırasında da gerçekleştirilebilir. Bu yöntem, firmalar ve tedarikçileri, imalatçılar ve müşterileri ya da firmaların kendi departmanları arasında da uygulanabilir. Kabul örneklemesi sürecin kalite seviyesini kontrol etmez veya iyileştirmez, sadece partinin kabul veya reddi kararı için yol gösterir. Kabul örneklemesi planlarının çoğu tahmin amaçlı tasarlanmamaktadır (Mitra, 1998).

Kabul örneklemesinin en etkin kullanımı genellikle, ürünün kalitesini muayene etmek işleminden ziyade, bir sürecin çıktısının gereksinimleri karşılayıp

karşılayamadığından emin olmak üzere tetkik aracı olarak yapıldığında ortaya çıkar (Anonim, 2002). Parti muayenesinde genellikle üç yaklaşım vardır:

(1) Muayene etmeksizin parti kabulü: Muayene etmeksizin parti kabulü satıcının prosesinin çok iyi olduğu ve kusurlu parçaların hemen hemen hiç olmadığı ya da kusurlu partileri aramanın ekonomik olmadığı durumlarda kullanılır;

(2) %100 muayene: Burada partideki tüm parçalar muayene edilir, tüm kusurlu parçalar ayrılır (kusurlular satıcıya geri gönderilebilir, yeniden işlenebilir, sağlamlar ile değiştirilebilir veya atılabilir). Bu muayene çeşidi, parçanın çok önemli olduğu ve kusurlu parçanın geçmesi halinde kabul edilemez yüksek maliyetlere sebep olduğu durumda ve satıcının kalitesinin yetersiz olduğu durumda kullanılır;

(3) Kabul örneklemesi: Tahribatlı muayenelerde, %100 muayene maliyetinin çok yüksek olduğu, teknolojik olarak uygun olmadığı ve zaman aldığı durumlarda; çok fazla muayene edilecek parça olduğu ve muayene hata oranının %100 muayenede örneklemeye göre daha yüksek olduğu durumlarda, satıcının geçmiş kalitesinin çok iyi olduğu durumda kullanılır (Kaya,2004).

Kabul örneklemesinin avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanmıştır (Anonim, 2002):

Avantajları:

- Daha az muayene yapılacağından dolayı daha az maliyetlidir,
- Muayene sırasındaki ellemeden dolayı üründe daha az zedelenme meydana getirir,
- Muayene faaliyetlerinde daha az eleman görevlendirilir,
- Muayene hatasına ait miktar büyük ölçüde azaltılır,
- Yalnızca hatalı olanların tedarikçiye teslimi yerine partilerin tümünün reddedilmesi, genellikle tedarikçinin kalitesini iyileştirmesi için güçlü bir motivasyon sağlar.

Dezavantajları:

- Sağlam partilerin reddedilmesi ve kusurlu partilerin kabul edilmesi riski mevcuttur,
- Genellikle ürün hakkında daha az bilgi elde edilir,
- Planlama ve dokümantasyon için daha fazla zaman ve çaba gerektirir.

3.1.1.1. Örnek Alma Yöntemleri

Örnekleme muayenesinde, bir anakütleden istatistiksel kriterlere göre belirlenen sayıda ve rastsal olarak örnek grubu alınır ve bu örnek grubunun incelenmesi sonucu anakütle hakkında karar verilir. Burada anakütlenin özelliklerine ve saptanan amaçlara göre başlıca üç yöntem ile örnek seçimi yapılır (Kobu, 1999):

(1) Rasyonel örnek alma: Örnek alma anakütleden uniform koşullar altında seçilir. Örneğin bir imalat örnekler aynı işçi tarafından kullanılan belirli bir tezgâhtan, belirli bir zaman aralığı içinde işlenen parçalar arasından aynı kurallara göre seçilir.

(2) Tesadüfi örnek alma: Proses, aralarında karmaşık ilişkiler bulunan çok sayıda faktörün etkisi altında ise bunların örnekleme esnasında tanımlanıp sonradan analiz edilmesi mümkün değildir. Örneğin, atölyede işlenen aynı cins parçaların hepsi bir kutuya karışık olarak doldurulur. Sonra bunlar arasından istenen sayıda örnek alınır. Bu şekilde oluşturulan bir örnek grubunda tespit edilen sapmalarda hem şans hem de özel faktörlerin etkisi vardır.

(3) Kademeli örnek alma: Farklı kaynaklardan gelen parçalardan örnek alınması söz konusu olduğunda uygulanan bir yöntemdir. Farklı iş istasyonu, ergitme fırını, pres, vb. kaynaklardan gelen parçalar belirli miktarlarda seçilerek bir örnek grubu oluşturulur. Yani her kaynağın örnek grubunda eşit şekilde temsil edilmesi sağlanır.

3.1.1.2. Örnekleme Planları

Bir örnekleme planı genel olarak, N elemanlı bir anaküleden seçilecek n_1, n_2, … örnek hacimlerini, bunlarda bulunacak d_1, d_2, … kusurlu parça sayıları ile kıyaslanacak c_1, c_2, … kabul edilebilir kusurlu parça sayısı değerlerini ve bu bulgulara göre nasıl karar verileceğini belirleyen kurallardan oluşur (Kobu, 1999).

Kalite kontrolünde kullanılan örnekleme planları, değerleme kriterleri açısından "özellikler" ve "değişkenler" olmak üzere başlıca iki grupta toplanır. Özelliklere göre değerleme yapılan örnekleme planlarında genellikle p ile gösterilen ve kusurlu parça oranı adı verilen değer, parti hakkında verilecek kararda temel kriter olarak göz önüne alınır. Değişkenlere göre değerleme yapılan örnekleme planlarında ise karar kriterini

oluşturan değişken, bir kalite özelliğine ait boyut, ağırlık, hız vb. ölçülebilen bir değerdir (Gözlü 1990).

3.1.1.2.1. Özelliklere Göre Örnekleme Planları

Özelliklerine göre örnekleme planlarında üretimden elde edilen çıktılardan tesadüfi olarak seçilen bir birim örnek önceden belirlenen standart ile karşılaştırılır ve iyi veya kötü olarak sınıflandırılır (Gözlü, 1990). Özelliklerine göre örnekleme planları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

3.1.1.2.1.1. Tekli Örnek Alma Planı

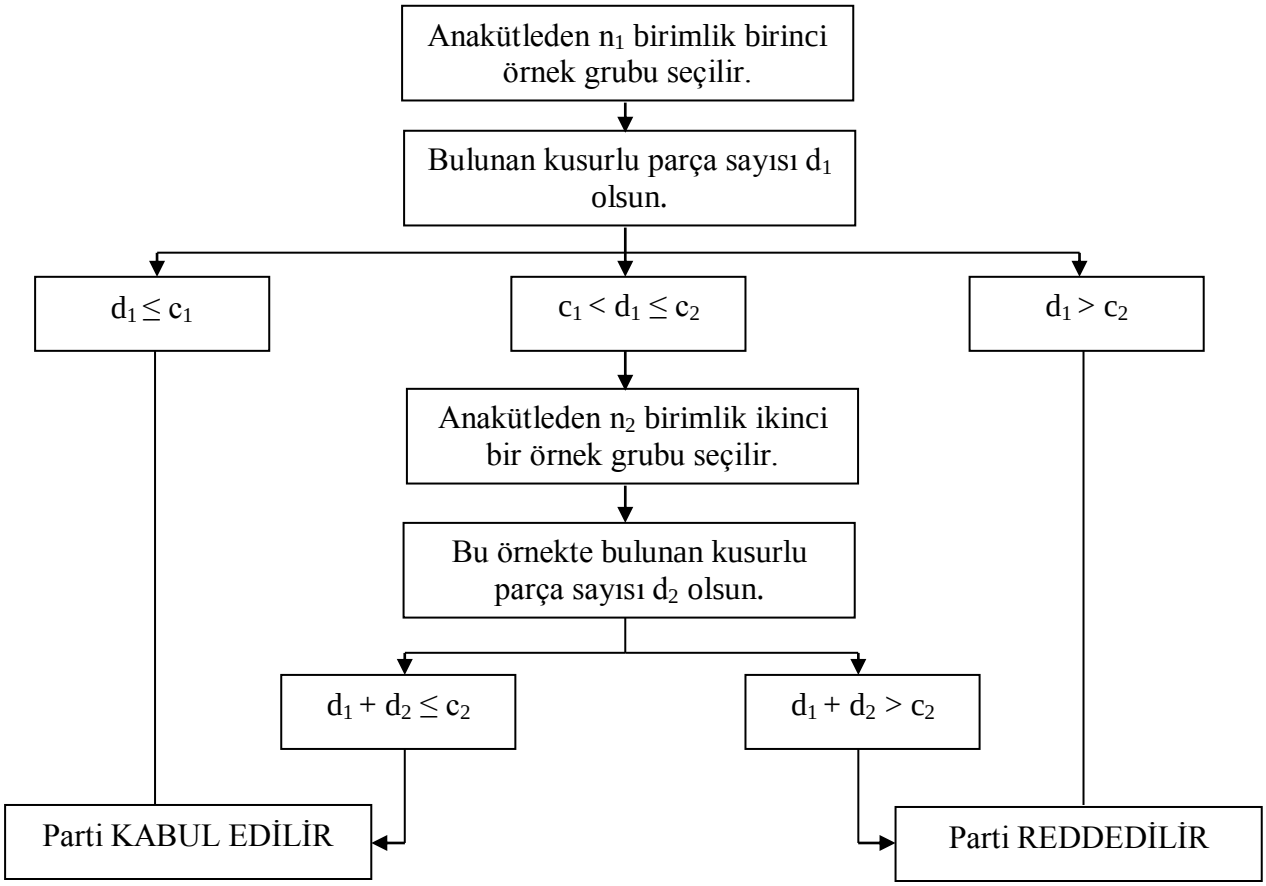
Tekli örnek alma planında, bir kez alınan örnekten elde edilen bilgiler ile partinin kabul veya reddine karar verilir. Tekli örnekleme planında *n* örnek hacmi ve *c* kabul edilebilir kusurlu sayısı olmak üzere iki parametre mevcuttur. N birimlik bir partiden önceden saptanan tekniğe ve miktara göre n birimlik örnek seçilir ve muayene edilir. Alınan örnekte çıkan kusurlu sayısı (d) ile önceden belirlenen kabul edilebilir kusurlu sayısı (c) kıyaslanır. Eğer çıkan kusurlu sayısı (d), kabul edilebilir kusurlu sayısı olan (c)' ye eşit veya daha küçük ise parti kabul edilir aksi takdirde parti reddedilir ve (N-n) adet parça %100 muayeneye tutulur (Mitra, 1998).

3.1.1.2.1.2. İkili Örnek Alma Planı

İkili örnek alma planında birinci örnek (n_1) için kabul sayısına (c_1) eşit veya daha az sayıda kusurlu (d_1) bulunursa parti kabul edilir. Birinci örnek için ret sayısına eşit veya daha fazla sayıda kusurlu bulunursa parti reddedilir. Ancak birinci örnekte bulunan kusurlu sayısı birinci kabul sayısından büyük fakat ikinci kabul sayısından (c_2) küçük ise belirtilen sayıda ikinci örnek (n_2) alınır. Bu kez kümülatif kusurlu parça sayıları (d_1+d_2) kıyaslanarak karar verilir (Kobu, 1999). Şekil 2.1'de ikili örnek alma planındaki faaliyetin akışı özetlenmiştir.

İkili örnek alma planlarının tekli örnek alma planlarına göre başlıca avantajı; toplam muayene sayısını azaltmasıdır. Dahası ikili örnek alma planının partiye ikinci bir şans verdiği için psikolojik avantajı vardır. İkili örnek alma planının iki potansiyel dezavantajı ise (1) ikinci örnekte azalma sağlanmadıkça, bazı durumlarda tekli

örnekleme planından daha çok sayıda muayene gerektirebilir, (2) daha karmaşık olması nedeniyle muayene hatalarını arttırabilir, depolama ve malzeme eleçleme problemleri de olabilir (Kaya, 2004).



Şekil 3.1 İkili örnek alma planında faaliyet akış diyagramı (Kobu, 1999).

3.1.1.2.1.3. Çoklu Örnek Alma Planı

Çoklu örnek alma planı, ikili örnek alma planının geliştirilmiş şekli olup parti hakkında karar verebilmek için ikiden fazla örnekleme yapılması gerekmektedir (Öner, 2002). Örneğin, i. örnek grubunun muayenesi sonunda;

$\sum d_i \leq c_{i1}$ ise partiyi kabul,

$c_{i1} < \sum d_i \leq c_{i2}$ ise örneklemeye devam,

$\sum d_i > c_{i2}$ ise partiyi red kararı verilir.

Çoklu örnek alma planlarındaki örnek hacmi ve maliyet genellikle ikili ve tekli örnek alma planlarındakine göre daha düşük düzeydedir. Fakat planın karmaşıklığı nedeniyle uygulamada çıkan güçlükler bu avantajı ortadan kaldıracak niteliktedir (Gözlü, 1990).

3.1.1.2.1.4. Ardışık Örnek Alma Planı

Ardışık örnek alma planı faaliyetlerin akışı bakımından çoklu örnek alma planına benzer. Parti için kabul ve reddedilebilir kusurlu parça oranları verildiği takdirde, örnekleme tablolarından yararlanılarak karar verme kriteri olan kusurlu parça sayıları bulanabilir. Böylece ret, kabul veya örneklemeye devam kararı verilir. Belirli hatalı karar verme riskleri için birkaç kademeden oluşan ardışık örnek alma planları tasarlanabilmektedir (Gözlü, 1990).

3.1.1.2.2. Değişkenlere Göre Örnekleme Planları

Belirli bir kalite özelliği, sürekli olarak ölçülebiliyor ve normal dağılıma sahip olduğu biliniyorsa ölçümlere dayalı örnekleme planlarının hazırlanması mümkündür. (Gözlü, 1990).

Değişkenlere göre örnekleme planlarının üstünlüğü, kabul veya ret kararı için belirli sınırlar içinde güven vermesidir. Bu tip örnekleme planlarında daha küçük örnek hacmi ile kalite korunması sağlanmakta ve süreç kontrolünü etkinleştirecek ek bilgiler elde edilmektedir. Sakıncaları ise daha yüksek muayene maliyeti ile daha fazla zaman gerektirmesi ve daha karmaşık hesaplamaların yapılmasıdır. Eğer muayene tahripkâr ise değişkenlere göre hazırlanan planların, özelliklere göre hazırlanan planlardan daha iktisadi olduğu bilinmektedir (Gözlü, 1990; Kaya, 2004).

3.1.1.3. Kabul Örneklemesi Planlarında Kullanılan Temel Kavramlar

a) Çalışma Karakteristiği Eğrisi

Çalışma karakteristiği eğrisi (Operating Characteristic Curve- OCC); parti kusurlu oranına karşılık, partinin kabul edilmesi olasılığını gösterir. OCC; örnekleme planının potansiyel performansını verir ve teslim alınan bir partinin kusurlu oranı için planın nasıl davranacağını belirtir. Ne örnekleme ne de %100 muayene partideki tüm kusurlu parçaların bulunacağını garanti etmez. Örnekleme; partideki tüm durumları yansıtmayacağından risk taşır. Örnekleme riskleri iki çeşittir (Kaya, 2004; Öner ve Karaman 2004):

- İyi partiler reddedilebilir (üretici riski- α)
- Kötü partiler kabul edilebilir (tüketici riski- β)

b) Üretici Riski

Amaca uygun tasarlanan bir örnekleme planı ile "iyi" kalitede gelen yığınlar, "çoğunlukla" kabul edilmelidir. Burada belirtilen "çoğunlukla", 1-α olasılığının karşılığıdır. α olasılığı, iyi kalitede gelen bir partiyi reddetmenin riskini gösteren olasılık olup, üretici riski olarak adlandırılır (Öner ve Karaman, 2004).

c) Tüketici Riski

Amaca uygun tasarlanan bir örnekleme planı ile "kötü" kalitede gelen yığınlar, "nadiren" kabul edilebilir. Burada belirtilen "nadiren" kavramı, β olasılığının karşılığıdır. β olasılığı, kötü kalitede gelen bir partiyi kabul etme olasılığı olup, tüketici riski olarak adlandırılır. Bu risk genelde 0.10'dur. Tüketici riskine bağlı olarak kusurlu partinin nümerik tanımına sınırlayıcı kalite denir. Sınırlayıcı kalite; tüketicinin kabul olasılığının düşük olmasını istediği kusurlu yüzdesidir (Besterfield, 1999).

d) Kabul Edilebilir Kalite Seviyesi

İyi ve kötü kalitedeki yığın kavramları, yönetimin görüşüne veya kabul muayenesinin doğasına göre oluşurlar. Bu kavramlardan birisi kabul edilebilir kalite seviyesidir (Öner ve Karaman, 2004).

Kabul edilebilir kalite seviyesi (Acceptable Quality Level - AQL); tüketici tarafından kabul edilebileceği düşünülen en zayıf süreç kalite seviyesidir. AQL, imalat sürecinin karakterini gösterir. Örnekleme prosedürü tüketici tarafından tasarlanır, bu yüzden OCC eğrisi AQL'de yüksek bir kabul olasılığı verir. AQL, üründe bir özellik olarak planlanmamıştır ve üretim sürecinde hedef bir değer değildir. AQL, sadece partiler hakkında kıyaslama sağlayan bir standarttır. Sürecin AQL'den çok daha iyi olan bir seviyede tamamlanması istenir (Kaya, 2004).

e) Kabul Edilebilir Parti Kusurlu Yüzdesi

β kabul olasılığına sahip bir partideki kusurlu oranı, kabul edilebilir parti kusurlu yüzdesi olarak tanımlanır (Öner ve Karaman 2004). Kabul edilebilir parti kusurlu yüzdesi (Lot Tolerance Percent Defective - LTPD); tüketici tarafından kabul edilebilecek en zayıf kalite seviyesidir. LTPD, örnekleme planının bir karakteristiği değildir fakat tüketici tarafından belirlenen parti kalite seviyesidir (Kaya 2004). AQL, üretici açısından numune planında her zaman kabul edilmesi gereken "iyi" bir kalite seviyesidir. LTPD ise müşteri açısından numune planında her zaman ret edilmesi gereken "kötü" bir kalite seviyesidir (Akkurt, 2002).

f) Çıkan Ortalama Kalite

Düzeltme muayenesi sonucunda ortaya çıkan partinin kalitesi; çıkan ortalama kalite (Average Outgoing Quality - AOQ) olarak tanımlanmaktadır. Parti büyüklüğünün N olduğu ve tüm kusurlu parçaların sağlamlarla değiştirildiği kabul edilirse, N hacimli parti için aşağıdaki ifadeler geçerli olmaktadır (Kaya, 2004):

• Muayene sonunda örnekte n kadar sağlam parça elde edilir, çünkü bulunan tüm kusurlular değiştirilmiştir,

• Parti reddedilirse (N-n) adet sağlam parça vardır. (N-n) hacimli parti kusurlu içermez,

• Parti kabul edilirse (N-n) büyüğündeki parti p*(N-n) kusurlu içerir.

Bu yüzden; muayeneden çıkan partilerin P_a*p*(N-n) kadar kusurluya sahip olduğu düşünülür ve P_a*p*(N-n) ortalama kusurlu oranıdır ve AOQ olarak adlandırılır.

$$AOQ= P_a*p*(N-n)/N \quad (3.1)$$

Eğer N parti hacmi n örnek hacmine göre çok büyükse; AOQ ≈ P_a*p olur.

g) Ortalama Toplam Muayene Sayısı

Her parti için muayene edilen ortalama parça sayısı "Ortalama toplam muayene sayısı (Average Total Inspection- ATI)" olarak isimlendirilmektedir. Bir partide kusurlu parça bulunmuyorsa, bu parti seçilen örnekleme planı tarafından kabul edilir ve n örnek hacmi kadar parça muayene edilir. Eğer partide bulunan tüm parçalar kusurlu ise %100 muayene yapılır (Shirland, 1993).

Tekli örnek alma planları için ATI;

$$ATI= n + (1-P_a)*(N-n) \quad (3.2)$$

İkili örnek alma planları için ATI;

$$ATI= n_1 * (P_{a1})+ (n_1 + n_2) * (P_{a2}) + N*(1- P_{a1}- P_{a2}) \quad (3.3)$$

olur.

Burada;

P_a= Partinin kabul olasılığı

P_{a1}= Birinci örnek için kabul edilme olasılığı

P_{a2}= İkinci örnek için kabul edilme olasılığı

h) Ortalama Örnek Sayısı

Gelen partilerin kalite seviyesine göre muayene edilecek ortalama örnek sayısı, "Ortalama örnek sayısı (ASN)"; dır. Tekli örnekleme için ASN n'dir. İkili örnek alma planı için ASN aşağıdaki gibi hesaplanır (Mitra, 1998).

$$ASN=n_1*P_{a1} + (n_1 + n_2) * (1-P_{a1}) = n_1 + n_2 * (1-P_{a1}) \quad (3.4)$$

Burada;

P_{a1}= Birinci örnek için kabul edilme olasılığı

ı) Kabul Edilebilir Kusurlu Sayısı (Acceptance Number, c)

Kabul örnekleme planında verilen partinin yada kitlenin kabul edilmesine izin veren ve örneklem de bulunabilecek en büyük sayıdaki kusurlu birim sayısıdır (Mitra, 1998) .

ı) Kabul Örneklemesinde Kullanılan İstatistiksel Dağımlar

Kabul örneklemesinde birtakım şartlara göre hipergeometrik, binom, poisson, negatif binom, eksponensiyel ve normal dağılım gibi istatistiksel dağılımlar kullanılmaktadır.

3.1.1.4. Kabul Örneklemesi Sistemleri

Çoğu işletmeler; klasik istatistik hesaplar yardımı ile kendi örnekleme planlarını hesaplamak yerine, önceden oluşturulmuş planları tercih etmektedirler. İşletmeler, bu örnekleme planlarını kullanabilmek için bazı ölçütler belirlemekte ve bunlara göre kendileri için en uygun durumu belirlemektedirler. Bu örnekleme planları, bazı temel kriterler üzerine geliştirilmiş ve bu kriterlere ait tüm hesaplamalar yapılmıştır (Mitra, 1998).

İşletmelerde kullanılan başlıca örnekleme planları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Besterfield, 1999; Kaya, 2004).

a) ANSI/ASQC Z1.4

1942 yılında Bell Telefon Laboratuarında tasarlanan bir örnekleme planıdır. İlk tasarımda JAN-STD-105 adıyla tasarlanmıştır. Son halini alıncaya kadar beş kez revize edilmiştir. Son tasarımı ise MIL-STD-105E'dir. International Organization for Standardization (ISO) tarafından 1973 yılında adapte edilmiş ve ISO/DIS-2859 olarak tasarlanmıştır. Örnekleme planları içerisinde en çok kullanılan plandır.

b) ANSI/ ASQC Standard Q3

Bu standart, izole edilen partilerin muayenesi için kullanılmaktadır ve sürekli akış halindeki partiler için uygun olan ANSI/ASQC Z1.4 standardını tamamlamaktadır. Bu standartta sınırlayıcı kalite değerleri tabloları oluşturulmuştur.

c) Dodge-Romig Örnekleme Planları

Dodge-Romig örnekleme planları, %100 muayeneye maruz kalan reddedilen partilerin düzeltme muayenelerinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. İstenilen AOQ seviyeleri için Dodge-Romig tabloları geliştirilmiştir. Bu tablolar belirli bir AOQ değeri için, n örnek hacmini ve c kabul edilebilir kusur sayısını gösterir.

d) MIL-STD-414/ ANSI/ASQC Z1.9

Bu standart 0.10'dan, %10 AOQ değerine göre hazırlanmıştır. Normal, sıkıştırılmış ve azaltılmış muayene seviyeleri mevcuttur. Örnek hacimleri; parti hacmine ve muayene seviyelerine bağlı olarak hazırlanmaktadır. MIL-STD-414/ ANSI/ASQC Z1.9 standardında beş adet muayene seviyesi vardır: özel seviyeler S3 ve S4, genel seviyeler I,II ve III'tür. Özel seviyeler, küçük örnek hacimleri gerektiğinde ve büyük risklerin göz ardı edilebileceği hallerde kullanılmaktadır. Farklı bir durum olmadıkça II seviyesi kullanılır. III muayene seviyesi OCC'yi daha dik yapmakta ve böylece tüketici riski azalmaktadır. Büyük tüketici riskleri tolere edilecek ise I seviyesi kullanılabilir (Besterfield, 1999).

e) ANSI/ASQC S1-1996

Tedarikçi kalitesi çok iyi olan durumlarda muayene çalışmalarını azaltmak amacıyla ANSI/ASQC S1-1996 standardı kullanılır.

f) MIL-STD-1235 B

Bu plan beş farklı sürekli örnekleme planını içermektedir. Kusurlu partiler için kritik, çok önemli ve daha az önemli olmak üzere üç ayrı muayene seviyesi kullanılmaktadır. Sürekli örnekleme planları AOQ'ya göre oluşturulmuştur. ANSI/ASQC Z1.4-1996 ve diğer standartlarla karşılaştırılabilmesi için KEKS değerini de içermektedir. Kritik düzeyde kusurlular için standart CSP–1 ve CSP-F olmak üzere iki plana sahiptir, Bu planı oluşturan alt planlar aşağıdaki gibi listelenebilir (Mitra, 1998; Kaya, 2004):

a. CSP–1 Planları,
b. CSP–2 Planları,
c. CSP-F Planları,
d. CSP-T Planları,
e. CSP-V Planları.

g) Deming'in kp Kuralı

Bu kuralın amacı, ortalama toplam muayene sayısını azaltmaktır. Bu kural en geniş anlamı ile %0 ya da %100 muayeneyi ifade etmektedir. Eğer proses durağansa, kusurlu parçaların dağılımı geri kalan partilerdeki kusurlu dağılımından bağımsızdır.

Deming'in kp kuralını kullanmak için aşağıdaki varsayımların olması gerekir (Kaya, 2004):

- Muayene prosesi tamamıyla güvenilirdir,
- Tüm parçalar bir sonraki sürece gitmeden önce muayene edilir,
- Satıcı bulunan tüm kusurlu parçaların değiştirilmesini sağlar.

3.2. Metot

3.2.1. Bulanık Kümeler Teorisi

Zadeh'in "bulanık küme" kavramı, klasik sistem kuramının matematiksel yöntemlerinin gerçek dünyadaki pek çok sistemde, özellikle de işin içine insanları alan, kısmen karmaşık sistemlerde yetersiz kalmasından ortaya çıkmıştır. Zadeh, 'uzun, kırmızı, durağan' gibi yüklemlerin ikili üyelik fonksiyonuyla ifade edilen klasik kümeler yerine, dereceli üyelik fonksiyonuyla ifade edilen bulanık kümelerle tanımlamasını önermiştir (Kıyak ve Kahvecioglu, 2003).

Bulanık Küme, esneklik ya da hassasiyetin arttırılması açısından klasik kümelere göre daha uygun olan bir yöntem olarak görülebilir. Getirdiği yaklaşım, klasik küme kuramlarında kullanılan üyelik kavramını bir kenara bırakıp yerine tamamen yenisini koymak değil, iki-değerli üyeliği çok-değerliliğe taşıyarak genellemesini yapmaktır (Yen ve Langari, 1999)

Geleneksel kümeler ile bulanık kümeler arasındaki en temel fark; üyelik fonksiyonlarıdır. Geleneksel bir küme sadece bir üyelik fonksiyonuyla nitelenebilirken, bulanık bir küme teorik olarak sonsuz sayıda üyelik fonksiyonu ile nitelenebilir. Üyelik fonksiyonlarının uygulama ile örtüşen ve doğru bir şekilde belirlenmesi, bulanık küme teorisinin esasını oluşturmaktadır. Bu nedenle, üyelik fonksiyonları bir kez belirlendikten sonra, bulanık küme teorisinde bulanık olan herhangi bir şey kalmadığı söylenir. Bulanık bir kümeye ilişkin üyelik fonksiyonunun belirlenmesi, rassal bir değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonunun belirlenmesine benzetilebilir. Bir sistemin işleyişi veya bir nesne için, ne kadar veya hangi noktadan sonra gibi soruların yanıtları ile bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları oluşturulmaya çalışılır. Bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonunu belirleme süreci, kavramların uygulamadaki anlamına dayanarak sezgisel olarak da yapılır (Özkan, 2003).

3.2.1.1. Bulanık Mantık

Zadeh, "Bulanık Mantık" kavramını ilk kez kullanıldığı makalesinde iki anahtar kavram üzerinde durmuştur. Bunlar (Zadeh, 2004);

a) "Dilsel Değişken" kavramı

b) "Bulanık eğer-ise kuralı"

Zadeh'e göre, bir sistemdeki karmaşıklık arttıkça, sistemi betimleyen ifadelerin anlamı azalmakta ve anlamlı ifadeler de belirsizliğe doğru gitmektedir (Özkan, 2003).

Bulanık Mantık sisteminin en geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer vermesidir. Diğeri ise insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine gereksinim gösteren hallerdir (Çelik, 2007).

Bulanık Mantık düşünüşüne uygun düşen modelleme problemleriyle karşılaşıldığında, genellikle bir uzman kişinin bilgi ve deneyimlerinden yararlanma yoluna gidilir. Uzman operatör; dilsel değişkenler/niteleyiciler olarak tanımlanabilen "uygun, çok uygun değil, yüksek, biraz yüksek, fazla, çok fazla" gibi günlük yaşantıda sıkça kullanılan kelimeler doğrultusunda esnek bir denetim mekanizması geliştirir. Bulanık denetim, bu tür mantıksal ilişkiler üzerine kurulmuştur (Türkbey, 2003).

Genel bulanık sistem elemanlarının her birinin farklı, fakat birbiri ile ilişkili olabilen aşağıdaki görevleri vardır (Şen, 2004). Bunlar:

a. Genel Bilgi Tabanı Birimi: incelenen olayın etki altında kaldığı girdi değişkenleri ve bunlar hakkındaki tüm bilgileri içerir. Buna veri tabanı veya kısaca giriş adı da verilir.

b. Bulanık Kural Tabanı Birimi: Girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal EGER- İSE türünde yazılabilen kuralların tümünü içerir.

c. Bulanık Çıkarım Motoru Birimi: Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasındaki ilişkilerin tamamını toplayarak sistemin nasıl çıktı vereceğini belirleyen işlemler topluluğunu içeren bir birimdir.

d. Çıktı Birimi: Bilgi ve bulanık kural tabanlarının, bulanık çıkarım motoru aracılığıyla etkileşimi sonunda elde edilen çıktı değeri topluluğunu belirtir.

3.2.1.2. Üyelik Fonksiyonları ve Çeşitleri

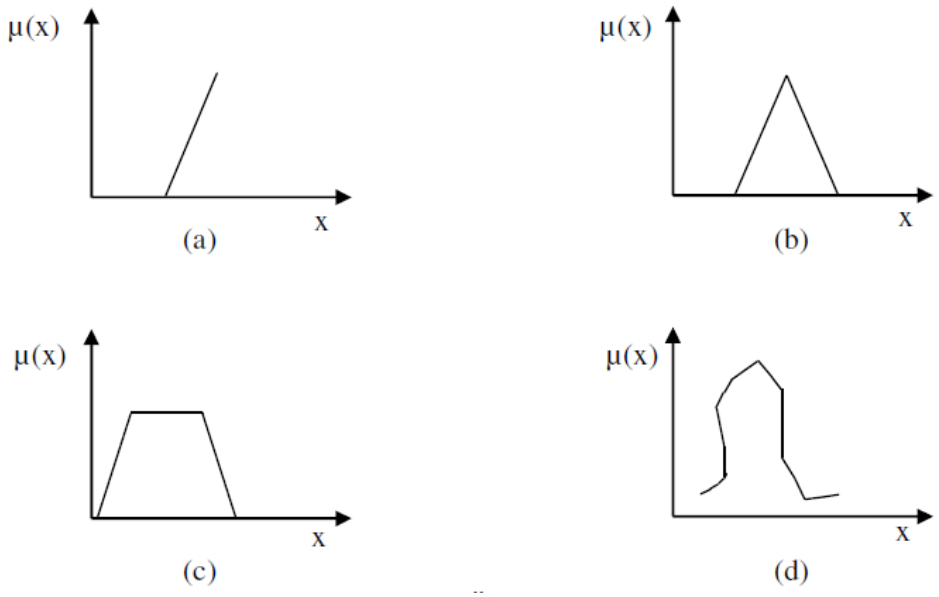
Bulanık sistemlerde, dilsel ifadelerle anılan bölgelerin sınırlarını belirtmede ve giriş bilgilerine ait üyelik ağırlıklarının tespit edilmesinde kullanılmak üzere uygun üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi gerekir (Şenol, 2000).

Bulanık bir küme, çalışma yapılan alana ait her bir bireye veya elemana matematiksel olarak kümedeki üyelik derecesini temsil eden bir değer atayarak tanımlanır. Bu değer o üyenin bulanık küme tarafından ifade edilen kavrama uygunluk derecesini ifade eder. Bundan dolayı bireylerin kümeye ait olması farklı farklıdır. Bu üyelik dereceleri 0 ile 1 arasındaki gerçek sayılarla temsil edilirler (Civalek ve Ülker 2004).

0 ile 1 arasındaki değişimin her bir öge için değerine üyelik derecesi, bunun bir alt küme içindeki değişimine de üyelik fonksiyonu adı verilir. Böylece, üyelik fonksiyonu şemsiyesi altında toplanan ögelerin her biri, önem derecelerine göre birer üyelik derecelerine sahiptir (Şen, 2004).

Üyelik fonksiyonları birçok farklı şekillerde olabilir. Özel bir seklin uygun olup olmayacağını tespit etmek, çalışılan uygulama alanı tarafından elde edilen verilerle belirlenir. Bununla beraber, pek çok uygulama bu tip sekil değişikliklerine karsı fazla duyarlılık göstermezler. Hesaplama açısından getirdiği kolaylıklar göz önüne alınarak istenilen şekilde üyelik fonksiyonunun seçilmesi, bulanık küme teorisinin esnekliğini yansıtmasında öne çıkan bir durumdur (Civalek ve Ülker, 2004).

Üyelik fonksiyonunun belirlenmesi, uzman kişinin deney ve tecrübesi sonucu çok farklı şekillerde olabilir. Üyelik fonksiyonları, sistem parametrelerini tanımlar. Üyelik fonksiyonlarının sayısına ve sekline ait hiçbir kısıtlama yoktur. Tamamen tasarımcının istek ve tecrübesine bağlıdır. Literatürde en çok üçgen, yamuk, çan eğrisi seklinde üyelik fonksiyonları kullanıldığı görülmektedir. Yine de bu fonksiyon1ar, kontrolü yapılan sisteme göre çok değişiklik gösterebilir Sekil 3.1'de çeşitli üyelik fonksiyonları gösterilmiştir (Şenol, 2000).



a) Monotonik b) Üçgen c) İkizkenar yamuk d) Çan eğrisi

Şekil 3.1. Çeşitli üyelik fonksiyonları

Aristo mantığına göre çalışan ve şimdiye kadar alışılagelen klasik küme kavramında, bir kümeye giren ögelerin oraya ait oluşları durumunda üyelik dereceleri 1'e, ait olmamaları durumunda ise 0'a eşit var sayılmıştır. İkisi arasında hiçbir üyelik derecesi düşünülemez. Hâlbuki bulanık kümeler kavramında 0 ile 1 arasında değişen, değişik üyelik derecelerinden söz etmek mümkündür. Üçgen, ikizkenar yamuk ve çan eğrisi seklinde çizilen fonksiyonlara bakıldığında, bir bulanık ifadenin üç özelliği anlaşılabilir. Bu şekilde tanımlanan üyelik derecelerinin her bir bulanık söz için aşağıdaki üç temel özelliği sağlaması gerekir (Şen, 2004):

- Bulanık küme normaldir, yani kümede bulunan elemanlardan en az bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip bulunması gerekir,
- Bulanık küme monotondur, yani üyelik derecesi 1'e eşit olan ögeye yakın sağda ve soldaki ögelerin üyelik dereceleri de 1'e yakın olmalıdır,
- Üyelik derecesi 1'e eşit olan ögeden sağa ve sola eşit mesafede hareket edildiği zaman bulunan ögelerin üyelik derecelerinin birbirine eşit olmasıdır ki, buna da bulanık kümenin simetrik özelliği adı verilir.

3.2.2. Bulanık Kesikli Olasılık Dağılımları

Kabul örneklemesinde kabul olasılıklarının hesaplanmasında kullanılan en önemli dağılımlar poisson ve binom dağılımıdır. Dağılım tercihleri örnek hacmi (n) ile yığın hacmi (N) arasındaki ilişkiden yararlanılarak tespit edilmektedir. Eğer n < (N/10) ise binom dağılımı kullanılmalıdır. Poisson dağılımı ise belirli kusurlu sayısı verilen örnekleme planlarının özelliklerini hesaplamada kullanılır. Buckley (2005) bu iki kesikli dağılımda ana parametrelerin bulanık olduğu durumda kabul olasılıklarının hesaplanma yöntemini ortaya koymuştur.

3.2.2.1. Bulanık Binom Dağılımı

X kümesi X={x_1, x_2,…, x_n} elemanlarından oluşan bir küme olsun ve S, X kümesinin boş olmayan bir alt kümesi olsun. Yapılan deneyler sonucunda, sonuç başarı ise xi ile ifade edilir ve S kümesinin bir elemanı olur. Aksi takdirde sonuç başarısızlıktır. Başarılı sonuçların olasılığı P(S)=p ve başarısız sonuçların olasılığı ise P($\bar{S}$)=q=1-p olsun. Burada $0 \leq p \leq 1$'dir. Bağımsız gerçekleştirilen deney sayısı n ile ifade edilsin. n bağımsız deneyde k tane başarılı sonucun meydana gelme olasılığını aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$P_k = \binom{n}{k} p^k q^{n-k} \tag{3.5}$$

3.2.2.1.1. Bulanık Kusurlu Parça Sayısı Oranı

Kabul örneklemesi planlarında kusurlu parça sayısı oranının (p) kesin olduğu varsayılır. Fakat bazen uygulamalarda kesin p değeri elde edilemez. Çoğu zaman bu oran tahmin edilir veya deneyler yardımıyla elde edilir. Bu deneylerde P(S) değerinin tam olarak bilinemediği ve tahmin yoluyla ya da uzman görüşüyle elde edilebildiğini varsayarsak, p değeri belirsizdir ve $\tilde{p}$ olarak gösterilebilir. Dolayısıyla $\tilde{P}_k$, n bağımsız deneyde k tane başarılı sonucun meydana gelmesinin bulanık olasılığını gösterir ve aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanır.

$$\tilde{P}_k(\alpha)=\left\{\binom{n}{k}p^k q^{n-k}\,\middle|\, p\in p(\alpha), q\in q(\alpha)\right\} \qquad ,0\le\alpha\le 1 \tag{3.6}$$

$$\tilde{P}_k(\alpha)=\left[P_{kl}(\alpha),P_{kr}(\alpha)\right]$$

$$P_{kl}(\alpha)=\min\left\{\binom{n}{k}p^k q^{n-k}\,\middle|\, p\in p(\alpha), q\in q(\alpha)\right\},$$
$$P_{kr}(\alpha)=\max\left\{\binom{n}{k}p^k q^{n-k}\,\middle|\, p\in p(\alpha), q\in q(\alpha)\right\} \tag{3.7}$$

Eğer p değeri bulanık üçgen sayılar (TFNs) olarak $\tilde{p}$=(p_1, p_2, p_3) şeklinde tanımlanırsa, p değerinin α kesimleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$p(\alpha)=\left\{p_1+(p_2-p_1)\alpha, p_3+(p_2-p_3)\alpha\right\} \tag{3.8}$$

Eğer p değeri bulanık ikizkenar yamuk sayılar (TrFNs) olarak $\tilde{p}$=(p_1, p_2, p_3, p_4) şeklinde tanımlanırsa, p değerinin α kesimleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$p(\alpha)=\left\{p_1+(p_2-p_1)\alpha, p_4+(p_3-p_4)\alpha\right\} \tag{3.9}$$

Açıklayıcı Örnek -1

Bir deney tasarımında, 20 tane bağımsız deney yapılmış (n=20) ve 4 tane başarılı sonuç (k=4) elde dilmiştir. Başarılı sonuçların meydana gelme olasılığı yaklaşık 0.03 yani $\tilde{p}$=TFN(0,02, 0,03, 0,04) şeklinde tanımlanmıştır. Buna göre bu 4 başarılı sonuç için bulanık kabul olasılığı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\tilde{q}=1-\tilde{p}=(0.96,\ 0.97,\ 0.98)$$

$$p(\alpha)=\left\{0.2+0.1\alpha,\ 0.4-0.1\alpha\right\}$$

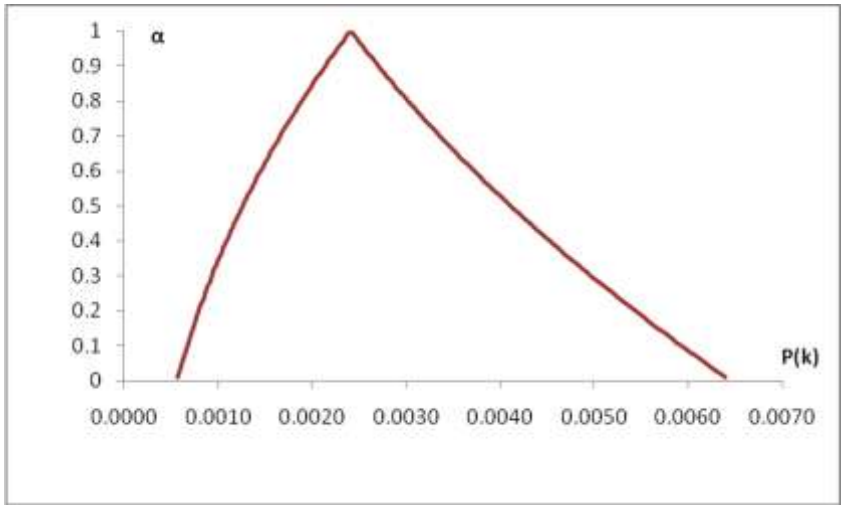
$$q(\alpha)=\left\{0.6+0.1\alpha,\ 0.8-0.1\alpha\right\}$$

$$P_{kl}(\alpha)=\min\left\{\binom{20}{4}p^4 q^{16}\,\middle|\, p\in p(\alpha), q\in q(\alpha)\right\},$$
$$P_{kr}(\alpha)=\max\left\{\binom{20}{4}p^4 q^{16}\,\middle|\, p\in p(\alpha), q\in q(\alpha)\right\}$$

Çizelge 3.1, $\tilde{P}_k$ değerinin ($\tilde{P}_{kl}$ ve $\tilde{P}_{kr}$) α kesimlerini göstermektedir. $\tilde{P}_k$ değerinin üyelik fonksiyonu da Şekil 3.3‘ te verilmiştir.

Çizelge 3.1. Başarılı deneylerin olasılıklarının α kesimleri

α	$\tilde{P}_{kl}(\alpha)$	$\tilde{P}_{kr}(\alpha)$
0,01	0,0006	0,0064
0,02	0,0006	0,0063
0,03	0,0006	0,0063
0,04	0,0006	0,0062
0,05	0,0006	0,0062
0,06	0,0006	0,0061
0,07	0,0006	0,0061
0,08	0,0006	0,0060
0,09	0,0007	0,0060
0,10	0,0007	0,0059
0,20	0,0008	0,0054
0,30	0,0009	0,0050
0,40	0,0011	0,0045
0,50	0,0013	0,0041
0,60	0,0015	0,0037
0,70	0,0017	0,0034
0,80	0,0019	0,0030
0,90	0,0021	0,0027
1,00	0,0024	0,0024



Şekil 3.3. Başarılı deneylerin olasılıklarının üyelik fonksiyonu

Başarılı sonuçların meydana gelme olasılığı 0.03 ile 0.04 arasındadır. Ayrıca bu olasılığın bulanık üçgen sayılara dönüştürerek ifade edilmesi daha uygundur. Aynı olasılık bulanık ikizkenar yamuk sayılara dönüştürülerek de $\tilde{p}$=TFN(0.02, 0.03, 0.04, 0.05) şeklinde ifade edilir. Bu durumda elde edilen $\tilde{P}_k$ değerinin ($\tilde{P}_{kl}$ ve $\tilde{P}_{kr}$) α kesimleri Çizelge 3.2' de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Başarılı deneylerin olasılıklarının α kesimleri

α	$\widetilde{\boldsymbol{P}}$kl(α)	$\widetilde{\boldsymbol{P}}$kr(α)
0,01	0,0006	0,0132
0,02	0,0006	0,0132
0,03	0,0006	0,0131
0,04	0,0006	0,0130
0,05	0,0006	0,0129
0,06	0,0006	0,0128
0,07	0,0006	0,0127
0,08	0,0006	0,0127
0,09	0,0007	0,0126
0,10	0,0007	0,0125
0,20	0,0008	0,0117
0,30	0,0009	0,0109
0,40	0,0011	0,0102
0,50	0,0013	0,0095
0,60	0,0015	0,0088
0,70	0,0017	0,0082
0,80	0,0019	0,0076
0,90	0,0021	0,0070
1,00	0,0024	0,0065

3.2.2.1.2. Bulanık Deney Sayıları

Deney sayıları bazen dilsel değişkenler olarak tanımlanabilir. TFNs ve TrFNs bu dilsel değişkenleri tanımlama da kullanılabilir. Deney sayılarının $\tilde{n}$=TFN (n_1, n_2, n_3) ya da $\tilde{n}$=TrFN (n_1, n_2, n_3, n_4) şeklinde tanımlandığını varsayalım. Bunların α kesimleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$$n(\alpha)=\left(n_1+(n_2-n_1)\alpha, n_3+(n_2-n_3)\alpha\right) \tag{3.10}$$

$$n(\alpha)=\left(n_1+(n_2-n_1)\alpha, n_4+(n_3-n_4)\alpha\right) \tag{3.11}$$

k tane başarılı sonucun bulanık kabul olasılıkları ($\tilde{P}_k$) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\tilde{P}_k=\binom{\tilde{n}}{k}\tilde{p}^k\tilde{q}^{\tilde{n}-k} \tag{3.12}$$

$$\tilde{P}_k(\alpha)=\left\{\binom{n}{k}p^k q^{n-k}\,\middle|\, p\in p(\alpha), q\in q(\alpha), n\in n(\alpha)\right\} \qquad ,0\le\alpha\le 1 \tag{3.13}$$

ya da

$$\tilde{P}_k(\alpha)=\left[P_{kl}(\alpha), P_{kr}(\alpha)\right] \tag{3.14}$$

$$P_{kl}(\alpha)=\min\left\{\binom{n}{k}p^k q^{n-k}\,\middle|\, p\in p(\alpha), q\in q(\alpha),\ n\in n(\alpha)\right\},$$
$$P_{kr}(\alpha)=\max\left\{\binom{n}{k}p^k q^{n-k}\,\middle|\, p\in p(\alpha), q\in q(\alpha),\ n\in n(\alpha)\right\} \quad (3.15)$$

Açıklayıcı Örnek -2

Açıklayıcı Örnek-1 göz önüne alalım. Tek değişiklik olarak bağımsız deney sayısı yaklaşık 20 yani $\tilde{n}$=TFN (19, 20, 21) şeklinde tanımlansın. Buna göre $\tilde{P}_k$ değeri yukarıdaki eşitlik (3.5-3.9) kullanılarak hesaplanır. $\tilde{P}_k$ 'nın α kesimleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Deney sayısının ve başarılı deneylerin olasılıklarının α kesimleri

α	n(α)		$\tilde{P}_{kl}(\alpha)$	$\tilde{P}_{kr}(\alpha)$
0,01	19,01	20,99	0,0005	0,0064
0,02	19,02	20,98	0,0005	0,0063
0,03	19,03	20,97	0,0005	0,0063
0,04	19,04	20,96	0,0005	0,0062
0,05	19,05	20,95	0,0005	0,0062
0,06	19,06	20,94	0,0005	0,0061
0,07	19,07	20,93	0,0005	0,0061
0,08	19,08	20,92	0,0005	0,0060
0,09	19,09	20,91	0,0005	0,0060
0,10	19,1	20,9	0,0005	0,0059
0,20	19,2	20,8	0,0007	0,0054
0,30	19,3	20,7	0,0008	0,0050
0,40	19,4	20,6	0,0009	0,0045
0,50	19,5	20,5	0,0010	0,0041
0,60	19,6	20,4	0,0012	0,0037
0,70	19,7	20,3	0,0014	0,0034
0,80	19,8	20,2	0,0016	0,0030
0,90	19,9	20,1	0,0018	0,0027
1,00	20	20	0,0024	0,0024

3.2.2.1.3. Bulanık Başarılı Sonuç Sayıları

Dikkate alınması gereken diğer bir parametre de bir deneydeki başarılı sonuç sayısıdır ve bu parametrede dilsel değişkenler olarak tanımlanabilir. Bulanık sayılar bu tanımlama da başarılı bir şekilde kullanılır. Deney sayılarının $\tilde{k}$=TFN (k_1, k_2, k_3) ya da $\tilde{k}$=TrFN (k_1, k_2, k_3, k_4) şeklinde tanımlandığını varsayalım. Buna göre $\tilde{P}_k$ aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$$\tilde{P}_k = \binom{\tilde{n}}{\tilde{k}} \tilde{p}^k \tilde{q}^{\tilde{n}-\tilde{k}} \tag{3.16}$$

$$\tilde{P}_k(\alpha) = \left\{ \binom{n}{k} p^k q^{n-k} \,\middle|\, p \in p(\alpha), q \in q(\alpha), n \in n(\alpha), k \in k(\alpha) \right\}, \qquad 0 \le \alpha \le 1 \tag{3.17}$$

ya da

$$\tilde{P}_k(\alpha) = \left[P_{kl}(\alpha), P_{kr}(\alpha) \right] \tag{3.18}$$

$$P_{kl}(\alpha) = \min \left\{ \binom{n}{k} p^k q^{n-k} \,\middle|\, p \in p(\alpha), q \in q(\alpha),\ n \in n(\alpha), k \in k(\alpha) \right\},$$

$$P_{kr}(\alpha) = \max \left\{ \binom{n}{k} p^k q^{n-k} \,\middle|\, p \in p(\alpha), q \in q(\alpha),\ n \in n(\alpha), k \in k(\alpha) \right\} \tag{3.19}$$

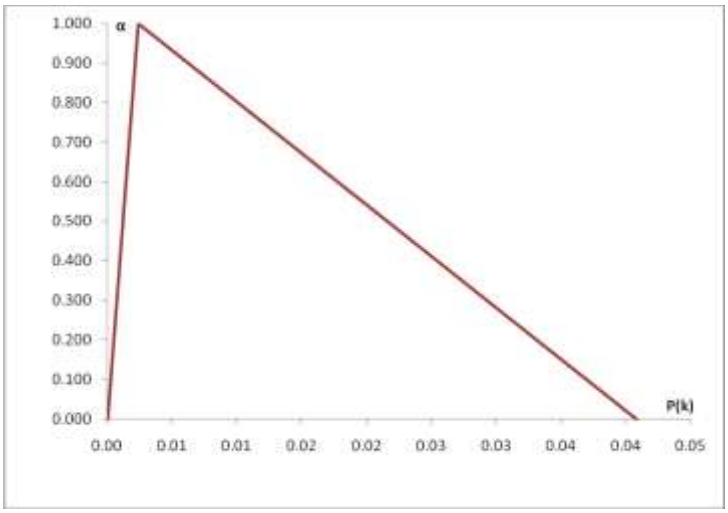
Açıklayıcı Örnek-3

Açıklayıcı Örnek-1 ve Örnek-2'yi göz önüne alalım. Tek değişiklik olarak başarılı sonuçların sayısını yaklaşık 4 yani k̃=TFN (3, 4, 5) şeklinde tanımlansın. . Buna göre $\widetilde{P}_k$ değeri α kesimleri yukarıdaki eşitlikler (3.10-3.15) kullanılarak hesaplanır ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3.4' te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Başarılı sonuçların sayısının ve başarılı deneylerin olasılıklarının α kesimleri

α	**P(α)**		**n(α)**		**k(α)**		$\widetilde{P}_{kl}(\alpha)$	$\widetilde{P}_{kr}(\alpha)$
0,00	0,02	0,04	19	21	3	5	0,0000	0,0408
0,01	0,02	0,04	19,01	20,99	3,01	4,99	0,0005	0,0362
0,02	0,02	0,04	19,02	20,98	3,02	4,98	0,0005	0,0360
0,03	0,02	0,04	19,03	20,97	3,03	4,97	0,0005	0,0358
0,04	0,02	0,04	19,04	20,96	3,04	4,96	0,0005	0,0356
0,05	0,021	0,04	19,05	20,95	3,05	4,95	0,0005	0,0354
0,06	0,021	0,039	19,06	20,94	3,06	4,94	0,0005	0,0352
0,07	0,021	0,039	19,07	20,93	3,07	4,93	0,0005	0,0350
0,08	0,021	0,039	19,08	20,92	3,08	4,92	0,0005	0,0348
0,09	0,021	0,039	19,09	20,91	3,09	4,91	0,0005	0,0346
0,10	0,021	0,039	19,1	20,9	3,1	4,9	0,0005	0,0344
0,20	0,022	0,038	19,2	20,8	3,2	4,8	0,0007	0,0324
0,30	0,023	0,037	19,3	20,7	3,3	4,7	0,0008	0,0304
0,40	0,024	0,036	19,4	20,6	3,4	4,6	0,0009	0,0285
0,50	0,025	0,035	19,5	20,5	3,5	4,5	0,0010	0,0267
0,60	0,026	0,034	19,6	20,4	3,6	4,4	0,0012	0,0249
0,70	0,027	0,033	19,7	20,3	3,7	4,3	0,0014	0,0232
0,80	0,028	0,032	19,8	20,2	3,8	4,2	0,0016	0,0215
0,90	0,029	0,031	19,9	20,1	3,9	4,1	0,0018	0,0199
1,00	0,03	0,03	20	20	4	4	0,0024	0,0024

Klasik binom dağılımında n ve k değerleri tamsayı olarak tanımlanır. Dolayısıyla virgüllü sayılar α kesimlerinden elimine edilmesi gerekmektedir. Eğer n ve k değerleri için virgüllü sayıların ya elimine eder ya da tam sayı olarak dikkate alırsak, $\tilde{P}_k$ değerinin üyelik fonksiyonu Şekil 4.2'deki gibi elde edilir.



Şekil 3.4. Örnek-3'teki $\tilde{P}_k$ değerinin üyelik fonksiyonu

3.2.2.2. Bulanık Poisson Dağılımı

Poisson dağılımı, belirli bir zaman periyodunda zamandan bağımsız bir şekilde gerçekleşen ve bilinen bir ortalama orana sahip olan olayların meydana gelme olasılıklarını açıklar. Poisson dağılımı verilen bir zaman aralığı içinde meydana gelen olayların sayısının modellenmesinde kullanılır. Bir zaman aralığı için meydana gelmesi beklenen olayların sayısı λ olursa, tama olarak k tane olayın meydana gelme olasılığı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$f(k;\lambda)=\frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}, \qquad k= 0, 1, 2,.., \text{ ve } \lambda>0 \tag{3.20}$$

3.2.2.2.1. Bulanık Kusurlu Parça Sayısı Oranı

Burada p değerinin belirsiz olduğunu ve $\tilde{p}$ olarak gösterildiğini varsayalım. Bu durumda λ da belirsizdir ve $\tilde{\lambda}$ olarak gösterilir. Dolayısıyla $\tilde{P}_k$, n tane olayda k tane olayın bulanık meydana gelme olasılığıdır ve aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$$f(k;\tilde{\lambda})=\frac{\tilde{\lambda}^k e^{-\tilde{\lambda}}}{k!}, \qquad k= 0, 1, 2,.., \text{ ve } \tilde{\lambda}>0 \tag{3.21}$$

$$f_{k,\tilde{\lambda}}(\alpha)=\left\{\frac{\tilde{\lambda}^k e^{-\tilde{\lambda}}}{k!}\middle|\lambda\in\lambda(\alpha)\right\}$$

$$ve \tag{3.22}$$

$$\tilde{\lambda}=n\tilde{p}$$

$$\tilde{P}_k(\alpha)=\left[f_l\left(k;\tilde{\lambda}\right)(\alpha), f_r\left(k;\tilde{\lambda}\right)(\alpha)\right] \tag{3.23}$$

$$f_{l,k,\tilde{\lambda}}(\alpha)=\min\left\{\frac{\tilde{\lambda}^k e^{-\tilde{\lambda}}}{k!}\middle|\lambda\in\lambda(\alpha)\right\}$$

$$f_{r,k,\tilde{\lambda}}(\alpha)=\max\left\{\frac{\tilde{\lambda}^k e^{-\tilde{\lambda}}}{k!}\middle|\lambda\in\lambda(\alpha)\right\} \tag{3.24}$$

Açıklayıcı Örnek-4

Bir deneyde tek bir olayın meydana gelme olasılığının yaklaşık 0.03 yani $\tilde{p}$=TFN(0.02, 0.03, 0.04) şeklinde tanımlandığını varsayalım. Buna göre n=20 ve k=4 için poisson dağılım fonksiyonun bulanık değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\tilde{\lambda}=n\tilde{p}=20\times(0.02,\ 0.03,\ 0.04)=(0.4,\ 0.6,\ 0.8)$$

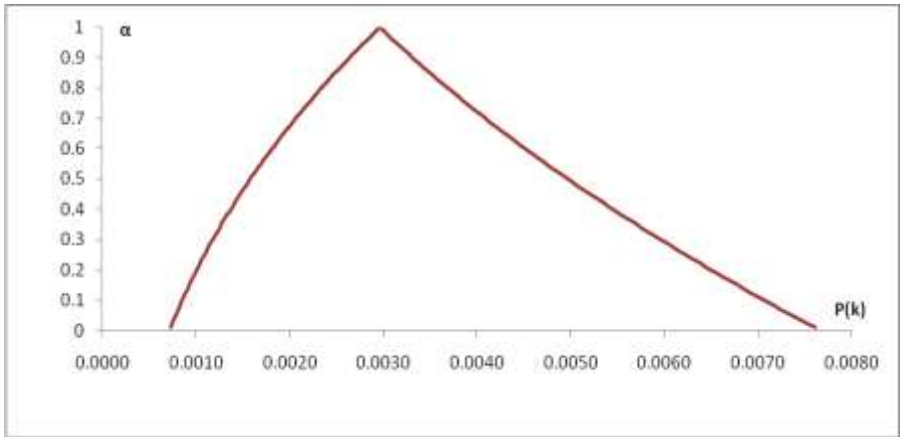
$$\lambda(\alpha)=[0.4+0.2\alpha,\ 0.8-0.2\alpha]$$

$$f_{4,\tilde{\lambda}}(\alpha)=\left\{\frac{\tilde{\lambda}^4 e^{-\tilde{\lambda}}}{4!}\middle|\lambda\in\lambda(\alpha)\right\}$$

Buna göre $\tilde{P}_k$ değerinin α kesimleri yukarıdaki eşitlikler (3.21-3.24) kullanılarak hesaplanır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.5'te verilmiştir. Şekil 3.5'te ise $\tilde{P}_k$ değerinin üyelik fonksiyonu verilmiştir.

Çizelge 3.5. Örnek-4 için TFN kullanıldığı zaman elde edilen $\tilde{P}_k$ değerinin α kesimleri

α	$f_{l,k,\tilde{\lambda}}$	$f_{r,k,\tilde{\lambda}}$
0,01	0,0007	0,0076
0,02	0,0007	0,0075
0,03	0,0008	0,0075
0,04	0,0008	0,0074
0,05	0,0008	0,0074
0,06	0,0008	0,0073
0,07	0,0008	0,0072
0,08	0,0008	0,0072
0,09	0,0008	0,0071
0,10	0,0009	0,0071
0,20	0,0010	0,0065
0,30	0,0012	0,0060
0,40	0,0014	0,0055
0,50	0,0016	0,0050
0,60	0,0018	0,0045
0,70	0,0021	0,0041
0,80	0,0023	0,0037
0,90	0,0026	0,0033
1,00	0,0030	0,0030



Şekil 3.5. Örnek-4'teki $\tilde{P}_k$ değerinin üyelik fonksiyonu

Başarılı sonuçların meydana gelme olasılığı 0.03 ile 0.04 arasındadır. Ayrıca bu olasılığın bulanık üçgen ayılara dönüştürerek ifade edilmesi daha uygundur. Aynı olasılık bulanık ikizkenar yamuk sayılara dönüştürülerek de $\check{p}$=TFN(0.02, 0.03, 0.04, 0.05) şeklinde ifade edilir. Bu durumda elde edilen $\tilde{P}_k$ değerinin ($\tilde{P}_{kl}$ ve $\tilde{P}_{kr}$) α kesimleri Çizelge 3.6' da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Örnek-4 için TrFN kullanıldığı zaman elde edilen $\tilde{P}_k$ değerinin α kesimleri

α	$f_{l,k,\tilde{\lambda}}$	$f_{r,k,\tilde{\lambda}}$
0,01	0,0007	0,0152
0,02	0,0007	0,0151
0,03	0,0008	0,0151
0,04	0,0008	0,0150
0,05	0,0008	0,0149
0,06	0,0008	0,0148
0,07	0,0008	0,0147
0,08	0,0008	0,0146
0,09	0,0008	0,0145
0,10	0,0009	0,0144
0,20	0,0010	0,0136
0,30	0,0012	0,0127
0,40	0,0014	0,0119
0,50	0,0016	0,0111
0,60	0,0018	0,0104
0,70	0,0021	0,0096
0,80	0,0023	0,0090
0,90	0,0026	0,0083
1,00	0,0030	0,0077

3.2.2.2.2. Bulanık Olay Sayıları

Poisson dağılımını diğer iki parametresi olan n ve k da bulanık sayılar olarak ifade edilebilir. Bu durumda bu parametrelerin α kesimleri hem bulanık üçgen sayılar (TFNs) hem de bulanık ikizkenar yamuk sayılar (TrFNs) şeklinde değerlendirilir. k tane olayın bulanık meydana gelme olasılığı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$f_{\tilde{k},\tilde{\lambda}} = \frac{\tilde{\lambda}^{\tilde{k}} e^{-\tilde{\lambda}}}{\tilde{k}!}, k = 0,1,2,..., \text{ ve } \tilde{\lambda} > 0 \tag{3.25}$$

$$f_{\tilde{k},\tilde{\lambda}}(\alpha) = \left\{ \frac{\tilde{\lambda}^{\tilde{k}} e^{-\tilde{\lambda}}}{\tilde{k}!} \middle| \lambda \in \lambda(\alpha), n \in n(\alpha), k \in k(\alpha) \right\}$$

ve

$$\tilde{\lambda} = \tilde{n}\tilde{p} \tag{3.26}$$

$$\tilde{P}_k(\alpha) = \left[f_l(\tilde{k};\tilde{\lambda})(\alpha), f_r(\tilde{k};\tilde{\lambda})(\alpha) \right] \tag{3.27}$$

$$f_{l,\tilde{k},\tilde{\lambda}}(\alpha)=\min\left\{\frac{\tilde{\lambda}^{\tilde{k}}e^{-\tilde{\lambda}}}{\tilde{k}!}\middle|\lambda\in\lambda(\alpha),n\in n(\alpha),k\in k(\alpha)\right\}$$

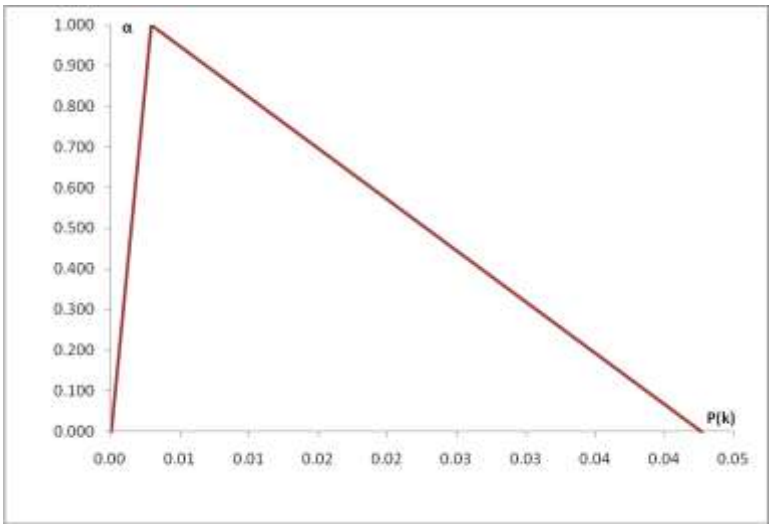
$$f_{r,\tilde{k},\tilde{\lambda}}(\alpha)=\max\left\{\frac{\tilde{\lambda}^{\tilde{k}}e^{-\tilde{\lambda}}}{\tilde{k}!}\middle|\lambda\in\lambda(\alpha),n\in n(\alpha),k\in k(\alpha)\right\} \quad (3.28)$$

Açıklayıcı Örnek-5

Açıklayıcı Örnek-4' ü göz önüne alalım. Burada n yaklaşık 20 yani $\tilde{n}$=TFN (19, 20, 21) ve k yaklaşık 4 yani $\tilde{k}$=TFN (3, 4, 5) şeklinde tanımlansın. Poisson olasılık fonksiyonun bulanık değeri $\tilde{k}$=TFN (3, 4, 5) iken eşitlikler (3.22-3.28) kullanılarak hesaplanır. $\tilde{P}_k$ değerinin α kesimleri Çizelge 4.7' deki gibidir. Ayrıca $\tilde{P}_k$ değerinin üyelik fonksiyonu da Şekil 3.6' da verilmiştir.

Çizelge 3.7. Örnek-5 için $\tilde{P}_k$ değerinin α kesimleri

α	**P(α)**		**n(α)**		**k(α)**		$\tilde{P}_{kl}(\alpha)$	$\tilde{P}_{kr}(\alpha)$
0,00	0,02	0,04	19	21	3	5	0,00005	0,04265
0,01	0,02	0,04	19,01	20,99	3,01	4,99	0,00061	0,04237
0,02	0,02	0,04	19,02	20,98	3,02	4,98	0,00062	0,04210
0,03	0,02	0,04	19,03	20,97	3,03	4,97	0,00063	0,04183
0,04	0,02	0,04	19,04	20,96	3,04	4,96	0,00064	0,04156
0,05	0,021	0,04	19,05	20,95	3,05	4,95	0,00066	0,04129
0,06	0,021	0,039	19,06	20,94	3,06	4,94	0,00067	0,04102
0,07	0,021	0,039	19,07	20,93	3,07	4,93	0,00068	0,04075
0,08	0,021	0,039	19.08	20,92	3.08	4.92	0,00070	0,04048
0,09	0,021	0,039	19.09	20,91	3.09	4.91	0,00071	0,04021
0,10	0,021	0,039	19.1	20.9	3.1	4.9	0,00072	0,03995
0,20	0,022	0,038	19.2	20,8	3.2	4.8	0,00087	0,03734
0,30	0,023	0,037	19.3	20,7	3.3	4.7	0,00104	0,03481
0,40	0,024	0,036	19.4	20,6	3.4	4.6	0,00123	0,03238
0,50	0,025	0,035	19.5	20,5	3.5	4.5	0,00145	0,03004
0,60	0,026	0,034	19.6	20,4	3.6	4.4	0,00169	0,02779
0,70	0,027	0,033	19.7	20,3	3.7	4.3	0,00196	0,02564
0,80	0,028	0,032	19,8	20,2	3,8	4,2	0,00226	0,02358
0,90	0,029	0,031	19,9	20,1	3,9	4,1	0,00260	0,02162
1,00	0,03	0,03	20	20	4	4	0,00296	0,00296



Şekil 4.4. Örnek-5'teki$\tilde{P}_k$ değerinin üyelik fonksiyonu

3.2.3. Bulanıklık Altında Kabul Örneklemesi

Bazen kabul örneklemesi planlarındaki parametreleri kesin değerler ile belirlemek mümkün olmayabilir. Bu parametreler "yaklaşık", "civarında" ya da "arasında" şeklinde ifade edilebilir. Bulanık kümeler teorisi, bu açıklamaları matematiksel fonksiyonlara dönüştürmede kullanılan en yararlı araçlardan biridir. Dolayısıyla kabul örneklemesi planlarında kabul olasılıkları bulanık kurallara göre hesaplanabilir (Kahraman ve Kaya, 2010). Bir önceki bölümde, binom ve poisson dağılımında parametrelerin bulanık olduğu durumda bulanık kabul olasılıklarının nasıl hesaplandığı anlatılmıştır. Bu bölümde de bu iki bulanık kesikli olasılık dağılımları dikkate alınarak tekli ve ikili örnek alma planları anlatılmıştır.

3.2.3.1. Bulanık Tekli Örnek Alma Planı

Tek bir örnek alınarak bunun $\tilde{n}$ şeklinde bulanık sayıyla ifade edilen bir hacme sahip olduğu ve bu örneğin %100 muayeneye tabi tutulduğunu varsayalım. Örneğin kusurlu oranı ve kabul edilebilir kusurlu parça sayısı da sırasıyla $\tilde{p}$ ve $\tilde{c}$ şeklinde bulanık sayılarla ifade edilsin. Bu şekildeki tekli örnek alma planı için poisson dağılımına göre kabul olasılığı aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$\tilde{\lambda} = \tilde{n}\tilde{p}$ olmak üzere; (3.29)

$$\tilde{P}_a = P\left(d \le \tilde{c} \middle| \tilde{n}, \tilde{c}, \tilde{p}\right) = \sum_{d=0}^{\tilde{c}} \frac{\tilde{\lambda}^d e^{-\tilde{\lambda}}}{d!} \tag{3.30}$$

$$P_a(\alpha) = \left[P_{al,d,\tilde{\lambda}}(\alpha), P_{ar,d,\tilde{\lambda}}(\alpha)\right] \tag{3.31}$$

$$\begin{aligned} P_{al,d,\tilde{\lambda}}(\alpha) &= \min\left\{\sum_{d=0}^{c} \frac{\lambda^d e^{-\lambda}}{d!} \middle| \lambda \in \lambda(\alpha), n \in n(\alpha), c \in c(\alpha)\right\} \\ P_{ar,d,\tilde{\lambda}}(\alpha) &= \max\left\{\sum_{d=0}^{c} \frac{\lambda^d e^{-\lambda}}{d!} \middle| \lambda \in \lambda(\alpha), n \in n(\alpha), c \in c(\alpha)\right\} \end{aligned} \tag{3.32}$$

Bulanık tekli örnek alma planı için binom dağılımına göre kabul olasılığı aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$$\tilde{P}_a = \sum_{d=0}^{\tilde{c}} \binom{\tilde{n}}{d} \tilde{p}^d \tilde{q}^{\tilde{n}-d} \tag{3.33}$$

$$\tilde{P}_a = \sum_{d=0}^{\tilde{c}} \binom{\tilde{n}}{d} \tilde{p}^d \tilde{q}^{\tilde{n}-d} = \left\{\sum_{d=0}^{\tilde{c}} \binom{\tilde{n}}{d} \tilde{p}^d \tilde{q}^{\tilde{n}-d} \middle| p \in p(\alpha), q \in q(\alpha), n \in n(\alpha), c \in c(\alpha)\right\} \tag{3.34}$$

$$P_a(\alpha) = \left[P_{al}(\alpha), P_{ar}(\alpha)\right] \tag{3.35}$$

$$\begin{aligned} P_{al}(\alpha) &= \min\left\{\sum_{d=0}^{c} \binom{n}{d} p^d q^{n-d} \middle| p \in p(\alpha), q \in q(\alpha), n \in n(\alpha), c \in c(\alpha)\right\}, \\ P_{ar}(\alpha) &= \max\left\{\sum_{d=0}^{c} \binom{n}{d} p^d q^{n-d} \middle| p \in p(\alpha), q \in q(\alpha), n \in n(\alpha), c \in c(\alpha)\right\} \end{aligned} \tag{3.36}$$

Bulanık tekli örnek alma planı için çıkan ortalama kalite (AOQ) değeri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$$A\tilde{O}Q \cong \tilde{P}_a \tilde{p} \tag{3.37}$$

$$AOQ(\alpha) = \left[AOQ_l(\alpha), AOQ_r(\alpha)\right] \tag{3.38}$$

$$\begin{aligned} AOQ_l(\alpha) &= \min\left\{P_a p \middle| p \in p(\alpha), P_a \in P_a(\alpha)\right\}, \\ AOQ_r(\alpha) &= \max\left\{P_a p \middle| p \in p(\alpha), P_a \in P_a(\alpha)\right\} \end{aligned} \tag{3.39}$$

Bulanık tekli örnek alma planı için ortalama toplam muayene sayısı (ATI) değeri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

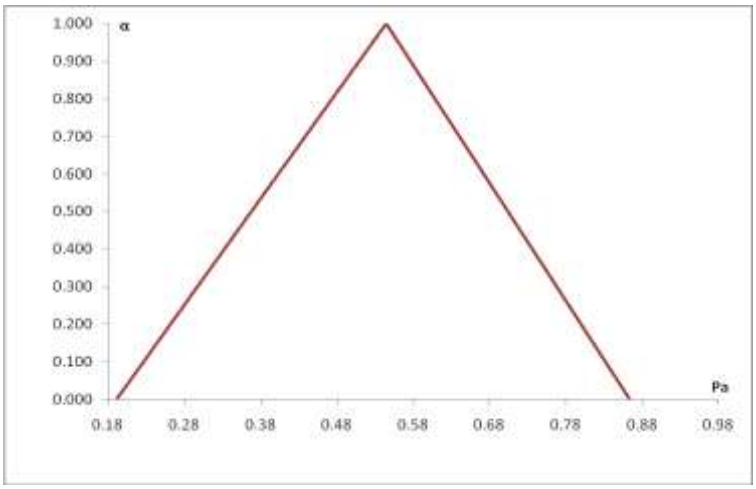
$$A\tilde{T}I = \tilde{n} + \left(1 - \tilde{P}_a\right)\left(\tilde{N} - \tilde{n}\right) \tag{3.40}$$

$$ATI(\alpha) = \left[ATI_l(\alpha), ATI_r(\alpha)\right] \tag{3.41}$$

$$\begin{aligned} ATI_l(\alpha) &= \min\left\{n + (1 - P_a)(N - n) \middle| p \in p(\alpha), P_a \in P_a(\alpha), p \in N(\alpha), N \in N(\alpha)\right\}, \\ ATI_r(\alpha) &= \max\left\{n + (1 - P_a)(N - n) \middle| p \in p(\alpha), P_a \in P_a(\alpha), p \in N(\alpha), N \in N(\alpha)\right\} \end{aligned} \tag{3.42}$$

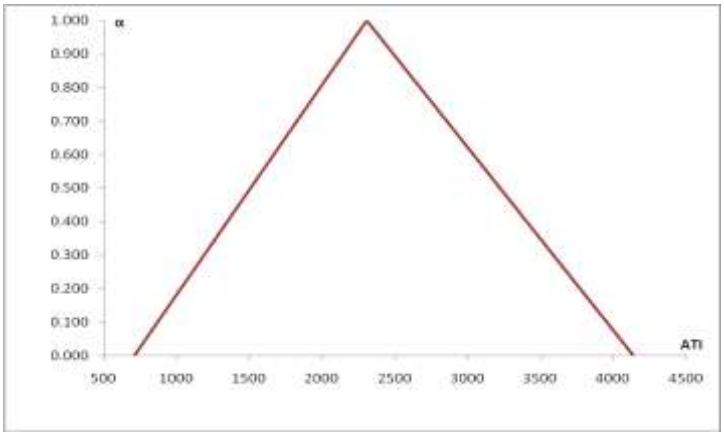
Açıklayıcı Örnek-6

Parti hacmi yaklaşık 5000 yani $\tilde{N}$=5000 olan ürün sevk edilmiştir. Alım muayenesi prosedürüne göre tekli örnek alma planı kullanılmaktadır ve buna göre örnek hacmi ve kabul edilebilir kusurlu parça sayısı sırasıyla yaklaşık $\tilde{n}$=50 ve $\tilde{c}$=2 şeklinde belirlenmiştir. Eğer gelen partideki kusurlu oranı yaklaşık $\tilde{p}$=0.05 ise, partinin kabul olasılığı yukarıdaki eşitliklerden (3.32) kullanılarak hesaplanır ve tekli örnek alma planının kabul olasılığı yaklaşık $\tilde{P}$a=P(d≤$\tilde{2}$)=TFN(0.190, 0.544, 0.864) olarak hesaplanır. Şekil 3.8'de kabul olasılığının üyelik fonksiyonu verilmiştir.



Şekil 3.8. Örnek-6 için hesaplanan kabul olasılığının üyelik fonksiyonu

Örnek-6'daki bulanık tekli örnek alma planı için çıkan ortalama kalite değeri eşitlik (3.39) kullanılarak yaklaşık $\widetilde{AOQ}$=TFN(0.008, 0.027, 0.052) ve ortalama toplam muayene sayısı da eşitlik (3.43) kullanılarak yaklaşık $\widetilde{ATI}$=TFN(707.163, 2308.125, 4140.47) olarak hesaplanmıştır. ATI için elde edilen üyelik fonksiyonu da Şekil 3.9' da verilmiştir.



Şekil 3.9. Örnek-6 için hesaplanan ATI değerinin üyelik fonksiyonu

3.2.3.2. Bulanık İkili Örnek Alma Planı

Klasik ikili örnek alma planındaki parametrelerin bulanık sayılar ile ifade edersek ve sırasıyla$\widetilde{N}$, $\tilde{n}_1$, $\tilde{n}_2$, $\tilde{c}_1$, $\tilde{c}_2$ ve $\tilde{p}$ şeklinde gösterirsek, bu şekildeki ikili örnek alma planı için poisson dağılımına göre kabul olasılığı aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$p \in p(\alpha), n \in n(\alpha),$ ve $c \in c(\alpha)$ olmak üzere;

$$P_a = P(d_1 \le \tilde{c}_1) + P(\tilde{c}_1 < d_1 \le \tilde{c}_2) P(d_1 + d_2 \le \tilde{c}_2) \tag{3.43}$$

$$\tilde{P}_a = \sum_{d_1=0}^{\tilde{c}_1} \frac{\lambda^{d_1} e^{-\tilde{n}_1 \tilde{p}}}{d_1!} + \sum_{d_1>\tilde{c}_1}^{\tilde{c}_2} \left(\frac{\lambda^{d_1} e^{-\tilde{n}_1 \tilde{p}}}{d_1!} \times \sum_{d_2=0}^{\tilde{c}_2 - d_1} \frac{\lambda^{d_2} e^{-\tilde{n}_2 \tilde{p}}}{d_2!} \right) \tag{3.44}$$

$$P_a(\alpha) = \left[P_{al,d;\tilde{\lambda}}(\alpha), P_{ar,d;\tilde{\lambda}}(\alpha) \right] \tag{3.45}$$

$$\begin{aligned} P_{al,d;\tilde{\lambda}}(\alpha) &= \min \left\{ \sum_{d_1=0}^{c_1} \frac{\lambda^{d_1} e^{-n_1 p}}{d_1!} + \sum_{d_1>c_1}^{c_2} \left(\frac{\lambda^{d_1} e^{-n_1 p}}{d_1!} \times \sum_{d_2=0}^{c_2 - d_1} \frac{\lambda^{d_2} e^{-n_2 p}}{d_2!} \right) \right\} \\ P_{ar,d;\tilde{\lambda}}(\alpha) &= \max \left\{ \sum_{d_1=0}^{c_1} \frac{\lambda^{d_1} e^{-n_1 p}}{d_1!} + \sum_{d_1>c_1}^{c_2} \left(\frac{\lambda^{d_1} e^{-n_1 p}}{d_1!} \times \sum_{d_2=0}^{c_2 - d_1} \frac{\lambda^{d_2} e^{-n_2 p}}{d_2!} \right) \right\} \end{aligned} \tag{3.46}$$

Bulanık ikili örnek alma planı için binom dağılımına göre kabul olasılığı aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$p \in p(\alpha), q \in q(\alpha), n_1 \in n_1(\alpha), c_1 \in c_1(\alpha), n_2 \in n_2(\alpha),$ ve $c_2 \in c_2(\alpha)$ olmak üzere;

$$P_a = \sum_{d_1=0}^{\tilde{c}_1} \binom{\tilde{n}_1}{d_1} \tilde{p}^{d_1} (1-\tilde{p})^{\tilde{n}_1 - d_1} + \sum_{d_1>\tilde{c}_1}^{\tilde{c}_2} \left(\binom{\tilde{n}_1}{d_1} \tilde{p}^{d_1} (1-\tilde{p})^{\tilde{n}_1 - d_1} \times \sum_{d_2=0}^{\tilde{c}_2 - d_1} \binom{\tilde{n}_2}{d_2} \tilde{p}^{d_2} (1-\tilde{p})^{\tilde{n}_2 - d_2} \right) \tag{3.47}$$

$$\begin{aligned} P_{al}(\alpha) &= \min \left\{ \sum_{d_1=0}^{c_1} \binom{n_1}{d_1} p^{d_1} (1-p)^{n_1 - d_1} + \sum_{d_1>c_1}^{c_2} \left(\binom{n_1}{d_1} p^{d_1} (1-p)^{n_1 - d_1} \times \sum_{d_2=0}^{c_2 - d_1} \binom{n_2}{d_2} p^{d_2} (1-p)^{n_2 - d_2} \right) \right\}, \\ P_{ar}(\alpha) &= \max \left\{ \sum_{d_1=0}^{c_1} \binom{n_1}{d_1} p^{d_1} (1-p)^{n_1 - d_1} + \sum_{d_1>c_1}^{c_2} \left(\binom{n_1}{d_1} p^{d_1} (1-p)^{n_1 - d_1} \times \sum_{d_2=0}^{c_2 - d_1} \binom{n_2}{d_2} p^{d_2} (1-p)^{n_2 - d_2} \right) \right\} \end{aligned} \tag{3.48}$$

AOQ değeri bulanık tekli örnek alma planındaki gibi eşitlik (3.40) kullanılarak hesaplanır. Bulanık ikili örnek alma planı için ortalama örnek sayısı (ASN) değeri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$$\begin{aligned} A\tilde{S}N &= \tilde{n}_1 \tilde{P}_I + (\tilde{n}_1 + \tilde{n}_2)(1 - \tilde{P}_I) \\ &= \tilde{n}_1 + \tilde{n}_2 (1 - \tilde{P}_I) \end{aligned} \tag{3.49}$$

$$ASN(\alpha) = \left[ASN_l(\alpha), ASN_r(\alpha) \right] \tag{3.50}$$

$$\begin{aligned} ASN_l(\alpha) &= \min \left\{ n_1 + n_2 (1 - P_I) \middle| \, p \in p(\alpha), n_1 \in n_1(\alpha), n_2 \in n_2(\alpha), P_I \in P_I(\alpha) \right\}, \\ ASN_r(\alpha) &= \max \left\{ n_1 + n_2 (1 - P_I) \middle| \, p \in p(\alpha), n_1 \in n_1(\alpha), n_2 \in n_2(\alpha), P_I \in P_I(\alpha) \right\} \end{aligned} \tag{3.51}$$

Bulanık ikili örnek alma planı için ATI değeri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$p \in p(\alpha), ASN \in ASN(\alpha), n_1 \in n_1(\alpha), N \in N(\alpha), n_2 \in n_2(\alpha),$ ve $c_2 \in c_2(\alpha)$ olmak üzere;

$$A\tilde{T}I = A\tilde{S}N + \left(\tilde{N} - \tilde{n}_1\right)P\left(d_1 > \tilde{c}_2\right) + \left(\tilde{N} - \tilde{n}_1 - \tilde{n}_2\right)P\left(d_1 + d_2 > \tilde{c}_2\right) \tag{3.52}$$

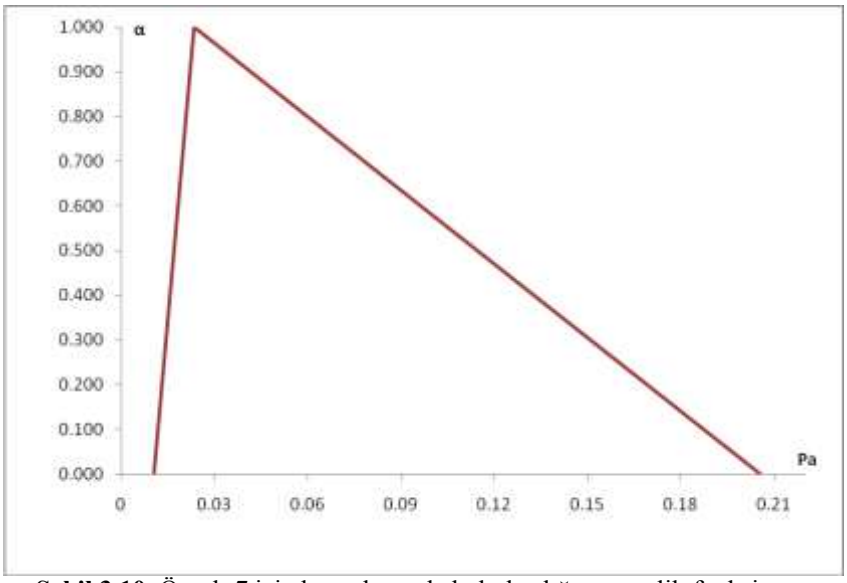
$$ATI(\alpha) = \left[ATI_l(\alpha), ATI_r(\alpha)\right] \tag{3.53}$$

$$\begin{aligned} ATI_l(\alpha) &= \min\left\{ASN + (N - n_1)P(d_1 > c_2) + (N - n_1 - n_2)P(d_1 + d_2 > c_2)\right\}, \\ ATI_r(\alpha) &= \max\left\{ASN + (N - n_1)P(d_1 > c_2) + (N - n_1 - n_2)P(d_1 + d_2 > c_2)\right\} \end{aligned} \tag{3.54}$$

Açıklayıcı Örnek- 7

Bulanık ikili örnek alma planı için Açıklayıcı Örnek-6'daki durumu göz önüne alalım. Örnek hacimleri ve kabul edilebilir kusurlu parça sayıları sırasıyla yaklaşık $\tilde{n}_1$=75, $\tilde{n}_2$=300, $\tilde{c}_1$=0 ve $\tilde{c}_2$=3 olarak belirlenmiştir. Bulanık ikili örnek alma planı için kabul olasılığı eşitlik (3.48) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Şekil 3.10'da bulanık ikili örnek alma planı için elde edilen kabul olasılığının üyelik fonksiyonu verilmiştir.

$$\begin{aligned} \tilde{P}_a &= P\left(d_1 \le \tilde{0}\right) + \left[P\left(d_1 = \tilde{1}\right) \times P\left(d_2 \le \tilde{2}\right)\right] + \left[P\left(d_1 = \tilde{2}\right) \times P\left(d_2 \le \tilde{1}\right)\right] + \left[P\left(d_1 = \tilde{3}\right) \times P\left(d_2 \le \tilde{0}\right)\right] \\ &= (0.0105,\ 0.0235,\ 0.2052) + \left[(0.0105,\ 0.0882,\ 0.227) \times (0,\ 0,\ 0.0024)\right] \\ &+ \left[(0.0477,\ 0.1654,\ 0.224) \times (0,\ 0,\ 0.0005)\right] + \left[(0.1088,\ 0.2067,\ 0.227) \times (0,\ 0,\ 0.0001)\right] \\ &= (0.0105,\ 0.0235,\ 0.2052) + (0,\ 0,\ 0.0005) + (0,\ 0,\ 0.0001) + (0,\ 0,\ 0) \\ \tilde{P}_a &= (0.0105,\ 0.0235,\ 0.2058). \end{aligned}$$



Şekil 3.10. Örnek-7 için hesaplanan kabul olasılığının üyelik fonksiyonu

Açıklayıcı Örnek-7' deki değerler dikkate alınarak bulanık ikili örnek alma planı için hesaplanan AOQ değeri $\widetilde{AOQ}$=TFN(0,00042, 0,001175, 0,01235) olarak ve eşitlik (3.51) kullanılarak hesaplanan ASN değeri $\widetilde{ASN}$=TFN(74,00, 213,08, 320,24) olarak bulunmuştur.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1 Tekli Örnek Alma Planı İçin Geliştirilen Çok Amaçlı Matematiksel Modeller

Tekli örnek alma planı için geliştirilen modelde belirli bir kusurlu oranı için ayrı ayrı üretici ve tüketici riski değerlerini aşmadan ATI ve AQO en küçüklemesi yapılmıştır. Modelde kabul edilebilir kusurlu sayısı belirlenerek, en uygun örnek hacmi bulunması hedeflenmiştir. Bu problem için geliştirilen çok amaçlı matematiksel modelin kapalı ve açık yapıları aşağıdaki eşitliklerde tanımlanmıştır.

Aşağıdaki model üretici riski (α) belirli bir değeri aşmayacak şekilde ATI ve AOQ en küçüklemesi amaç edinilerek en uygun örnek hacminin bulunması için geliştirilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

Min AOQ

Kısıtlar:

$P_a(n,c;AQL) \leq 1-\alpha$ (4.1)

n>0, tamsayı; c≥0, tamsayı (4.2)

Bu modelin açık formu aşağıdaki eşitliklerde (4.3-4.6) verilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

$$\boldsymbol{n + (N-n) \times \left[1 - \sum_{x=0}^{c} \frac{e^{-n\times AQL} \times (n\times AQL)^x}{x!}\right]} \quad (4.3)$$

Min AOQ

$$\frac{AQL}{N} \times (N\text{-}n) \times \left[\sum_{x=0}^{c} \frac{e^{-n\times AQL} \times (n\times AQL)^x}{x!}\right] \quad (4.4)$$

Kısıtlar:

$$\boldsymbol{1 - \sum_{x=0}^{c} \frac{e^{-n\times AQL} \times (n\times AQL)^x}{x!} \leq \alpha} \quad (4.5)$$

n>0, tamsayı; c≥0, tamsayı (4.6)

Açıklayıcı Örnek- 8

Tekli örnek alma planı için geliştirilen ve eşitlik (4.3-4.6)' da gösterilen çok amaçlı matematiksel model, parti büyüklüğü (N) 500 ve belirli AQL değerleri için çözülmüş ve elde edilen n, ATI ve AOQ sonuçları aşağıdaki çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Belirli AQL değerleri ve N=500 iken tekli örnek alma planı için elde edilen n, ATI ve AOQ sonuçları

Parametreler		Tekli Örnek Alma Planı	AQL								
N	**c**		**0,01**	**0,015**	**0,025**	**0,04**	**0,05**	**0,1**	**0,25**	**0,4**	**0,5**
500	**1**	**n** **ATI** **AOQ**	32 51,414 0,0089	21 40,317 0,0138	13 33,771 0,0233	8 28,410 0,377	7 30,994 0,0469	-	-	-	-
	2	**n** **ATI** **AOQ**	75 92,215 0,0081	50 68,227 0,0129	30 49,0375 0,0225	19 39,127 0,037	15 34,645 0,0465	8 31,332 0,0937	-	-	-
	3	**n** **ATI** **AOQ**	127 141,98 0,0072	85 101,866 0,0119	51 69,248 0,0215	32 51,247 0,036	26 46,427 0,0453	13 33,987 0,0932	3 38,427 0,2307	-	-
	4	**n** **ATI** **AOQ**	185 197,642 0,0060	124 139,38 0,0108	74 91,096 0,0204	47 66,241 0,035	37 55,581 0,0444	19 40,203 0,0919	8 33,905 0,2330	-	-
	5	**n** **ATI** **AOQ**	247 257,132 0,0048	165 178,524 0,0096	99 115,189 0,0192	62 79,826 0,034	50 68,909 0,0431	25 44,959 0,0910	10 30,590 0,2347	7 39,099 0,3687	5 25,800 0,4742

Çizelge 4.1' de AQL değerleri 0,01' den başlamış ve 0,5' e kadar değerler belli bir şekilde arttırılmıştır. Bunun sonucunda parti hacmi 500'e eşit iken tekli örnek alma planında, α 0,5'ten küçük olacak şekilde c değerleri için n, ATI ve AOQ belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre AQL değeri sabitken, kabul edilebilir kusurlu sayısı arttıkça alınması gereken örnek hacminin de arttığı görülmüştür.

Aşağıdaki model ise tüketici riski (β) belirli bir değeri aşmayacak şekilde ATI ve AOQ en küçüklemesi amaç edinilerek en uygun örnek hacminin bulunması için geliştirilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

Min AOQ

Kısıtlar:

$P_a(n,c;LTPD) \leq \beta$ (4.7)

$n > c$ (4.8)

$n>0$, tamsayı; $c\geq 0$, tamsayı (4.9)

Bu modelin açık yapısı aşağıdaki eşitliklerde (4.10-4.14) verilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

$$\boldsymbol{n} + (\boldsymbol{N} - \boldsymbol{n}) \times \left[\mathbf{1} - \sum_{\boldsymbol{x}=\mathbf{0}}^{\boldsymbol{c}} \frac{e^{-n \times LTPD} \times (n \times LTPD)^{x}}{x!}\right] \quad (4.10)$$

Min AOQ

$$\frac{\boldsymbol{LTPD}}{\boldsymbol{N}} \times (\boldsymbol{N} - \boldsymbol{n}) \times \left[\sum_{\boldsymbol{x}=\mathbf{0}}^{\boldsymbol{c}} \frac{e^{-n \times LTPD} \times (n \times LTPD)^{x}}{x!}\right] \quad (4.11)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{\boldsymbol{x}=\mathbf{0}}^{\boldsymbol{c}} \frac{e^{-n \times LTPD} \times (n \times LTPD)^{x}}{x!} \leq \boldsymbol{\beta} \quad (4.12)$$

$n > c$, (4.13)

$n>0$, tamsayı; $c\geq 0$, tamsayı (4.14)

Açıklayıcı Örnek- 9

Tekli örnek alma planı için geliştirilen ve eşitlik (4.10-4.14)' te gösterilen çok amaçlı matematiksel model, parti büyüklüğü (N) 500 ve belirli LTPD değerleri için çözülmüş ve elde edilen n, ATI ve AOQ sonuçları aşağıdaki çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Belirli LTPD değerleri ve N=500 iken tekli örnek alma planı için elde edilen n, ATI ve AOQ sonuçları

Parametreler		**Tekli Örnek Alma Planı**	**LTPD**							
N	**c**		**0,02**	**0,03**	**0,04**	**0,05**	**0,07**	**0,1**	**0,2**	**0,3**
500	**1**	**n** **ATI** **AOQ**	195 469,748 0,0012	130 463,301 0,0022	98 460,757 0,0031	78 458,144 0,0042	56 456,657 0,0061	39 454,275 0,0091	20 456,042 0,0176	13 451,697 0,0289
	2	**n** **ATI** **AOQ**	267 476,983 0,0009	178 468,191 0,0019	134 464,342 0,0028	107 461,445 0,0038	77 459,568 0,0056	54 457,738 0,0084	27 455,179 0,0179	18 454,327 0,0274
	3	**n** **ATI** **AOQ**	335 483,697 0,0006	223 473,459 0,0016	168 467,603 0,0025	134 463,836 0,0036	96 460,577 0,0055	67 457,216 0,0085	34 456,753 0,0173	23 458,439 0,0249
	4	**n** **ATI** **AOQ**	400 490,036 0,0004	267 476,919 0,0014	200 470,110 0,0024	160 466,125 0,0034	115 462,730 0,0052	80 458,154 0,0083	40 454,169 0,0183	39 495,684 0,0026
	5	**n** **ATI** **AOQ**	464 496,410 0,0001	311 481,654 0,0011	232 473,276 0,0021	186 469,024 0,0030	133 463,989 0,0050	93 459,849 0,0080	47 457,658 0,0169	44 495,705 0,0026

Çizelge 4.2' de LTPD değerleri 0,02' den başlamış ve 0,3' e kadar değerler belli bir şekilde arttırılmıştır ve β 0,10'nu aşmayacak şekilde elde edilen n, ATI ve AOQ

değerleri belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre LTPD değeri sabitken, c arttıkça alınması gereken örnek hacminin de arttığı görülmüştür.

4.1.1. Bulanıklık Altında Tekli Örnek Alma Planı İçin Geliştirilen Çok Amaçlı Matematiksel Modeller

Klasik bir tekli örnek alma planındaki katılığı esnetebilmek amacıyla üretici ve tüketici tarafından belirlenen kalite seviyeleri AQL ve LTPD ile üretici ve tüketici riskleri bulanıklaştırılmış ve aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

Aşağıdaki model üretici riski (α) ve AQL bulanık sayı olarak alınmıştır. Bu durumda ATI ve AOQ en küçüklemesi amaç edinilerek en uygun örnek hacminin bulunması için model geliştirilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

Min AOQ

Kısıtlar:

$P_a(n,c;\widetilde{\boldsymbol{AQL}}) \leq 1-\widetilde{\boldsymbol{\alpha}}$ (4.15)

$n>0;\ c\geq 0$ (4.16)

Bu modelin açık yapısı aşağıdaki eşitliklerde (4.17-4.20) verilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

$$\boldsymbol{n}+(\boldsymbol{N}-\boldsymbol{n})\times\left[\mathbf{1}-\sum_{\boldsymbol{x}=\mathbf{0}}^{\boldsymbol{c}}\frac{\boldsymbol{e}^{-\boldsymbol{n}\times\widetilde{\boldsymbol{AQL}}}\times(\boldsymbol{n}\times\widetilde{\boldsymbol{AQL}})^{\boldsymbol{x}}}{\boldsymbol{x}!}\right] \quad (4.17)$$

Min AOQ

$$\frac{\widetilde{\mathrm{AQL}}}{\mathrm{N}}\times(\mathrm{N}\text{-}\mathrm{n})\times\left[\sum_{\mathrm{x}=0}^{\mathrm{c}}\frac{\mathrm{e}^{-\mathrm{n}\times\widetilde{\mathrm{AQL}}}\times(\mathrm{n}\times\widetilde{\mathrm{AQL}})^{\mathrm{x}}}{\mathrm{x}!}\right] \quad (4.18)$$

Kısıtlar:

$$\mathbf{1}-\sum_{\boldsymbol{x}=\mathbf{0}}^{\boldsymbol{c}}\frac{\boldsymbol{e}^{-\boldsymbol{n}\times\widetilde{\boldsymbol{AQL}}}\times(\boldsymbol{n}\times\widetilde{\boldsymbol{AQL}})^{\boldsymbol{x}}}{\boldsymbol{x}!}\leq\widetilde{\boldsymbol{\alpha}} \quad (4.19)$$

$n>0;\ c\geq 0$ (4.20)

Açıklayıcı Örnek-10

Bulanıklık altında tekli örnek alma planı için geliştirilen ve eşitlik (4.17-4.20)' de gösterilen bulanık çok amaçlı matematiksel model, N=500, $\widetilde{\boldsymbol{AQL}}=\boldsymbol{TFN}(\mathbf{0},\mathbf{01},$

$\mathbf{0,02,0,03})$ ve $\tilde{\alpha} = \boldsymbol{TFN}(\mathbf{0,05},\ \mathbf{0,07},\ \mathbf{0,08})$ bulanık değerleri için çözülmüş ve elde edilen n, ATI ve AOQ sonuçları aşağıdaki çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. $\widetilde{AQL}$ ve $\tilde{\alpha}$ değerleri ve N=500 iken tekli örnek alma planı için elde edilen n, ATI ve AOQ sonuçları

N	$\widetilde{\boldsymbol{AQL}}$	Tekli Örnek Alma Planı	c				
			1	2	3	4	5
500	$\widetilde{\boldsymbol{AQL}} = \boldsymbol{TFN}(\mathbf{0,01,0,02,0,03})$	n	20	44	71	101	132
		ATI	40,422	72,644	97,211	125,551	154,429
		AOQ	0,0183	0,0171	0,0161	0,0148	0,0138

Çizelge 4.3'teki sonuçlara göre, $\widetilde{\boldsymbol{AQL}}$ ve $\tilde{\boldsymbol{\alpha}}$ değerleri bulanık alındığı zaman elde edilen n, ATI ve AOQ değerlerinin, $\widetilde{\boldsymbol{AQL}}$ ve $\tilde{\boldsymbol{\alpha}}$ değerleri bulanık alınmadığı zaman elde edilen değerlerden daha küçük olduğu görülmüştür.

Aşağıdaki model ise β ve LTPD bulanık sayı olarak alınmıştır. ATI ve AOQ en küçüklemesi amaç edinilerek en uygun örnek hacminin bulunması için geliştirilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

Min AOQ

Kısıtlar:

$P_a(n,c;\widetilde{\boldsymbol{LTPD}}) \leq \tilde{\boldsymbol{\beta}}$ (4.21)

$n>c,$ (4.22)

$n>0;\ c\geq 0$ (4.23)

Bu modelin açık yapısı aşağıdaki eşitliklerde (4.24-4.27) verilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

$$\boldsymbol{n} + (\boldsymbol{N} - \boldsymbol{n}) \times \left[\mathbf{1} - \sum_{\boldsymbol{x}=\mathbf{0}}^{\boldsymbol{c}} \frac{e^{-\boldsymbol{n}\times\widetilde{\boldsymbol{LTPD}}} \times (\boldsymbol{n}\times\widetilde{\boldsymbol{LTPD}})^{\boldsymbol{x}}}{\boldsymbol{x}!}\right] \quad (4.24)$$

Min AOQ

$$\frac{\widetilde{LTPD}}{N} \times (N-n) \times \left[\sum_{x=0}^{c} \frac{e^{-n\times\widetilde{LTPD}}\times(n\times\widetilde{LTPD})^{x}}{x!}\right] \quad (4.25)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{x=0}^{c} \frac{e^{-n\times\widetilde{LTPD}}\times(n\times\widetilde{LTPD})^{x}}{x!} \leq \tilde{\beta} \quad (4.26)$$

n>0, tamsayı; c≥0, tamsayı (4.27)

Açıklayıcı Örnek-11

Bulanıklık altında tekli örnek alma planı için geliştirilen ve eşitlik (4.24-4.27)' de gösterilen bulanık çok amaçlı matematiksel model, N=500, $\widetilde{LTPD} = TFN(0,02,\ 0,03,0,04)$ ve $\tilde{\beta} = TFN(0,10,\ 0,15,\ 0,20)$ bulanık değerleri için çözülmüş ve elde edilen n, ATI ve AOQ sonuçları aşağıdaki çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. $\widetilde{LTPD}$ ve $\tilde{\beta}$ değerleri ve N=500 iken tekli örnek alma planı için elde edilen n, ATI ve AOQ sonuçları

N	$\widetilde{LTPD}$	Tekli Örnek Alma Planı	c				
			1	2	3	4	5
500	$\widetilde{LTPD} = TFN(0,02,0,03,0,04)$	n	34	66	100	136	174
		ATI	104,158	131,915	160,017	190,611	223,688
		AOQ	0,0158	0,0147	0,0136	0,0124	0,0110S

Çizelge 4.4'teki sonuçlara göre de $\widetilde{LTPD}$ ve $\tilde{\beta}$ değerleri bulanık alındığı zaman elde edilen n, ATI ve AOQ değerlerinin $\widetilde{LTPD}$ ve $\tilde{\beta}$ değerleri bulanık alınmadığı zaman elde edilen değerlerden daha küçük olduğu görülmüştür.

4.2 İkili Örnek Alma Planı İçin Geliştirilen Çok Amaçlı Matematiksel Modeller

İkili örnek alma planı için geliştirilen modelde belirli bir kusurlu oranı için üretici ve tüketici riski değerlerini aşmadan ATI ve AQO en küçüklemesi iki farklı model ile yapılmıştır. Modellerde kabul edilebilir kusurlu sayısı belirlenerek, en uygun

örnek hacmi bulunması hedeflenmiştir. Bu problem için geliştirilen çok amaçlı matematiksel modellerin kapalı ve açık yapıları aşağıdaki eşitliklerde tanımlanmıştır.

Birinci modelde üretici riski (α) belirli bir değeri aşmayacak şekilde ATI ve AOQ en küçüklemesi amaç edinilerek en uygun örnek hacimleri bulunacaktır.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

Min AOQ

Kısıtlar:

$P_a(n_1, n_2, c_1, c_2;AQL) \leq 1- \alpha$ (4.28)

$n_1,n_2>0$, tamsayı; $c_1, c_2 \geq 0$, tamsayı (4.29)

Bu modelin açık yapısı aşağıdaki eşitliklerde (4.30-4.33) verilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

$$\boldsymbol{n_1 + n_2} \times \left[\sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^x}{x!} - \sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^x}{x!}\right] + (N - n_1) \times \left[1 - \sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^x}{x!}\right] + (N - n_1 - n_2) \times \left[\sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^x}{x!} - \left(\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^{(c_1+1)}}{(c_1+1)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 1} \frac{e^{-n_2 \times AQL} \times (n_2 \times AQL)^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^{(c_1+2)}}{(c_1+2)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 2} \frac{e^{-n_2 \times AQL} \times (n_2 \times AQL)^x}{x!} + \cdots + \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^{c_2}}{c_2!} \times e^{-n_2 \times AQL}\right)\right]$$ (4.30)

Min AOQ

$$\frac{AQL}{N} \times \left[\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^x}{x!} \times (N - n_1) + (N - n_1 - n_2) \times \left[\sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^x}{x!} - \left(\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^{(c_1+1)}}{(c_1+1)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 1} \frac{e^{-n_2 \times AQL} \times (n_2 \times AQL)^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^{(c_1+2)}}{(c_1+2)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 2} \frac{e^{-n_2 \times AQL} \times (n_2 \times AQL)^x}{x!} + \cdots + \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^{c_2}}{c_2!} \times e^{-n_2 \times AQL}\right)\right]\right]$$ (4.31)

Kısıtlar:

$$\boldsymbol{1} - \left(\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times AQL} \times (n_1 \times AQL)^{(c_1+1)}}{(c_1+1)!} \times \sum_{X=0}^{c_2 - c_1 - 1} \frac{e^{-n_2 \times AQL} \times (n_2 \times AQL)^x}{x!} +\right.$$

$$\frac{e^{-n_1\times AQL}\times(n_1\times AQL)^{(c_1+2)}}{(c_1+2)!}\times\sum_{X=0}^{c_2-c_1-2}\frac{e^{-n_2\times AQL}\times(n_2\times AQL)^{x}}{x!}+\cdots+\frac{e^{-n_1\times AQL}\times(n_1\times AQL)^{c_2}}{c_2!}\times e^{-n_2\times AQL}\Big)\leq\alpha \quad (4.32)$$

$n_1,n_2>0$, tamsayı; $c_1, c_2\geq 0$, tamsayı (4.33)

Açıklayıcı Örnek- 12

İkili örnek alma planı için geliştirilen ve eşitlik (4.30-4.33)' te gösterilen çok amaçlı matematiksel model, parti büyüklüğü (N) 500 ve belirli AQL değerleri için çözülmüş ve elde edilen n_1, n_2, ATI ve AOQ sonuçları aşağıdaki çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Belirli AQL değerleri ve N=500 iken ikili örnek alma planı için elde edilen n_1, n_2, ATI ve AOQ sonuçları

Parametreler		İkili Örnek Alma Planı	AQL								
c_1	c_2		0,01	0,015	0,025	0,04	0,05	0,1	0,25	0,4	0,5
0	1	n_1	19	13	8	5	4	-	-	-	-
		n_2	19	13	8	5	4				
		ATI	64,189	51,785	41,607	34,856	32,605				
		AOQ	0,0094	0,0124	0,0208	0,0336	0,0421				
1	2	n_1	48	32	20	12	10	5	-	-	-
		n_2	48	32	20	12	10	5			
		ATI	119,660	86,455	63,661	44,949	42,885	32,497			
		AOQ	0,0085	0,0132	0,0225	0,0368	0,0460	0,0929			
2	3	n_1	88	59	36	22	18	9	4	-	-
		n_2	88	59	36	22	18	9	4		
		ATI	198,371	139,937	94,348	64,617	57,867	39,627	36,977		
		AOQ	0,0079	0,0127	0,0222	0,0369	0,0465	0,0948	0,2376		
3	4	n_1	136	91	55	35	28	14	6	4	-
		n_2	136	91	55	35	28	14	6	4	
		ATI	295,263	202,753	130,029	92,178	78,142	50,069	39,585	41,836	
		AOQ	0,0070	0,0119	0,0216	0,0362	0,0459	0,0948	0,2397	0,3828	
4	5	n_1	191	128	77	48	39	20	8	5	4
		n_2	191	128	77	48	39	20	8	5	4
		ATI	401,317	275,949	174,370	116,309	99,542	63,748	39,830	33,850	31,857
		AOQ	0,0059	0,0108	0,0206	0,0354	0,0451	0,0938	0,2406	0,3873	0,4852

Çizelge 4.5'teki sonuçlara göre ikili örnek alma planı için geliştirilen model belirli AQL değerleri ve N=500 iken, α değeri 0,05'i aşmayacak şekilde çözülmüş ve elde edilen n_1, n_2, ATI ve AOQ değerlerinin, belirli AQL değerleri ve N=500 iken, yine α değeri 0,05 aşmadan tekli örnek alma planı için geliştirilen modelin çözümü sonucu elde edilen değerlerden daha küçük olduğu görülmüştür.

İkinci modelde ise tüketici riski (β) belirli bir değeri aşmayacak şekilde ATI ve AOQ en küçüklemesi amaç edinilerek en uygun örnek hacimleri bulunacaktır.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

Min AOQ

Kısıtlar:

$P_a(n_1, n_2, c_1, c_2;\text{LTPD}) \leq \beta$ (4.34)

$n_1, n_2 > 0$, tamsayı; $c_1, c_2 \geq 0$, tamsayı (4.35)

Bu modelin açık yapısı aşağıdaki eşitliklerde (4.36-4.39) verilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

$$\boldsymbol{n_1 + n_2} \times \left[\sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^x}{x!} - \sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^x}{x!}\right] + (N - n_1) \times \left[1 - \sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^x}{x!}\right] + (N - n_1 - n_2) \times \left[\sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^x}{x!} - \left(\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^{(c_1+1)}}{(c_1+1)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 1} \frac{e^{-n_2 \times LTPD} \times (n_2 \times LTPD)^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^{(c_1+2)}}{(c_1+2)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 2} \frac{e^{-n_2 \times LTPD} \times (n_2 \times LTPD)^x}{x!} + \cdots + \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^{c_2}}{c_2!} \times e^{-n_2 \times LTPD}\right)\right] \quad (4.36)$$

Min AOQ

$$\frac{LTPD}{N} \times \left[\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^x}{x!} \times (N - n_1) + (N - n_1 - n_2) \times \left[\sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^x}{x!} - \left(\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^{(c_1+1)}}{(c_1+1)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 1} \frac{e^{-n_2 \times LTPD} \times (n_2 \times LTPD)^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^{(c_1+2)}}{(c_1+2)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 2} \frac{e^{-n_2 \times LTPD} \times (n_2 \times LTPD)^x}{x!} + \cdots + \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^{c_2}}{c_2!} \times e^{-n_2 \times LTPD}\right)\right]\right] \quad (4.37)$$

Kısıtlar:

$$\left[\sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^x}{x!} - \left(\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^{(c_1+1)}}{(c_1+1)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 1} \frac{e^{-n_2 \times LTPD} \times (n_2 \times LTPD)^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^{(c_1+2)}}{(c_1+2)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 2} \frac{e^{-n_2 \times LTPD} \times (n_2 \times LTPD)^x}{x!} + \cdots + \frac{e^{-n_1 \times LTPD} \times (n_1 \times LTPD)^{c_2}}{c_2!} \times e^{-n_2 \times LTPD}\right)\right] \leq \boldsymbol{\beta} \quad (4.38)$$

$n_1, n_2 > 0$, tamsayı; $c_1, c_2 \geq 0$, tamsayı (4.39)

Açıklayıcı Örnek-13

İkili örnek alma planı için geliştirilen ve eşitlik (4.36-4.39)' da gösterilen çok amaçlı matematiksel model, parti büyüklüğü (N) 500 ve belirli LTPD değerleri için çözülmüş ve elde edilen n, ATI ve AOQ sonuçları aşağıdaki çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Belirli LTPD değerleri ve N=500 iken ikili örnek alma planı için elde edilen n_1, n_2, ATI ve AOQ sonuçları

Parametreler		İkili Örnek Alma Planı	LTPD							
c_1	c_2		**0,02**	**0,03**	**0,04**	**0,05**	**0,07**	**0,1**	**0,2**	**0,3**
0	**1**	n_1 n_2 **ATI** **AOQ**	16 16 89,294 0,0151	11 11 80,528 0,0230	8 8 70,926 0,0310	7 7 76,846 0,0383	5 5 72,248 0,0538	3 3 54,146 0,0793	-	-
1	**2**	n_1 n_2 **ATI** **AOQ**	36 36 125,790 0,0166	24 24 100,756 0,0257	17 17 88,238 0,0347	15 15 86,577 0,0434	11 11 81,379 0,0610	8 8 79,955 0,0872	3 3 86,498 0,2593	-
2	**3**	n_1 n_2 **ATI** **AOQ**	62 62 176,329 0,0162	41 41 132,972 0,0256	31 31 113,837 0,0349	25 25 102,785 0,0442	18 18 89,736 0,0628	13 13 83,992 0,0904	7 7 83,359 0,1808	5 5 91,526 0,2689
3	**4**	n_1 n_2 **ATI** **AOQ**	92 92 234,181 0,0152	61 61 171,887 0,0247	46 46 142,884 0,0342	37 37 125,811 0,0436	27 27 109,216 0,0623	19 19 94,199 0,0905	10 10 85,050 0,1829	7 7 88,338 0,2735
4	**5**	n_1 n_2 **ATI** **AOQ**	124 124 294,655 0,0140	83 83 214,481 0,0235	62 62 172,498 0,0331	50 50 150,117 0,0425	36 36 123,847 0,0615	25 25 100,893 0,0902	13 13 84,062 0,1838	9 9 83,432 0,2758

Çizelge 4.6'daki sonuçlara göre ikili örnek alma planı için geliştirilen model belirli LTPD değerleri ve N=500 iken, β değeri 0,10'u aşmayacak şekilde çözülmüş ve elde edilen n_1, n_2, ATI ve AOQ değerlerinin, belirli LTPD değerleri ve N=500 iken, yine β değeri 0,10 aşmadan tekli örnek alma planı için geliştirilen modelin çözümü sonucu elde edilen değerlerden daha küçük olduğu görülmüştür.

4.2.1. Bulanıklık Altında İkili Örnek Alma Planı İçin Geliştirilen Çok Amaçlı Matematiksel Modeller

Klasik bir ikili örnek alma planındaki katılığı esnetebilmek amacıyla bu planda bahsedilen üretici ve tüketici tarafından belirlenen kalite seviyeleri yani kusurlu oranları (AOQL ve LTPD) ile üretici ve tüketici riskleri gevşetilmiş ve aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

Aşağıdaki model üretici riski (α) ve kabul edilebilir kalite seviyesi (AQL) bulanık sayı şeklinde alınmıştır. Bu durumda ATI ve AOQ en küçüklemesi amaç edinilerek en uygun örnek hacimlerinin bulunması için model geliştirilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

Min AOQ

Kısıtlar:

$P_a(n_1, n_2, c_1, c_2; \widetilde{AQL}) \leq 1- \tilde{\alpha}$ (4.40)

$n_1, n_2 > 0;\ c_1, c_2 \geq 0$ (4.41)

Bu modelin açık yapısı aşağıdaki eşitliklerde (4.42-4.45) verilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

$$\boldsymbol{n_1 + n_2} \times \left[\sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^x}{x!} - \sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^x}{x!}\right] + (\boldsymbol{N - n_1}) \times \left[\mathbf{1} - \sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \widetilde{AQL})^x}{x!}\right] + (\boldsymbol{N - n_1 - n_2}) \times \left[\sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \widetilde{AQL})^x}{x!} - \left(\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^{(c_1+1)}}{(c_1+1)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 1} \frac{e^{-n_2 \times \widetilde{AQL}} \times (n_2 \times \widetilde{AQL})^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^{(c_1+2)}}{(c_1+2)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 2} \frac{e^{-n_2 \times \widetilde{AQL}} \times (n_2 \times \widetilde{AQL})^x}{x!} + \cdots + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^{c_2}}{c_2!} \times e^{-n_2 \times \widetilde{AQL}}\right)\right] \quad (4.42)$$

Min AOQ

$$\frac{\widetilde{AQL}}{N} \times \left[\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^x}{x!} \times (\boldsymbol{N - n_1}) + (\boldsymbol{N - n_1 - n_2}) \times \left[\sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^x}{x!} - \left(\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^{(c_1+1)}}{(c_1+1)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 1} \frac{e^{-n_2 \times \widetilde{AQL}} \times (n_2 \times \widetilde{AQL})^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^{(c_1+2)}}{(c_1+2)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 2} \frac{e^{-n_2 \times \widetilde{AQL}} \times (n_2 \times \widetilde{AQL})^x}{x!} + \cdots + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^{c_2}}{c_2!} \times e^{-n_2 \times \widetilde{AQL}}\right)\right]\right] \quad (4.43)$$

Kısıtlar:

$$\mathbf{1} - \left(\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^{(c_1+1)}}{(c_1+1)!} \times \sum_{X=0}^{c_2-c_1-1} \frac{e^{-n_2 \times \widetilde{AQL}} \times (n_2 \times \widetilde{AQL})^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^{(c_1+2)}}{(c_1+2)!} \times \sum_{X=0}^{c_2-c_1-2} \frac{e^{-n_2 \times \widetilde{AQL}} \times (n_2 \times \widetilde{AQL})^x}{x!} + \cdots + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{AQL}} \times (n_1 \times \widetilde{AQL})^{c_2}}{c_2!} \times e^{-n_2 \times \widetilde{AQL}} \right) \leq \tilde{\alpha} \quad (4.44)$$

$n_1, n_2 > 0$; $c_1, c_2 \geq 0$ (4.45)

Açıklayıcı Örnek-14

Bulanıklık altında ikili örnek alma planı için geliştirilen ve eşitlik (4.42-4.45)' de gösterilen bulanık çok amaçlı matematiksel model, N=500, $\widetilde{AQL} = TFN(0,01, 0,02, 0,03)$ ve $\tilde{\alpha} = TFN(0,05,\ 0,07,\ 0,08)$ bulanık değerleri için çözülmüş ve elde edilen n_1, n_2, ATI ve AOQ sonuçları aşağıdaki çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. $\widetilde{AQL}$ ve $\tilde{\alpha}$ değerleri ve N=500 iken ikili örnek alma planı için elde edilen n, ATI ve AOQ sonuçları

N	$\widetilde{AQL}$	İkili Örnek Alma Planı	c_1-c_2				
			0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
500	$\widetilde{AQL} = TFN(0,01, 0,02, 0,03)$	n_1	12	29	51	78	107
		n_2	12	29	51	78	107
		ATI	59,701	91,760	133,823	187,270	243,231
		AOQ	0,0161	0,0174	0,0171	0,0162	0,0151

Çizelge 4.7'deki sonuçlara göre de $\widetilde{AQL}$ ve $\tilde{\alpha}$ değerleri bulanık alındığı zaman elde edilen n_1, n_2, ATI ve AOQ değerlerinin $\widetilde{AQL}$ ve $\tilde{\alpha}$ değerleri bulanık alınmadığı zaman elde edilen değerlerden daha küçük olduğu aynı zamanda ortaya koyulan planda c sayısı arttıkça n_1, n_2 ve ATI değerlerinin arttığı da görülmüştür

Aşağıdaki modelde ise tüketici riski (β) ve kabul edilebilir parti kusurlu oranı (LTPD) bulanık sayı şeklinde alınmıştır. ATI ve AOQ en küçüklemesi amaç edinilerek en uygun örnek hacminin bulunması için geliştirilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

Min AOQ

Kısıtlar:

$P_a(n_1, n_2, c_1, c_2; \widetilde{\boldsymbol{LTPD}}) \leq \widetilde{\boldsymbol{\beta}}$ (4.46)

$n_1, n_2 > 0$ (4.47)

Bu modelin açık yapısı aşağıdaki eşitliklerde (4.48-4.51) verilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

Min ATI

$$\boldsymbol{n_1 + n_2} \times \left[\sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_1 \times \widetilde{LTPD})^x}{x!} - \sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_1 \times \widetilde{LTPD})^x}{x!}\right] + (N - n_1) \times \left[1 - \sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_1 \times \widetilde{LTPD})^x}{x!}\right] + (N - n_1 - n_2) \times \left[\sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_1 \times \widetilde{LTPD})^x}{x!} - \left(\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_1 \times \widetilde{LTPD})^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_1 \times \widetilde{LTPD})^{(c_1+1)}}{(c_1+1)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 1} \frac{e^{-n_2 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_2 \times \widetilde{LTPD})^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_1 \times \widetilde{LTPD})^{(c_1+2)}}{(c_1+2)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 2} \frac{e^{-n_2 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_2 \times \widetilde{LTPD})^x}{x!} + \cdots + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_1 \times \widetilde{LTPD})^{c_2}}{c_2!} \times e^{-n_2 \times \widetilde{LTPD}}\right)\right] \quad (4.48)$$

Min AOQ

$$\frac{\widetilde{LTPD}}{N} \times \left[\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_1 \times \widetilde{LTPD})^x}{x!} \times (N - n_1) + (N - n_1 - n_2) \times \left[\sum_{x=0}^{c_2} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_1 \times \widetilde{LTPD})^x}{x!} - \left(\sum_{x=0}^{c_1} \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_1 \times \widetilde{LTPD})^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_1 \times \widetilde{LTPD})^{(c_1+1)}}{(c_1+1)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 1} \frac{e^{-n_2 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_2 \times \widetilde{LTPD})^x}{x!} + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_1 \times \widetilde{LTPD})^{(c_1+2)}}{(c_1+2)!} \times \sum_{x=0}^{c_2 - c_1 - 2} \frac{e^{-n_2 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_2 \times \widetilde{LTPD})^x}{x!} + \cdots + \frac{e^{-n_1 \times \widetilde{LTPD}} \times (n_1 \times \widetilde{LTPD})^{c_2}}{c_2!} \times e^{-n_2 \times \widetilde{LTPD}}\right)\right]\right] \quad (4.49)$$

Kısıtlar:

$$\left[\sum_{x=0}^{c_2}\frac{e^{-n_1\times\widetilde{LTPD}}\times(n_1\times\widetilde{LTPD})^x}{x!}-\left(\sum_{x=0}^{c_1}\frac{e^{-n_1\times\widetilde{LTPD}}\times(n_1\times\widetilde{LTPD})^x}{x!}+\frac{e^{-n_1\times\widetilde{LTPD}}\times(n_1\times\widetilde{LTPD})^{(c_1+1)}}{(c_1+1)!}\times\sum_{=0}^{c_2-c_1-1}\frac{e^{-n_2\times\widetilde{LTPD}}\times(n_2\times\widetilde{LTPD})^x}{x!}+\frac{e^{-n_1\times\widetilde{LTPD}}\times(n_1\times\widetilde{LTPD})^{(c_1+2)}}{(c_1+2)!}\times\sum_{x=0}^{c_2-c_1-2}\frac{e^{-n_2\times\widetilde{LTPD}}\times(n_2\times\widetilde{LTPD})^x}{x!}+\cdots+\frac{e^{-n_1\times\widetilde{LTPD}}\times(n_1\times\widetilde{LTPD})^{c_2}}{c_2!}\times e^{-n_2\times\widetilde{LTPD}}\right)\right]\leq\tilde{\beta} \quad (4.50)$$

$$n_1,n_2>0;c_1,c_2\geq 0 \quad (4.51)$$

Açıklayıcı Örnek-15

Bulanıklık altında ikili örnek alma planı için geliştirilen ve eşitlik (4.47-4.50)' de gösterilen bulanık çok amaçlı matematiksel model, N=500, $\widetilde{LTPD}=TFN(0,02,\ 0,03,0,04)$ ve $\tilde{\beta}=TFN(0,10,\ 0,15,\ 0,20)$ bulanık değerleri için çözülmüş ve elde edilen n_1, n_2, ATI ve AOQ sonuçları aşağıdaki çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. $\widetilde{LTPD}$ ve $\tilde{\beta}$ değerleri ve N=500 iken ikili örnek alma planı için elde edilen n, ATI ve AOQ sonuçları

N	$\widetilde{LTPD}$	İkili Örnek Alma Planı	c_1-c_2				
			0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
500	$\widetilde{LTPD}=TFN(0,02,0,03,0,04)$	n_1	14	29	49	71	94
		n_2	14	29	49	71	94
		ATI	112,956	135,238	175,544	216,570	257,793
		AOQ	0,0218	0,0246	0,0243	0,0234	0,0221

Çizelge 4.8'deki sonuçlara göre de $\widetilde{LTPD}$ ve $\tilde{\beta}$ değerleri bulanık alındığı zaman elde edilen n_1, n_2, ATI ve AOQ değerlerinin $\widetilde{LTPD}$ ve $\tilde{\beta}$ değerleri bulanık alınmadığı zaman elde edilen değerlere göre daha küçük olduğu görülmüştür.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

İstatistiksel kalite kontrol, firmaların ürün kalitesini ve verimliği ölçmede kullanılan en etkili yöntemlerden biridir. İstatistiksel kalite kontrolün iki önemli aracından biri de kabul örneklemesidir. Kabul örneklemesi %100 muayeneye göre daha az maliyetli ve daha pratik bir yöntemdir. Kabul örneklemesi bütün bir yığınının kalitesini değerlendirmede ve yığın hakkında kabul ya da ret kararı vermede etkili bir yoldur.

Kabul örneklemesi uygulamaları sayesinde muayene ve test sırasında ürün zedelenmesi minimize edilir ve muayene etkinliği artırılır. Kabul örneklemesinin faydalarına rağmen, parametrelerinin kesin değerler şeklinde belirlenmesi kolay olmamaktadır. Özellikle üretim ortamında, kusurlu oranı, örnek hacmi, kabul edilebilir hata sayısı gibi kabul örneklemesi parametrelerini kesin olarak belirleyebilmek kolay olmamaktadır. Bulanık kümeler teorisi bu gibi durumlarda kullanılan en uygun araçtır ve esnek kabul örneklemesi parametreleri yani örnek hacmi, kabul edilebilir kusurlu sayısı ve kusurlu oranı vermektedir.

Bu çalışmada kabul örneklemesinde kullanılan iki önemli dağılım olan binom ve poisson dağılımları bulanık parametreler ile incelenmiştir. Daha sonra bulanıklık altında tekli ve ikili örnek alma planları anlatılmıştır. Bu planlar için kabul olasılıkları, çıkan ortalama kalite seviyesi, ortalama toplam muayene sayısı ve ortalama örnek sayısı bulanık parametreler ile ele alınmıştır. Daha sonra tekli ve ikili örnek alma planları için üretici ve tüketici riski belirli değerleri aşmayacak şekilde çok amaçlı doğrusal olmayan matematiksel modeller geliştirilmiştir. Aynı zamanda bu modellerde kabul edilebilir kalite seviyesi, kabul edilebilir parti kusurlu yüzdesi, üretici ve tüketici riski için metot da materyal ve metot bölümünde bahsedildiği üzere bulanık kümeler teorisi kullanılmış ve modeller tekrar çözülmüştür. Buna göre bahsedilen parametreler bulanık sayılar şeklinde alındığı zaman daha esnek çözümlerin elde edildiği ve çalışmada da amaçlandığı üzere alınması gereken örnek hacimlerinin ve ortalama toplam muayene sayılarının azaldığı ortaya konulmuştur. Bu çalışma kabul örneklemesi planlarındaki matematiksel model yaklaşımlarına yeni bir bakış açısı kazandırmış ve geliştirilen çok amaçlı matematiksel modeller kabul örneklemesi plan tasarımı literatürüne de katkı sağlamıştır.

5.2 Öneriler

İleriye dönük olarak yapılacak çalışmalarda, çoklu ve ardışık örnek alma planlarında bulanık olasılık dağılımları kullanılarak ve bu planlarındaki kusurlu oranı, kabul edilebilir kusur sayısı gibi parametreler bulanık alınarak çözüm geliştirebilir. Ayrıca yukarıda bahsedilen örnek alma planları için de çok amaçlı matematiksel modeller geliştirilerek farklı planlarda elde edilen sonuçların performansları değerlendirilebilir. Özelliklerine göre örnekleme planlarında alınması gereken örnek hacimlerinin belirlenmesinde sezgisel yöntemler kullanılabilir

KAYNAKLAR

Ajorlou, S., Ajorlou, A., 2009, A fuzzy based design procedure for a single-stage sampling plan. *FUZZ-IEEE,* Korea, August 20-24.

Akkurt, M., 2002, Kalite Kontrol Excell Destekli, *Birsen Yayınevi*, İstanbul.

Anonim,2002, http://mimoza.marmara.edu.tr/ ~eoner

Arnold, B.F., 1996, An approach to fuzzy hypothesis testing, *Metrika*, 44, 119-126.

Aslam, M., Jun, C.H., Ahmad, M., 2010, New acceptance sampling plans based on life tests for Birnbaum–Saunders distributions, *Journal of Statistical Computation and Simulation*, DOI:10.1080/00949650903418883.

Bebbington, M., Lai, C.D., Govindaraju, K., 2003, Continuous sampling plans for Markov-dependent production processes under limited inspection capacity, *Mathematical and Computer Modelling*, 38, 1137-1145.

Besterfield, D., H., 1999, Quality control, *Prentice Hall*, New Jersey, Columbus.

Buckley, J.J., 2005, Fuzzy probabilities and statistics, *Studies in fuzziness and soft computing*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Chakraborty, K.T., 1988, A single sapmling attribute plan of given strenght based on fuzzy goal programming, *OPSEARCH*, 25 (4), 259-271.

Chakraborty, K.T., 1991, Fuzzy goal programming approach for designing single sampling attribute plans when sample size is fixed, *IAPQR Transactions*, 16 (2), 1-8.

Chakraborty, K.T., 1994, A class of single sapmling inspection plans based on possibilistic programming problem, *Fuzzy Sets and Systems*, 63, 35-43.

Civalek, Ö., Ülker, M., 2004, Dikdörtgen Plakların Doğrusal Olmayan Analizinde Yapay Sinir Ağı Yaklaşımı, *IMO Teknik Dergi*, 3171-3190.

Çelik, A., 2007, Nitel özellikler için bulanık kontrol diyagramları ve Kabul örneklemsi planlarının genetik algoritmalarla çözümü, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Dubois, D., Prade, H., 1983, Ranking fuzzy numbers in the setting of possibility theory, *Information Science*, 30, 183-124.

Evans, W. G., Alexander, M. S., 1987, Multiobjective decision analysis for acceptance sampling plans, *IIE Transactions*, 19 (3), 308-316.

Fink, L. R., Margavio, M. T., 1994, Economic models for single sample acceptance sampling plans, no inspection, and 100 percent inspection, *Decisions Sciences*, 25 (4), 625-645.

Gözlü, S., 1990, Endüstriyel kalite kontrolü, *Teknik Üniversite Matbaası,* İstanbul.

Grzegorzewski, P., 2001, Acceptance sampling plans by attributes with fuzzy risks and quality levels, *Frontiers in Statistical Quality Control*, 6, 36-46.

Graves, B. S., Murphy, C. D., Ringuest, L.J., 1996, Reevaluating procedure's and consumer's risks in acceptance sampling, *Computers Industrial Engineering*, 30 (2), 171-184.

Huang, W.T., Lin, Y.P., 2004, Bayesian sampling plans for exponential distribution based on uniform random censored data, *Computational Statistics & Data Analysis*, 44, 669-691.

Hryniewicz, O., 2008, Statistics with fuzzy data in statistical quality control, Soft computing, 12, 229-234.

Jaraiedi, M., Segall, S.R., 1990, Mathmetical modeling of Dodge-Romig sampling plans for random incoming quality, *Appl. Math. Modelling*, 14, 264-270.

Jozani, M.J., Mirkamali, S.J., 2010, Improved attribute acceptance sampling plans based on maxima nomination sampling, *Journal of Statistical Planning and Inference*, 140, 2448-2460.

Jamkhaneh, E. B., Sadeghpour-Gildeh, B., Yari, G., 2009a, Acceptance single sampling plan with fuzzy parameter with using of poisson distribution, *Proceedings of World Academey of Science, Engineering and Technology*, 37,1111-1115.

Jamkhaneh, E.B., Sadeghpour-Gildeh, B., Yari, G, 2009b, Preparation important criteria of rectifying inspection for single sampling plan with fuzzy parameter, *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, 38, 956-960.

Kanawaga, A., Ohta, H., 1990, A design for single sampling attribute plan based on fuzzy sets theory, *Fuzzy Sets and Systems*, 37, 173-181.

Kahraman, C., Kaya, İ., 2010, Fuzzy acceptance sampling, Studies in Fuzziness and Soft Computing, 252, 457-481.

Kaya, İ., 2004, Nitel özellikler için kontrol diyagramları ve örnekleme planlarında genetik algoritmaların kullanımı, Yüksek Lisans tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 32-33.

Kıyak, E., Kahvecioğlu, A., 2003, Bulanık mantık ve uçus kontrol problemine uygulanması, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 1 (2), 63-72.

Kleijnen, J.P.C., Kriens, J., Lafleur, M.C.H.M., Pardoel, J.H.F., 1992, Sampling for quality inspection and correction: AOQL performance criteria, *European Journal of Operational Research*, 62, 372-379.

Kobu, B., 1999, Üretim Yönetimi, *Önsöz Basımevi*, İstanbul.

Kratschmer, V., 2005, Sampling inspections by attributes which are based on soft quality standards, *Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology*.

Kuo, Y., 2006., Optimal adaptive control policy for joint machine maintenance and product quality control, *European Journal of Operational Research*, 171, 586-597.

Lee, J., Unnikrishnan, S., 1998, Planning quality inspection operations in multi-stage manufacturing systems with inspections errors, *International Journal of Production Research*, 36, 141-155.

Montgomery, D. C., 1997, Introduction to statistical quality control, 3rd. Ed., *Jhon Wiley&Sons.*

Mitra, A., 1998, Fundamentals of quality control and improvement, *Prentice-Hall,* New Jersey.

Melgaard, H., Thyregod, P., 2001, Acceptance sampling by variables under measurament uncertainty, *Frontiers in Statistical Quality Control*, 6, 47-57.

Mergen, A.E., Deligönül, Z.S., 2010, Assessment of acceptance sampling plans using posterior distribution for a dependent process, *Journal of Applied Statistics*, 37 (2), 299-307.

Ohta, H., Ichihashi, H., 1988, Determination of single sampling attribute plan based on membership functions, *Int. J. Prod. Research*, 26 (9), 1477-1485.

Öner, M., Karaman, R., 2004, Nitel özelliklere göre yapılan kabul muayenelerinde tekli örnekleme planının tasarımı, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11.

Özkan, M. M., 2003, Bulanık Hedef Programlama, *Ekin Kitabevi*, Bursa.

Parkinson, B. D., 1988, Optimum sampling plans based on post-quality control reliability, *Reliability Engineering and System Safety*, 21, 59-75.

Pearn, W.L., Wub, C-W., 2007, An effective decision making method for product acceptance. *Omega*, 35, 12- 21.

Ravindran, A., Shin, S.W., Arthur, L. J., Moskowit, H., 1986, Nonlinear integer goal programming models for acceptance sampling, *Comput. & Ops. Res.*, 13 (5), 611-622.

Ronen, B., Spector, Y., 1995, Evaluating sampling strategy under two criteria, *European Journal of Operational Research*, 80, 59-67.

Sadeghpour-Gildeh, B., Yari, G., Jamkhaneh,, 2008, Acceptance double sampling plan with fuzzy parameter, *Proceedings of the 11th Joint Conference on Information Sciences*.

Schilling, E.G., 1982, Acceptance sampling in quality control, *ASQC Quality Press*.

Shirland, E. L., 1993, Statistical quality control with microcomputer applications, *New York : John Wiley*.

Sohn, S.Y., Jang, J.S, 2001, Acceptance sampling based on reliability degradation data, *Reliability Engineering and System Safety*, 73, 67-72.

Şen, Z., 2004, Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri, *Su Vakfı Yayınları*, 2. Baskı, İstanbul.

Şenol, F., 2000, Bulanık Mantık Kontrolcüsü, Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi.*

Tagaras, G., 1994, Economic acceptance sampling by variables with quadratic quality costs, *IEE Transaction*, 26 (6), 29-36.

Tsai, T.R., Chiang, J.Y., 2009, Acceptance sampling procedures with intermittent inspections under progressive censoring, *ICIC Express Letters*, 3 (2), 189-194.

Tsai, T.R., Lin, C.W., 2010, Acceptance sampling plans under progressive interval censoring with likelihood ratio, *Statistical Papers*, 51 (2), 259-271.

Tamaki, F., Kanagawa, A., Ohta, H., 1991, A fuzzy design of sampling inspection plans by attributes, *Japanese Journal of Fuzzy Theory and Systems*, 3, 315-327.

Türkbey, O., 2003, Makine Sıralama Problemlerinde Çok Amaçlı Bulanık Küme Yaklasımı, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 18 (2), 63-77.

Wall, S. M., Elshennawy, K. A., 1989, Economically based acceptance sampling plans, *Computers Industrial Engineering*, 17, 340-346.

Wang, C-R., Chen, H-C., 1997, The Dodge-Romig double sampling plans based on fuzzy optimization, *Internal Journal of Quality Science*, 2 (1), 52-62.

Yen, J., Langari, R., 1999, Fuzzy Logic Intelligence, Control, and Information, Prentice Hall, New Jersey.

Zadeh, L.A., 1991, Fuzzy Logic Systems: Origin, Concepts and Trends, *Applied Computer Science*, University Of Konstanz.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Ebru TURANOĞLU
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Niğde-11/13/1987
Telefon	**:**	0332 223 20 41
Faks	**:**	0332 241 06 45
e-mail	**:**	eturanoglu@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Turhal Anadolu Lisesi, Tokat	2005
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Konya	2009

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2010-	Selçuk Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

UZMANLIK ALANI

İstatistiksel Kalite Kontrol, Mühendislik İstatistiği, Bulanık Kümeler Teorisi, Çok Ölçütlü Karar Verme.

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Ulusal Sempozyum Bildirileri

1. TURANOĞLU, E., KAHRAMAN, C., Bulanıklık Altında Kabul Örneklemesi, 32. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi YAEM'2012, Doğuş Üniversitesi, sayfa 74, 20-22 Haziran, İstanbul, Türkiye (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır).

Uluslararası Sempozyum Bildirileri

1. TURANOĞLU, E., KAHRAMAN, C., 2012, A Design for Sampling Plans by Attributes under Fuzzy Environment, 25th European Conference on Operational Conference EURO 2012, 8-11 July 2012, Vilnius, Lithuania (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır).