Bulanık Kalite Fonksiyon Göçerimi ile Hata Türü ve Etkileri Analizinin Bir Ambalaj Firmasında Uygulanması

Dr. Beran GÜLÇİÇEK
Doç. Dr. Çiğdem SOFYALIOĞLU
Celal Bayar Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, MANİSA

ÖZET

KFG, müşteri memnuniyetini artırmak için mevcut ürünlerin ya da yeni bir ürünün geliştirilmesinde kullanılan müşteri odakli bir yaklaşımdır. HTEA, bir ürün ya da süreçteki potansiyel hataları tanımlayan ve bu hataların müşteriler üzerindeki potansiyel etkilerini ortaya koyan bir risk analiz tekniğidir. Her iki metodun da bir takım eksiklikleri vardır. Bu çalışmada KFG sürecindeki belirsizlik problemini çözebilmek için bulanık mantık yaklaşımı uygulanmış, HTEA'nin risk faktörlerinin ağırlıklarını göz ardı etmesi sorununu çözebilmek için de Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi HTEA sürecine dahil edilmiş Liou-Wang Sıralama Yöntemi ile bütünleştirilmiş Chang'ın Bulanık AHP metodu kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Bulanık Kalite Fonksiyon Göçerimi, Hata Türü ve Etkileri Analizi, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi*
JEL Sınıflaması*: CO2, D81, L15, M11*

The Application of Fuzzy Quality Function Deployment with Failure Mode and Effect Analysis in a Packaging Company

ABSTRACT

QFD(Quality function deployment) is a customer driven approach used in new product development and for existing products in order to maksimize customer satisfaction and FMEA is a risk analysis tecnique that identify the potantial errors of a product of process and consider the possible effects of these errors on customers.. Both methods have some drawbacks. In this study to solve the uncertainty or imprecion problems in QFD and to eliminate the disadvantages of the analysis, a fuzzy set theory will be applied to QFD and to eliminate the disadvantages of the FMEA about risk factor's weights, fuzzy AHP has applied to FMEA and Chang's method entegrated with Lio-Wang's ranking mothod has been used as a Fuzzy AHP method

Key Words: *Fuzzy Quality Function Deployment, Failure Mode and Effects Analysis, Fuzzy Analitic Hierarchy Process*
JEL Classification: *CO2, D81, L15, M11*

I.GİRİŞ

Kalite Fonksiyon Göçerimi (KFG), müşteri memnuniyetini maksimize etmek için geliştirilmiş, müşteri odaklı bir yaklaşımdır. KFG, "kalite evi" adı verilen matrisler sistemi aracılığı ile ürün geliştirme ve iyileştirme işlemini gerçekleştiren bir süreçtir ve müşteri ihtiyaçlarının teknik karakteristiklere dönüştürülmesini sağlayan fonksiyonlar arası bir takım tarafından yürütülür.

Ancak, Kalite Fonksiyon Göçerimi'nin önereceği teknik değişiklikler, bir takım riskleri ve hataları da beraberinde getirebilir ya da düşük önem derecesine

sahip bir teknik karakteristiğin karşılanamaması durumunda ortaya çıkabilecek hatalar, yüksek önem derecesine sahip bir teknik karakteristiğin karşılanamaması durumunda ortaya çıkabilecek hatalardan daha tehlikeli olabilir.

Üretim sürecinde meydana gelebilecek hatalar, müşterilerin olumsuz fikirlere sahip olmasına yol açabilir. Bu hataların sonradan telafi edilmesi oldukça zor ve maliyetlidir. Bu nedenle potansiyel hataların önceden tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması müşteri memnuniyetini sağlamada önemli bir anahtar olarak görülmektedir. Artık, hataların müşteriye ulaşmadan önlenmesi ve kalitenin mükemmelleştirilmesi hedeflenmektedir. Buna yardımcı en önemli araçlardan biri de Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)'dir.

HTEA, KFG'ne yardımcı olarak daha mükemmel bir kalite elde edilmesini de sağlayabilmektedir. Müşterinin sesini dikkate alarak yapılacak teknik değişikliklerin ne gibi riskleri beraberinde getireceğini ortaya koyarak firmaya düzeltici faaliyetler önermek ve bu çerçevede dizayn ya da proses değişikliklerine gitmek büyük rekabet avantajı sağlayacaktır. Ancak her iki analizin de bünyesinde taşıdığı bir takım dezavantajlar vardır.

Hata Türü ve Etkileri Analizi'nde, risk öncelik puanları hesaplanırken, risk faktörlerinin eşit öneme sahip olduğu kabul edilmektedir. Oysa her kuruluş için risk faktörlerine verilen önem farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle risk faktörleri için ağırlık puanları hesaplamak, daha gerçekçi sonuçlar çıkmasını sağlayacaktır.

Ayrıca, kalitenin doğasında bulunan belirsizliği ortadan kaldırabilmek amacıyla literatürde KFG'ni diğer yöntemlerle birleştiren çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda kullanılan yöntemlerin başında bulanık küme teorisi gelmektedir.

Bu çalışmada kalite fonksiyon göçeriminde kullanılan sözel veriler üçgensel bulanık sayılara çevrilerek analiz edilmiş, kalite fonksiyon göçerimi analizi sonucunda ortaya çıkan ve önem derecelerine göre sıralanan teknik karakteristiklerin karşılanamaması halinde ortaya çıkacak riskleri analiz etmek için hata türü ve etkileri analizi çalışmaya dahil edilmiştir. Hata Türü ve Etkileri Analizinde girdi olarak kullanılan risk faktörlerinin ağırlıklarını hesaplamak amacı ile de HTEA ile Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi(BAHP) bütünleştirilmiştir.

II. BULANIK KALİTE FONKSİYON GÖÇERİMİ

KFG uygulamada bazı dezavantajlara sahiptir. KFG takımı müşteri ihtiyaçları, müşteri ihtiyaçları ve teknik karakteristikler arasındaki ilişki ile ilgili genellikle subjektif olarak karar verir.

Teknik karakteristikler ile ilgili de kesin bilgi eksikliğinden ötürü, genellikle geçmiş deneyimlerden yararlanırlar. Bunların da ötesinde ürün dizaynı ile ilgili bilgiler genellikle belirsizdir(Chen ve Weng,2003:559).

Karar verme sürecinde karar verici genellikle problemler ve belirsizlikler ile karşılaşır. Bu belirsizliklerle baş edebilmek için de olasılık teorisine dayanan araçlara başvurmaları gereklidir. Karar verici kesin kararlar vermede zorlanabilir. Gerçek hayatta evet ve hayır dışında da cevaplar (Bulanık veriler) mevcuttur. Kişilerin sahip olduğu fikirler sözel veriler halindedir (Bavilacqua vd,2006:18).

KFG'ndeki müşteri ihtiyaçları ve teknik karakteristikler arasındaki ilişki de genellikle belirsiz ve karmaşık değerlendirmeler ile subjektif olarak belirlenmektedir. Bununla birlikte, bu ilişki kesin değerlerle ve sözel ölçeklerle gösterilmektedir. Kalitenin doğasında da bulunan bu belirsizliği ortadan kaldırabilmek amacıyla literatürde KFG'yi diğer yöntemlerle birleştiren çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda kullanılan yöntemlerin başında bulanık küme teorisi gelmektedir.

Kalite evinde yer alan bilgilerin birçoğu algılardan ve sözel verilerden oluşmaktadır. Bunlar belirsiz ve subjektif verilerdir. Hem müşteri sesleri (voice of customers), hem de teknik elemanların sesleri belirsizlikler içermektedir. Bu gibi belirsizliklerin beraberinde getireceği dezavantajları gidermek için, birçok çalışmada bulanık Mantık(fuzzy logic) uygulaması karşımıza çıkmaktadır. Bazı çalışmalar sadece müşteri sesi kısmına bulanık mantığı dahil ederken, bazı çalışmalarda kalite evinin teknik karakteristikler bölümünde de bulanık mantık karşımıza çıkmaktadır (Wu ve Chan, 2005:120).

KFG yönteminde bulanık mantık prensiplerinden yararlanmaya yönelik ilk çalışmalardan biri Khoo ve Ho(1996) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada KFG ile ilgili olarak mevcut çalışmaların, KFG sürecindeki belgelendirme işlemlerinin basitleştirilmesi ve bilgisayarlılaştırma üzerine odaklanıldığı, sözel değişkenlerin anlamlarını anlamaya yönelik çabaların ihmal edildiği belirtilmiştir ve belirsizliğe yönelik olarak olasılık teorisi ve bulanık aritmetik tabanlı KFG uygulaması geliştirilmiştir.

KFG uygulamasında bulanık mantığa yer veren diğer bir çalışma da Temponi vd.(1999) tarafından yapılmıştır, teknik özellikler arasındaki etkileşimin tanımlanması ve müşteri ihtiyaçları ile teknik karakteristikler arasındaki dolaylı ilişkilerin belirlenmesinde bulanık mantıktan yararlanılmıştır.

Zaim ve Şevkli(2002), yaptıkları çalışmalarında, KFG sürecinde topladıkları verilerin belirsizliğini ortadan kaldırmak için, KFG'ni bulanık mantık ile birlikte kullanmışlardır ve klasik KFG ile bulanık KFG sonuçlarını karşılaştırdıklarında, teknik karakteristiklerin önem sırasında farklılıklar ortaya koymuşlardır.

Lin vd. (2004), yaptıkları çalışmada dijital kameranın dizaynı ile ilgili müşteri ihtiyaçlarını ve teknik karakteristikleri belirledikten sonra, klasik KFG sonuçları ile bulanık sonuçları karşılaştırdıklarında teknik karakteristiklerin toplam skorlarının bulanık sonuçlarda farklılık gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Lee ve Lin (2006), uluslar arası lojistik sistemleri ile ilgili yaptığı çalışmalarında KFG ve bulanık mantığı birlikte kullanarak hava yolları lojistik sistemindeki rekabet göstergeleri ile ilgili farklı sonuçlar ortaya koymuşlardır.

Liu(2009) çalışmasında; ürün planlamadan parça yerleştirimine kadar uzanan genişletilmiş bir Kalite Fonksiyon Göçerimi uygulamayı amaçlamış ve her parçanın bulanık önem düzeylerine Bulanık Mantık yaklaşımını uygulamış, Çalışmada firmanın mevcut ürünlerinin performansını ölçmek amacıyla toplanan sözel veriler bulanık sayılar haline getirilmiştir. Üyelik fonksiyonlarını belirlemede üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır.

KFG müşteri ihtiyaçlarından yola çıkarak teknik karakteristiklerin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. Kalite Fonksiyon Göçeriminin kısıtlarını gidermede kullanılan yaklaşımlardan birinin bulanık mantık yaklaşımı olduğundan söz edilmişti. Bu kısıtları gidermede diğer bir yaklaşım da, KFG'nin HTEA(Hata Türü ve Etkileri Analizi) ile bütünleştirilmesidir.

Hiç önemsenmeyen ya da düşük önem derecesine sahip olan teknik karakteristikler, ciddi hataların ortaya çıkmasına sebep olabilir. Ayrıca maliyeti en yüksek olan teknik karakteristikler de riskleri minimuma indirecek karakteristikler olmayabilirler. Bu nedenle teknik karakteristiklerin beraberinde getireceği ya da karşılanmadığı zaman ortaya çıkabilecek risklerin önceden tespit edilebilmesi için bir analize daha ihtiyaç vardır. Ortaya çıkması muhtemel hataların önceden belirlenmesi ve bu hataların risk öncelik puanlarının hesaplanabilmesi için HTEA de çalışmaya dahil edilecektir.

III. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ

Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA), potansiyel ürün ve süreç hatalarını ortaya çıkararak ürün dizaynının ve süreç planlamasının geliştirilmesini sağlayan etkin bir araçtır. Böylelikle koruyucu önlemler erken aşamalarda alınabilir (Ching ve Chang, 2001: 212).

A. HTEA'nin Girdileri

Hata Türü: Bir sistemin fonksiyonlarını yerine getirememe durumu veya anormal işleyişidir, fiziksel özellikler ile tanımlanır. Hata türü, genellikle hatanın ortaya çıkma türü ve sistemin çalışmasındaki etkisinin tanımını içerir.

Hataların Etkisi: Gerçekleşmesi olası hatalar üzerinde çalışarak, hata veya hataların üretim prosesi, servis veya diğer parçalara yansıması ve tümünün performansı üzerindeki etkisi belirlenir(Akın, 1998:15).

Hataların Kritikliği: Hatanın ortaya çıkma ve müşteriye ulaşmadan bu hatanın saptanabilmesi ihtimallerinin çarpımıdır. Ek kalite planlaması gerektiren hataların önceliklerini belirlemede kullanılır.

Tespit Edilebilirlik: Tasarım kontrolleri kullanılarak, bileşen/alt sistem veya sistemin olası hata türlerinin ortaya çıkarılabilme yeteneğidir. Hata olmuş gibi varsayılarak, geçerli tasarım kontrollerinin hatayı müşteriye gitmeden önce keşfedebilme ölçütleri değerlendirilir(Taşan, 2006:69).

B. HTEA'nin Aşamaları:

Hazırlık Çalışmaları: HTEA'ne başlamadan önce gereksiz maliyetlerin ve karmaşanın ortaya çıkmasına engel olmak amacı ile bir hazırlık çalışmasının yapılması gerekmektedir. Analize başlamadan önce, analizden kimlerin ne şekilde sorumlu olacağını belirlemek, analize başlamadan ekibin kurulması ve görevlerinin belirlenmesi, beyin fırtınası ile bir hazırlık planının hazırlanması önem taşımaktadır.

Hata Türlerinin Belirlenmesi: Bu aşamada, kapsam içerisine giren tüm fonksiyonlar tanımlanır ve bu fonksiyonlarda ortaya çıkabilecek hata türleri öngörülmeye çalışılır. Eğer hatalar sürecin ilk aşamalarında tanımlanabilirse; değişiklik için gereken maliyet minimum düzeyde tutulurken, güvenilirlik üzerine etkisi de çok tatmin edici olabilir.

Hata Türlerinin Etkilerinin Belirlenmesi: Fonksiyonlar ve hata türleri belirlendikten sonra HTEA sürecindeki aşama hata türü oluştuğunda gerçekleşebilecek potansiyel sonuçları tanımlamaktır. Bu, takımın yapacağı bir beyin fırtınası faaliyetidir.

Tespit Edilebilirlik (Saptama) Değerinin Belirlenmesi: Hatanın keşfedilebilirliği, hatanın son kullanıcıya ulaşmaması olasılığı veya işletmenin uyguladığı kontrol işlemlerine bağlı olarak hatayı yakalayabilme yeteneğidir.

Olasılık Değerinin Belirlenmesi: Olasılık, hata nedenleri içinden hataların oluşma olasılığının puanlandığı, olasılık (O) değeri belirlenmelidir. Bu puanlama da yine 1 ila 10 arası değişen bir skaladan hatanın oluşma olasılığına göre seçilir.

Ağırlık (Şiddet) Değerlerinin Belirlenmesi: Şiddet ile ürünü kullanan müşteriye yansıyan olası hata sonuçlarının düzeyi değerlendirilir. Şiddet de 1 ile 10 arasında değer alır. Olasılık değerinde olduğu gibi şiddet değerinin de düşük değerler alması iyidir. Eğer hata meydana geldiğinde kullanıcı için herhangi bir risk söz konusu değilse (kaza riski ya da ürüne etki riskinin olmaması) şiddet kolonundaki değere 1 verilir.

Risk Öncelik Puanının(RÖP)Hesaplanması: Bulunan Risk Öncelik Puanları diğer parçaların Risk Öncelik puanları ile karşılaştırılır ve hangi parçanın daha kritik durumda olduğuna ve önceliğe sahip olduğuna karar verilir. Risk Öncelik Puanı; hatanın gerçekleşme olasılığının, şiddetinin ve tespit edilebilirlik değerinin çarpılması ile bulunur.

Düzeltici Faaliyetler (İyileştirme): Risk öncelik sayısına göre önceliklendirilmiş hata sebeplerini ortadan kaldırmak için iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır.

IV. KFG Sürecinde HTEA

Kalite Fonksiyon Göçerimi, müşteri girdilerinin tasarım, imalat ve servise kadar iletilmesinin, biçimi eve benzeyen bir dizi matris kullanarak fonksiyonlar arası bir takım tarafından yapıldığı bir ürün (hizmet) geliştirme sürecidir. KFG ve HTEA'nin pek çok ortak tarafı vardır. HTEA genellikle, KFG içinde hata önleme aracı olarak kullanılmaktadır.

Kalite Fonksiyon Göçerimi tüketici memnuniyetini maksimize etmeyi amaçlayan müşteri odaklı bir yaklaşımdır. Müşteri ihtiyaçları ile teknik gereksinimleri analiz eden bu yaklaşım yeni ürün dizaynına ve mevcut üründe değişiklikler yapılmasına önemli katkılarda bulunmaktadır. Yeni ürün geliştirmenin dizayn aşamasında sürece bir risk analizinin de dahil edilmesi önemli farlılıklar yaratacak ve stratejilerin belirlenmesine yardımcı olacaktır.

Her firma müşteri memnuniyetini artırarak kazanç elde etmek ister. KFG yöntemi müşteri seslerinin toplanmasında kullanılan, öncelik skorlarına sahip olmayan bir yöntemdir, müşteri ihtiyaçlarını dizayn sürecinde göz önünde bulundurur. Bu süreç çok sayıda potansiyel hatayı içinde bulundurmaktadır. Bu hatalar süreci olumsuz etkileyecek ve müşteriler üzerinde de olumsuz etkiler yaratacaktır. Bu nedenle potansiyel hataların müşteriye ulaşmadan keşfedilmesi ve gerekli önlemlerin zamanında alınması büyük önem taşımaktadır. İşte bu noktada HTEA devreye girecek ve müşteriye ulaşabilecek potansiyel hataların önlenmesini sağlayacaktır (Tanık, 2010:409).

Şekil 1. KFG Sürecine HTEA'nin dahil edilmesi

V. HTEA YÖNTEMİNİN KISITLARI

HTEA'nın mantığıyla ilgili araştırmacılar tarafından dikkat çekilen, bazı sakıncaları bulunmaktadır (Daya ve Raouf,1996:45). Örneğin risk faktörlerine ilişkin farklı puanların çarpımıyla aynı RÖP değeri elde edilebilmektedir. Ayrıca RÖP hesaplamasında bu üç faktörün nisbi önem düzeyleri ihmal edilmektedir. Bu üç faktörün eşit önemde olduğu kabul edilmiştir, fakat bu durum uygulamada geçerli olmayabilir. Araştırmalar bu üç faktörün nispi önem düzeylerinin süreç veya ürünün yapısına dayanarak çeşitlendiğini göstermektedir (Sharma, vd. 2005:989).

HTEA'nin bu eksikliğini giderebilmek için Bulanık Analitik Hiyerarşi prosesini kullanmak risk faktörlerinin birbiri ile karşılaştırılarak değerlendirilmesini ve her bir risk faktörü için ağırlık değerinin belirlenmesini, böylelikle daha gerçekçi sonuçlar elde edebilmeyi sağlayacaktır.

VI. PLASTİK AMBALAJ FİRMASINDA BİR UYGULAMA

Uygulamanın yapıldığı plastik ambalaj firmasının müşteri ihtiyaçları nelerdir ve bu ihtiyaçları karşılayabilmek için hangi teknik karakteristiklerin geliştirilmesine ya da iyileştirilmesine ihtiyaç vardır sorularını cevaplamak amacı ile başlatılan çalışmada Bulanık KFG ile bütünleştirilmiş HTEA kullanılmıştır.

Yapılan çalışma, iki kalite aracı arasındaki etkileşimi sağlayan bir metodoloji önermek ve bu metodların eksikliklerinin nasıl giderilebileceğini ortaya koymayı, söz konusu firmaya müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak teknik gereksinmeler konusunda önerilerde bulunmayı amaçlamaktadır.

Plastik ambalaj, bidon ve pet şişe üretip satan firmanın; gıda, kimya,tarım,Petro kimya, kozmetik,temizlik gibi farklı sektörlerde faaliyet gösteren müşterileri bulunmaktadır.ambalaj özellikleri, üretimi ve hammaddesi bakımından birbirine en yakın özelliklere sahip olan tarım ve kimya sektöründe faaliyet gösteren müşteri firmalardan toplanan bilgiler göz önünde bulundurularak çalışmanın gerçekleştirilmesine karar verilmiştir.

Çalışmaya ilk olarak KFG ile başlanmıştır. Üç yönetici, bir üretim müdürü, bir müşteri firma yöneticisinden oluşan KFG takımı oluşturulmuş ve KFG matrislerinin hazırlanmasında aşağıdaki adımlar izlenmiştir.

A. Müşteri İhtiyaçlarının Belirlenmesi

Bir KFG çalışmasına başlarken müşteri ihtiyaç ve gereksinimleri temel veridir. Plastik Ambalaj sektöründe faaliyet gösteren firmanın tarım ve kimya sektöründe faaliyet gösteren müşterileri ile yapılan derinlemesine görüşmeler ile 26 adet müşteri ihtiyacı belirlenmiş ve bu ihtiyaçlar, satış, kullanım kolaylığı, dayanıklılık, çeşitlilik ve standardizasyon olmak üzere 5 grupta toplanmıştır. Tablo 1'de müşteri ihtiyaçları ait oldukları gruplar da belirtilerek görülmektedir.

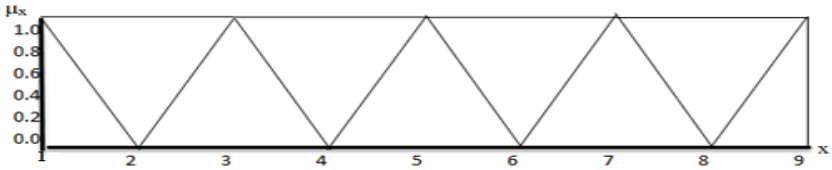
Tablo 1. Müşteri İhtiyaçlarının Gruplar Halinde Gösterimi

Satış	Vadeli Satış İmkânı
	Sipariş miktarının doğru olması
	Sorunların hızlı çözümü (aktif müşteri hizmetleri)
	Fiyatın daha düşük olması
	Ürünün istenilen zamanda teslim edilmesi
Kullanım Kolaylığı	Kullanımı kolaylaştıran tasarım (kapağın ölçü gibi kullanılması vb)
	İstiflemeye uygun ambalaj
	Otomatik doluma uygunluk
	Otomatik etiketlemeye uygunluk (etiket basıldığında yüzeyin potluk yapmaması vb.)
	Kapağın şişeye iyi oturması
Dayanıklılık	Ambalajın ek yerlerinden patlama ve sızdırma olmaması
	Kapağın sızdırma yapmaması
	İklim şartlarına dayanıklılık
	Şişme ve bükülmeye karşı dayanıklılık
	Yola dayanıklılık
	Darbelere dayanıklılık
Çeşitlilik	Ürüne uygun ambalaj çeşitliliği olması
	Yeni dizayn isteyince az sayıda basabilmesi
	Müşterinin ürünü ilk açanın kendisi olduğunu bilmesi
	Ambalaj ve kapak renk uyumu
	Firmanın logosu basılmış olarak ambalajın teslim edilmesi
Standardizasyon	Folyosu iyi yapışmış kapak (folyosuz kapak çıkmaması)
	Şişe ağzı genişliğinin/kalınlığının standart olması
	Ambalajın sertliğinde standardın tutması
	Ambalaj renginde standartlık
	Ambalajın ağırlığında standartlık

B. Müşteri İhtiyaçlarının Önem Derecelerinin Belirlenmesi

Müşteri İhtiyaçlarının belirlenmesinin ardından, anket formu hazırlanmış ve s öz konusu firmanın tarım ve kimya sektöründe faaliyet gösteren 150 müşterisine anket formu mail atılmıştır. Firma ile işbirliği içinde, müşterilere giderek, fatura kesimi için firmaya gelen müşteriler ile görüşerek ve telefonla maillerinde yer alan anketi cevaplamaları istenerek 70 adet firmaya anket uygulanabilmiştir

Toplamda 70 firmadan gelen anketlerde yer alan müşteri ihtiyaçlarına verilen önem dereceleri sözel veriler halinde elde edilmiş ve değerlendirilmiştir. Subjektifliğin ve belirsizliğin yer aldığı sözel verilerin kesin değerler yerine bulanık değerler ile ifade edilmesi daha doğrudur. Bu nedenle elde edilen sözel veriler üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüş Müşteri ihtiyaçları önem derecelerine anketlerde verilen değerler bulanık sayıya çevrilirken Kuo ve diğerlerinin(2009) çalışmasında yer alan üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır. Müşteri ihtiyaçlarının önem derecelerini ifade etmede kullanılan üçgensel bulanık sayılar Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Müşteri İhtiyaçları Önem Dereceleri için Kullanılan Bulanık Sayılar

C. Müşteri İhtiyaçlarının Önem Derecelerine Göre Sıralanması

Müşteri İhtiyaçları Önem Dereceleri ortalamaları da üçgensel bulanık sayılar halinde elde edilmiştir. Elde edilen bu bulanık sayılar durulaştırıp sıralanabildiği gibi, bulanık sayılarda sıralama yöntemleri kullanılarak da sıralanabilmektedir. Bu çalışmada müşteri ihtiyaçları önem dereceleri bulanık ortalamaları Liou-Wang Sıralama Yöntemi kullanılarak sıralanmıştır.

(m,n,u), üçgensel bulanık sayının elemanlarını temsil etmesi ve [0,1] aralığında yer alacak olan iyimserlik indeksi (α)'nın 0,5 olarak alınması ile, denklem 1 kullanılarak müşteri ihtiyaçları önem derecelerine göre sıralanmıştır.

$$I_r^{\alpha}\left(\tilde{A}\right)=\frac{1}{2}.\alpha(n+u)+\frac{1}{2}.(1-\alpha).(m+n)$$
$$=\frac{1}{2}.\left[\alpha u+n+(1-\alpha).m\right] \qquad \text{.....(1)}$$

Önem derecelerine göre sıralanmış müşteri ihtiyaçları Tablo 3'de görülmektedir. Gruplar bazında incelendiği zaman ise, en yüksek önem derecesine sahip müşteri ihtiyacı grubunun "dayanıklılık olduğu tespit edilmiştir. Tablo 2'de gruplar bazında müşteri ihtiyaçları önem dereceleri ortalamaları görülmektedir. Bu da firmaya müşterilerin en çok hangi konuda sıkıntı yaşadığına dair yöneticilere fikir vermektedir. Bu bilgi firmanın hangi konu üzerine daha çok odaklanması gerektiği konusunda yardımcı olacaktır.

Tablo 2. Gruplar Bazında Müşteri İhtiyacı Önem Dereceleri Ortalamaları

Müşteri İhtiyaçları Grup başlıkları	Ortalama Önem Dereceleri
Dayanıklılık	8,10
Satış	7,27
Kullanım Kolaylığı	7,065
Standardizasyon	6,955
Çeşitlilik	5,41

Tablo 3. Önem Derecelerine Göre Sıralanmış Müşteri İhtiyaçları

Müşteri İhtiyaçları Önem Derecelerine Göre Sıralı	Bulanık Önem Dereceleri ortalamaları	Sıralanmış Önem Dereceleri Değerleri
11. Ambalajın ek yerlerinden patlama ve sızdırma olmaması	(7.8,8.7,8.9)	8,525
12. Kapağın sızdırma yapmaması	(7.7,8.6,8.8)	8,425
10. Kapağın şişeye iyi oturması	(7.5,8.5,8.7)	8,3
14.Şişme ve bükülmeye karşı dayanıklılık	(7.3,8.3,8.6)	8,125
5. Ürünün istenilen zamanda teslim edilmesi	(7.2,8.2,8.5)	8,025
16. Darbelere dayanıklılık	(7.2,8.0,8.6)	7,95
3. Sorunların hızlı çözümü(aktif müşteri hizmetleri)	(7.1,8.0,8.4)	7,875
15. Yola dayanıklılık	(7.0,8.0,8.4)	7,85
19. Müşterinin ürünü ilk açanın kendisi olduğunu bilmesi	(7.0,7.9,8.4)	7,8
13. İklim şartlarına dayanıklılık	(6.9,7.9,8.3)	7,75
22. Folyosu iyi yapışmış kapak(folyosuz kapak çıkmaması)	(6.7,7.7,8.2)	7,575
24. Ambalajın sertliğinde standardın tutması	(6.7,7.7,8.2)	7,575
4. Fiyatın daha düşük olması	(6.5,7.5,8.1)	7,4
26.Ambalajın ağırlığında standartlık	(6.5,7.5,8.1)	7,4
23. Şişe ağzı genişliğinin/kalınlığının standart olması	(6.3,7.4,7.9)	7,25
7. İstiflemeye uygun ambalaj	(6.1,7.0,7.7)	6,95
8. Otomatik doluma uygunluk	(5.9,6.9,7.5)	6,8
17. Ürüne uygun ambalaj çeşitliliği olması	(5.9,6.9,7.1)	6,7
2. Sipariş miktarının doğru olması	(3.6,7.5,8.1)	6,675
9. Otomatik etiketlemeye uygunluk	(5.9,6.6,7.5)	6,65
6. Kullanımı kolaylaştıran tasarım	(5.7,6.7,7.4)	6,625
20. Ambalaj ve kapak renk uyumu	(5.6,6.4,7.3)	6,425
1. Vadeli Satış İmkanı	(3.4,7.2,7.8)	6,4
21. Firmanın logosu basılmış olarak ambalajın teslim edilmesi	(5.1,6.1,6.9)	6,05
18. Yeni dizayn isteyince az sayıda basabilmesi	(3.9,5.6,7.0)	5,525
25. Ambalaj renginde Standartlık	(3.8,4.7,6.7)	4,975

D. Müşteri ihtiyaçlarına Göre Rekabet Analizinin Yapılması ve Planlama Matrisinin Oluşturulması

KFG takımı ile konuşularak firmaya rakip olabilecek 2 firma seçilmiştir. Hazırlanan anket ile firma yöneticilerinin kendi firmalarını ve rakip firmaları, belirlenen müşteri ihtiyaçları açısından (çok kötü, kötü, normal, iyi, çok iyi) olacak şekilde sözel değişkenler ile değerlendirmeleri istenmiş.

Kalite evinin müşteri ihtiyaçları önem derecesi sütununda rekabet analizine göre hazırlanmış planlama matrisinde elde edilen mutlak önem dereceleri kullanılmıştır. Mutlak Önem dereceleri, müşteri ihtiyaçları bulanık önem ortalamaları, iyileştirme oranı ve satış noktası puanlarının çarpımı ile elde edilmektedir:

İyileştirme Oranı =Kalite Hedef Düzeyi / Firmanın Mevcut Durumu ……**(2)**

Mutlak Önem Düzeyi = Ortalama Önem Derecesi ⊗ İyileştirme Oranı ⊗ Satış Noktası Puanı…(3)

Önem derecesi ortalamaları ve iyileştirme oranları üçgensel bulanık sayılar olarak elde edilmiş olunup, bulanık sayılarda çarpma işlemi uygulanırken, satış noktası puanı bulanık sayıya çevrilmeden skalar çarpım yardımı ile çarpma işlemine dahil edilmiştir.

Tablo 4. Satış Noktası Puanları

Satış Potansiyeli	Satış Noktası Puanı
Satış Potansiyelini önemli derecede artırır	1.5
Satış Potansiyelini artırır	1.2
Satış potansiyelini etkilemez (statüko)	1.0

Satış Noktası Puanları için Tablo4'de yer alan ölçek kullanılmış, rekabet analizinde ve hedef değer verilmesinde elde edilen sözel değişkenler müşteri ihtiyaçları önem dereceleri için de kullanılan tablo 5'de yer alan üçgensel bulanık sayılar ile ifade edilmiştir. Tablo 6'da hesaplamalar sonucu elde edilen müşteri ihtiyaçları mutlak önem dereceleri görülmektedir.

Tablo 5. Rekabet Analizinde Kullanılan Bulanık Sayılar

Sözel Değerler	Üçgensel Bulanık Sayılar
Çok iyi	(8,9, 9)
İyi	(6,7, 8)
Orta	(4,5, 6)
Kötü	(2,3, 4)
Çok kötü	(1,1, 2)

Tablo 6. Planlama Matrisi Sonrasında Elde Edilen Müşteri İhtiyaçları Mutlak Önem Dereceleri

Müşteri İhtiyaçları	Ortalama Önem	Satış Noktası Puanı	İyileştirme Oranı	Mutlak Önem
M.I.1	(3.4,7.2,7.8)	1,2	(0.9,1.0,1.1)	(3.6,8.7,10.6)
M.İ.2	(3.6,7.5,8.1)	1,2	(1.0,1.3,1.5)	(4.4,11.6,14.6)
M.İ.3	(7.1,8.0,8.4)	1,2	(0.5,0.7,1.0)	(4.2,6.9,10.1)
M.İ.4	(6.5,7.5,8.1)	1,5	(1.0,1.3,1.5)	(9.8,14.5,18.2)
M.İ.5	(7.2,8.2,8.5)	1,2	(1.3,1.8,2.3)	(11.5,17.7,23.1)
M.İ.6	(5.7,6.7,7.4)	1,5	(0.9,1.0,1.1)	(7.7,10.1,12.5)
M.İ.7	(6.1,7.0,7.7)	1,5	(0.4,0.6,0.8)	(4.0,5.9,8.7)
M.İ.8	(5.9,6.9,7.5)	1	(0.5,0.7,1.0)	(3.0,4.9,7.5)
M.İ.9	(5.9,6.6,7.5)	1	(1.0,1.3,1.5)	(5.9,8.5,11.2)
M.İ.10	(7.5,8.5,8.7)	1,2	(1.0,1.3,1.5)	(9.0,13.1,15.6)
M.İ.11	(7.8,8.7,8.9)	1,5	(1.0,1.3,1.5)	(11.7,16.9,20.0)
M.İ.12	(7.7,8.6,8.8)	1,5	(0.8,1.0,1.3)	(8.6,12.9,17.6
M.İ.13	(6.9,7.9,8.3)	1,2	(1.0,1.3,1.5)	(8.3,12.2,15.0)
M.İ.14	(7.3,8.3,8.6)	1,2	(0.8,1.0,1.3)	(6.5,9.9,13.7)
M.İ.15	(7.0,8.0,8.4)	1,2	(0.9,1.0,1.1)	(7.5,9.6,11.4)
M.İ.16	7.2,8.0,8.6)	1,2	(0.9,1.0,1.1)	(7.7,9.6,11.6)
M.İ.17	(5.9,6.9,7.1)	1,2	(0.7,0.8,1.0)	(4.8,6.5,8.6)
M.İ.18	(3.9,5.6,7.0	1	(0.3,0.6,1.0)	(1.3,3.4,7.0)
M.İ.19	(7.0,7.9,8.4)	1,2	(0.9,1.0,1.1)	(7.4,9.5,11.4)
M.İ.20	(5.6,6.4,7.3)	1,2	(0.5,0.7,1.0)	(3.3,5.5,8.8)
M.İ.21	(5.1,6.1,6.9)	1,2	(1.0,1.7,3.0)	(6.2,12.2,24.9)
M.İ.22	(6.7,7.7,8.2)	1,2	(0.9,1.0,1.1)	(7.2,9.3,11.1)
M.İ.23	(6.3,7.4,7.9)	1	(1.0,1.4,2.0)	(6.3,10.3,15.9)
M.İ.24	(6.7,7.7,8.2)	1,2	(1.0,1.3,1.5)	(8.0,11.9,14.7)
M.İ.25	(3.8,4.7,6.7)	1,2	(1.3,1.8,2.3)	(6.1,10.2,18.2)
M.İ.26	(6.5,7.5,8.1)	1,2	(1.3,1.8,2.3)	(10.4,16.2,21.8)

E. Teknik Karakteristiklerin Belirlenmesi

Müşteri ihtiyaçlarının üretim aşamasına taşınabilmesi için her bir müşteri ihtiyacının teknik karakteristikler olarak ifade edilebilmeleri gerekmektedir. Yapılan çalışmada teknik karakteristikler KFG takımının görüşü alınarak belirlenmiştir. KFG takımı ile tartışarak 26 adet teknik karakteristik belirlenmiştir.

F. Teknik Karakteristikler Arasındaki Korelasyonların Belirlenmesi

Kalite evinin çatısında teknik tanımlayıcıların birbirlerini nasıl etkiledikleri gösterilir. Çatıdaki ilişkiler sonucu bazı "nasıllar"ın birbiriyle örtüşmesiyle ölçüt sayısının düşmesi söz konusu olabilir. Önem derecelerini inceleyerek bazı ölçütlerin dışarıda bırakılması daha uygun olabilir. Şekil 3'de de görüldüğü üzere teknik karakteristiklerin birbirini nasıl etkilediğini analiz edebilmek için çatı matrisi hazırlanmış. Aralarında çok yüksek korelasyon bulunan teknik karakteristikler tespit edilmediği için teknik karakteristiklerden elimine edilen olmamıştır.

G.Müşteri İhtiyaçları İle Teknik Karakteristikler Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi

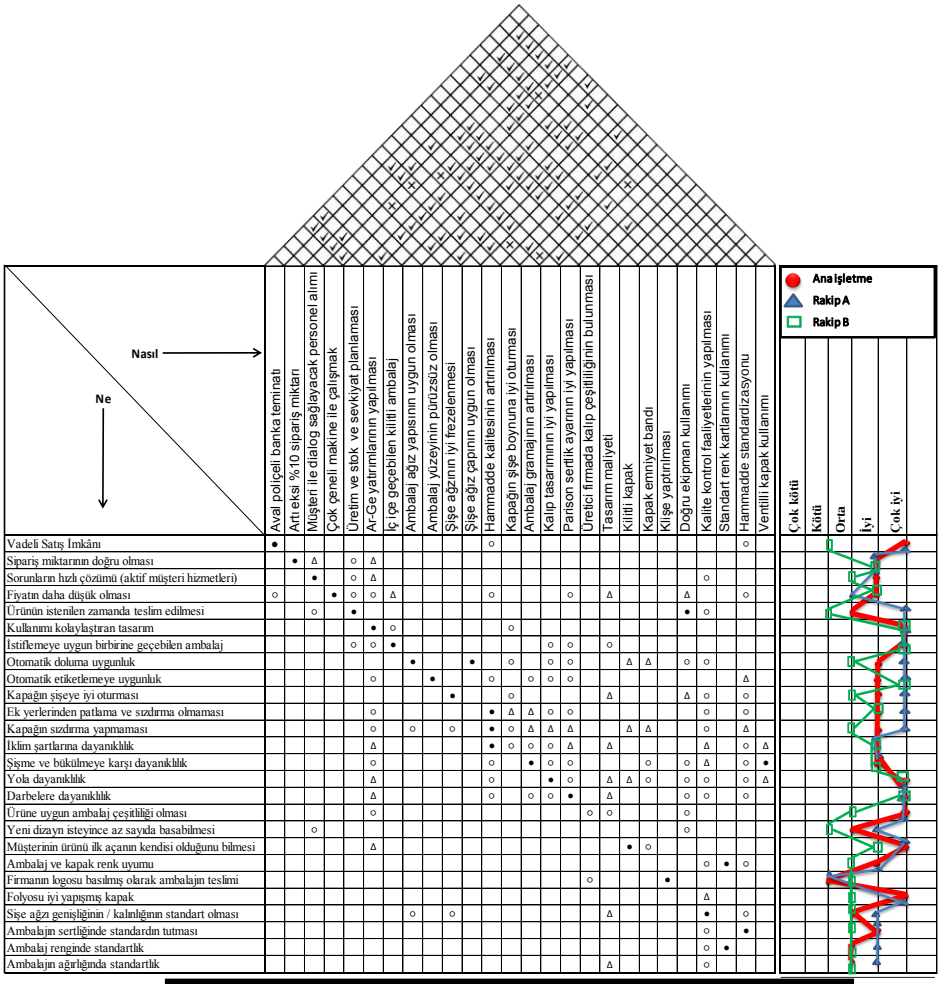
Müşteri ihtiyaçları ve Teknik Karakteristikleri belirlendikten sonra kalite evi oluşturulmaya başlanmıştır. İlişki düzeyleri (güçlü, orta, zayıf) şeklinde sözel olarak belirlendikten sonra, üçgensel bulanık sayılarla ifade edilmiştir. Üçgensel bulanık sayılar olarak, Ramasamy ve Selladurai (2004)'nin çalışmalarında kullandıkları Tablo 7'de gösterilen bulanık sayılar kullanılmıştır. Şekil 3'de semboller ile gösterilmiş kalite evinin son hali görülmektedir.

Belirlenen Müşteri ihtiyaçları mutlak önem dereceleri, müşteri ihtiyaçları ile teknik karakteristikler arasındaki ilişkileri gösteren bulanık değerler kullanılarak kalite evinin gövdesini oluşturan ilişki diyagram matrisi Tablo 8'de gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Tablo 7. İlişki Diyagram Matrisinde Kullanılan Üçgensel Bulanık Sayılar

Sözel Değerler	Üçgensel Bulanık Sayılar
Zayıf	(1,1,4)
Orta	(2,5,8)
Güçlü	(6,9,9)

Şekil 3. Kalite Evinin Semboller ile Gösterimi



Tablo 8. İlişki Diyagramı Matrisi

	M.İ. Mutlak Önem Derecesi	T.K.1	T.K.2	T.K.3	T.K.4	T.K.5	T.K.6	T.K.7	T.K.8	T.K.9	T.K.10	T.K.11	T.K.12	T.K.13	T.K.14	T.K.15	T.K.16	T.K.17	T.K.18	T.K.19	T.K.20	T.K.21	T.K.22	T.K.23	T.K.24	T.K.25	T.K.26
M.İ.1	(3.6,8.7,10.4)	(6,9,9)											(2,5,8)													(2,5,8)	
M.İ.2	(4.4,11.6,14.6)		(6,9,9)			(2,5,8)	(1,1,4)																				
M.İ.3	(4.2,6.9,10.1)			(6,9,9)		(2,5,8)	(1,1,4)																	(2,5,8)			
M.İ.4	(9.8,14.5,18.2)	(2,5,8)			(6,9,9)	(2,5,8)	(2,5,8)	(1,1,4)					(2,5,8)				(2,5,8)		(1,1,4)				(1,1,4)			(2,5,8)	
M.İ.5	(11.5,17.7,23.1)			(2,5,8)		(6,9,9)																	(6,9,9)	(2,5,8)			
M.İ.6	(7.7,10.1,12.5)						(6,9,9)	(2,5,8)						(2,5,8)													
M.İ.7	(4.0,5.9,8.7)					(2,5,8)	(2,5,8)	(6,9,9)								(2,5,8)	(2,5,8)		(2,5,8)								
M.İ.8	(3.0,4.9,7.5)								(6,9,9)			(6,9,9)		(2,5,8)		(2,5,8)	(2,5,8)			(1,1,4)	(1,1,4)		(2,5,8)	(2,5,8)			
M.İ.9	(5.9,8.5,11.2)						(2,5,8)			(6,9,9)			(2,5,8)		(2,5,8)	(2,5,8)	(2,5,8)									(1,1,2)	
M.İ.10	(9.0,13.1,15.6)										(6,9,9)			(2,5,8)					(1,1,4)				(1,1,4)	(2,5,8)		(2,5,8)	
M.İ.11	(11.7,6.9,20.0)						(2,5,8)					(6,9,9)	(6,9,9)	(1,1,4)	(2,5,8)	(2,5,8)	(2,5,8)							(2,5,8)		(2,5,8)	
M.İ.12	(8.6,12.9,17.6)						(2,5,8)		(2,5,8)		(2,5,8)	(6,9,9)	(6,9,9)	(2,5,8)	(1,1,4)	(1,1,4)	(1,1,4)			(1,1,4)	(1,1,4)			(2,5,8)		(1,1,4)	
M.İ.13	(3.3,12.2,15.0)						(1,1,4)						(6,9,9)	(2,5,8)	(2,5,8)	(2,5,8)	(1,1,4)		(1,1,4)					(1,1,4)		(2,5,8)	(1,1,4)
M.İ.14	(6.5,9.9,13.7)						(2,5,8)						(2,5,8)		(6,9,9)	(2,5,8)	(2,5,8)				(2,5,8)		(2,5,8)	(1,1,4)		(2,5,8)	(6,9,9)
M.İ.15	(7.5,9.6,11.4)						(1,1,4)						(2,5,8)			(6,9,9)	(2,5,8)		(1,1,4)	(1,1,4)	(2,5,8)		(2,5,8)	(2,5,8)		(2,5,8)	(1,1,4)
M.İ.16	(7.5,9.6,11.4)						(1,1,4)						(2,5,8)		(2,5,8)	(2,5,8)	(6,9,9)		(1,1,4)				(2,5,8)	(2,5,8)		(2,5,8)	
M.İ.17	(4.8,6.5,8.6)						(2,5,8)											(2,5,8)	(2,5,8)				(2,5,8)				
M.İ.18	(1.3,3.4,7.0)			(2,5,8)																			(2,5,8)				
M.İ.19	(7.4,9.5,11.4)						(1,1,4)													(6,9,9)	(2,5,8)						
M.İ.20	(3.3,5.5,8.8)																						(2,5,8)	(2,5,8)	(6,9,9)	(2,5,8)	
M.İ.21	(6.2,12.2,24.9)																	(2,5,8)				(6,9,9)					
M.İ.22	(7.2,9.3,11.1)																							(1,1,4)			
M.İ.23	(6.3,10.3,15.9)								(2,5,8)		(2,5,8)								(1,1,4)				(2,5,8)	(6,9,9)		(2,5,8)	
M.İ.24	(8.0,11.9,14.7)																						(6,9,9)	(2,5,8)		(6,9,9)	
M.İ.25	(6.1,10.2,18.2)																							(2,5,8)	(6,9,9)		
M.İ.26	(10.4,10.2,21.8)																		(1,1,4)				(6,9,9)	(2,5,8)			
T.K. Önem Derecesi	a1	41,25	26,13	55,28	58,76	113,70	188,00	49,39	47,56	35,23	83,67	139,67	253,40	84,66	114,83	147,62	159,74	21,82	76,52	63,59	54,45	36,93	279,14	241,62	56,35	210,02	54,93
	a2	150,53	104,54	178,91	130,43	353,64	525,52	117,78	160,48	76,54	234,04	312,50	681,63	283,03	337,61	438,56	462,08	93,12	147,00	84,68	163,23	73,03	737,58	800,95	125,04	679,01	81,25
	a3	240,58	131,22	389,91	163,45	620,13	1191,63	250,60	335,54	100,86	408,13	406,51	1086,25	625,96	656,03	874,48	959,89	267,57	575,38	248,24	391,85	224,02	1345,51	1744,58	242,85	1350,05	228,73

H. Teknik Karakteristiklerin Önem Derecelerinin Belirlenmesi

Teknik karakteristiklerin önem derecesi, her teknik karakteristik için, planlama matrisinde hesaplanan üçgensel bulanık sayılarla ifade edilmiş mutlak önem değerleri ile yine üçgensel bulanık sayılarla ifade edilmiş ilişki puanlarının çarpımlarının toplamı bulunarak hesaplanmıştır.

Teknik Karakteristik bulanık önem derecesi= Σ (Müşteri İhtiyaçları Bulanık Mutlak Önem Derecesi) ⊗(Bulanık İlişki Puanı)…….**(4)**

Üçgensel bulanık sayılar haline elde elde edilen müşteri ihtiyaçları ile ilişki diyagram matrisindeki bulanık değerlerin çarpılıp toplanması ile elde edilen teknik karakteristiklerin önem dereceleri yine üçgensel bulanık sayılar haline elde edilmiştir. Tablo 9'de her bir teknik karakteristik için hesaplanmış bulanık önem dereceleri görülmektedir.

Tablo 9. Teknik Karakteristikler Önem dereceleri (Bulanık Değerler)

Teknik Karakteristikler	a1	a2	a3
Aval poliçeli banka teminatı	41,2	150,5	240,5
∓ %10 sipariş miktarı	26,1	104,5	131,2
Müşteri ile diyalog sağlayacak personel alımı	55,2	178,9	389,9
Çok çeneli makine ile çalışmak	58,7	130,3	163,8
Üretim, sevkiyat ve stok planlaması	113,7	353,6	620,1
Ar-Ge yatırımlarının yapılması	188,0	525,5	1191,6
İç içe geçebilen kilitli ambalaj	49,3	117,7	250,6
Ambalaj ağız yapısının uygun olması	47,5	160,4	335,5
Ambalaj yüzeyinin pürüzsüz olması	35,2	76,5	100,8
Şişe ağzının iyi frezelenmesi	83,6	234,0	408,1
Şişe ağız çapının uygun olması	139,6	312,5	406,5
Hammadde kalitesinin artırılması	253,4	681,6	1086,2
Kapağın şişe boynuna iyi oturması	84,6	283,0	625,9
Ambalaj gramajının artırılması	114,8	337,6	656,0
Kalıp tasarımının iyi yapılması	147,6	438,5	874,4
Parison sertlik ayarının iyi yapılması	159,7	462,0	959,8
Üretici firmada kalıp çeşitliliğinin bulunması	21,8	93,1	267,5
Tasarım maliyeti	76,5	147,0	575,3
Kilitli Kapak	63,5	84,6	248,2
Kapak emniyet bandı	54,4	163,2	391,8
Klişe yaptırılması	36,9	73,0	224,0
Doğru ekipman kullanımı	279,1	737,5	1345,5
Kalite Kontrol Faaliyetlerinin yapılması	241,6	800,9	1744,5
Standart renk kartlarının kullanımı	56,3	125,0	242,8
Hammadde standardizasyonu	210,0	679,0	1350,0
Ventilli kapak kullanımı	54,9	81,2	228,7

I. Teknik Karakteristiklerin Önem Derecelerine Göre Sıralanması

Teknik karakteristiklerin önem derecelerinin üçgensel bulanık sayılar halinde edilmesinden sonra aşağıda formülleri verilen farklı yöntemler kullanılarak teknik karakteristikler önem derecelerine göre sıralanmıştır.

Maksimize ve Minimize Setler ile Sıralama Yöntemi (Chou vd., 2011:1345)

$$u_T^{\alpha}(i) = \frac{1}{2}\left(\begin{array}{l} \alpha\left[\frac{d_i - x_{\min}}{d_i - b_i + x_{\max} - x_{\min}} + \frac{b_i - x_{\min}}{(b_i - d_i) + (x_{\max} - x_{\min})}\right] \\ +(1-\alpha)\left[\frac{a_i - x_{\min}}{(a_i - b_i) + (x_{\max} - x_{\min})} + \frac{b_i - x_{\min}}{b_i - a_i + x_{\max} - x_{\min}}\right] \end{array}\right), \quad i = 1, 2. \qquad \text{……(5)}$$

Liou-Wang Sıralama Yöntemi (Öztürk ve Başkaya,2012:144)

$$I_T^{\alpha}\left(\tilde{A}\right) = \frac{1}{2}.\alpha(n+u) + \frac{1}{2}.(1-\alpha).(m+n)$$
$$= \frac{1}{2}.\left[\alpha.u + n + (1-\alpha).m\right] \qquad \text{…..(6)}$$

Ağırlıklı Ortalama Yöntemi;

$$X^* = \frac{a1 + 4a2 + a3}{6} \qquad \text{……(7)}$$

Kareli Ortalama Yöntemi;

$$x^* = \sqrt{\frac{(a_1)^2+(a_2)^2+(a_3)^2}{3}} \quad \text{……..(8)}$$

Farklı yöntemlerle durulaştırılmış/sıralanmış önem derecelerinin birbirinden farklılık gösterip göstermeyeceğini ortaya koyabilmek için birden fazla yöntem kullanılarak teknik karakteristiklerin önem dereceleri sıralanmıştır. Sıralamaya bakıldığı zaman sıralama sonuçlarının birbirinden çok büyük farklılık göstermediği görülmüştür.

Dört farklı yönteme göre de sıralanan teknik karakteristiklerin nısbi önem dereceleri sonuçları Tablo 10'da görülmektedir. Hangi teknik karakteristiklerin Hata Türü ve Etkileri Analizine dahil edileceğine karar verebilmek amacı ile Pareto Analizi yapılmış ve %80'lik dilime giren ilk 20 teknik karakteristik risk analizine dahil edilmiştir. Tablo 11'de HTEA'nde kullanılacak teknik karakteristikler görülmektedir.

Tablo 10. Nisbi Değerlere Göre Sıralanmış Teknik Karakteristik Önem Dereceleri

T.K. no	Min-Max setler Nısbi Değerler	T.K. no	Liou-Wang Nısbi Değer	T.K. No	Ağırlıklı Ortalama Nısbi Değer	T.K. No	Kareli Ortalama Nısbi Değerler
T.K.23	0,125	T.K.23	0,109328	T.K.23	0,108	T.K.23	0,016749
T.K.22	0,1	T.K.22	0,09445	T.K.22	0,096	T.K.22	0,009917
T.K.25	0,093	T.K.25	0,088913	T.K.25	0,089	T.K. 25	0,025263
T.K.12	0,085	T.K.12	0,082356	T.K.12	0,085	T.K.6	0,012686
T.K.6	0,076	T.K.6	0,074061	T.K.6	0,073	T.K.12	0,042219
T.K.16	0,063	T.K.16	0,062273	T.K.16	0,062	T.K.16	0,076853
T.K.15	0,058	T.K.15	0,057868	T.K.15	0,058	T.K.5	0,016428
T.K.14	0,043	T.K.14	0,044061	T.K.5	0,045	T.K.14	0,0219
T.K.5	0,043	T.K.5	0,04391	T.K.14	0,044	T.K.5	0,007676
T.K.13	0,038	T.K.13	0,0389	T.K.13	0,038	T.K.13	0,027909
T.K.11	0,035	T.K.11	0,035686	T.K.11	0,038	T.K.18	0,031038
T.K.10	0,028	T.K.10	0,029247	T.K.10	0,03	T.K.11	0,076347
T.K.18	0,026	T.K.18	0,028822	T.K.18	0,026	T.K.10	0,040426
T.K.3	0,023	T.K.3	0,024468	T.K.3	0,024	T.K.3	0,04361
T.K.20	0,022	T.K.20	0,023546	T.K.20	0,023	T.K.20	0,057784
T.K.8	0,02	T.K.8	0,021452	T.K.8	0,021	T.K.8	0,062915
T.K.1	0,016	T.K.1	0,01776	T.K.1	0,018	T.K.1	0,016596
T.K.24	0,015	T.K.24	0,016736	T.K.24	0,017	T.K.17	0,034971
T.K.7	0,015	T.K.7	0,016318	T.K.7	0,016	T.K.7	0,015763
T.K.4	0,013	T.K.4	0,014718	T.K.4	0,016	T.K.24	0,024996
T.K.19	0,013	T.K.19	0,014662	T.K.17	0,014	T.K.19	0,01393
T.K.17	0,012	T.K.17	0,014492	T.K.19	0,014	T.K.26	0,091088
T.K.26	0,012	T.K.26	0,013595	T.K.26	0,013	T.K.21	0,113002
T.K.21	0,01	T.K.21	0,012401	T.K.2	0,012	T.K.4	0,016289
T.K.2	0,009	T.K.2	0,011165	T.K.21	0,012	T.K.2	0,089109
TK.9	0,007	TK.9	0,008811	T.K.9	0,009	T.K.9	0,014535

Tablo11. Risk Analizine Dahil Edilecek Önem Derecesi Yüksek Olan İlk Yirmi Teknik Karakteristik

TK. No	Teknik Karakteristikler	Sıra No
T.K.23	Kalite Kontrol Faaliyetlerinin yapılması	1
T.K.22	Doğru ekipman kullanımı	2
T.K.25	Hammadde standardizasyonu	3
T.K.12	Hammadde kalitesinin artırılması	4
T.K.6	Ar-Ge yatırımlarının yapılması	5
T.K.16	Parison sertlik ayarının iyi yapılması	6
T.K.15	Kalıp tasarımının iyi yapılması	7
T.K.14	Ambalaj gramajının artırılması	8
TK.5	Üretim, sevkiyat ve stok planlaması	9
T.K.13	Kapağın şişe boynuna iyi oturması	10
T.K.11	Şişe ağız çapının uygun olması	11
T.K.10	Şişe ağzının iyi frezelenmesi	12
T.K.18	Tasarım maliyeti	13
T.K.3	Müşteri ile diyalog sağlayacak personel alımı	14
T.K.20	Kapak emniyet bandı	15
T.K.8	Ambalaj ağız yapısının uygun olması	16
T.K.1	Aval poliçeli banka teminatı	17
T.K24	Standart renk kartlarının kullanımı	18
T.K.7	İç içe geçebilen kilitli ambalaj	19
T.K.4	Çok çeneli makine ile çalışmak	20

İ. KFG Sürecine HTEA'nin Dahil Edilmesi

KFG sayesinde, her bir müşteri ihtiyacını karşılayacak teknik karakteristikler ortaya çıkarılır ve teknik karakteristiklerin önem dereceleri de belirlenebilir. Önem puanı en yüksek teknik karakteristikten başlayarak da gerekli iyileştirmeler yapılır. Ancak bu noktada bir risk analizine ihtiyaç olacaktır.

Önem derecesi yüksek olduğu için seçilen teknik karakteristikler beraberinde bir takım riskler de getirebilecektir. Bir diğer bakış açısıyla; önem derecesi daha düşük olan bir teknik karakteristiğin karşılanmaması durumunda, önem derecesi yüksek bir teknik karakteristiğin karşılanamaması durumuna kıyasla daha tehlikeli riskler ortaya çıkabilecektir. Bu nedenlerle, iyileştirme faaliyetine hangi teknik karakteristikten başlanacağına karar vermeden önce bir risk analizi yapılmalıdır. Hata Türü ve Etkileri Analizi de bu aşamada kullanılabilecek tekniklerden biridir.

i. Hata Türlerinin Belirlenmesi

KFG takımı bir araya gelmiş ve Tablo 11'de yer alan teknik karakteristiklerin karşılanmaması durumunda ne tür hataların ortaya çıkabileceğini, geçmiş deneyimlerden de yola çıkarak kararlaştırmıştır. Çalışmanın bundan sonraki aşamalarında KFG takımı üyeleri HTEA takımı üyeleri adı altında katkıda bulunmaya devam etmişlerdir. Tablo 12'de teknik karakteristiklerin başarısızlığa uğraması ya da karşılanamaması durumunda ortaya çıkabilecek hata türleri gösterilmektedir.

Tablo 12. Teknik Karakteristiklerin Başarısızlığa Uğraması Sonucu Ortaya Çıkabilecek Hata Türleri

Hata Türleri
Delik Ambalaj
Şişe ağız yapısının bozuk olması
Renkte standardın tutmaması
Ambalajda bükülme ve çökme
Ambalajın çapaklı çıkması
Üretimde standardın sağlanamaması
Ambalajın patlaması
Daha yüksek gramajlı ürün yapmak zorunda olma
Ürünün zamanında teslim edilememesi
Kapaktan ürünün sızması
Ambalaj yüzeyinin pürüzlü olması

ii. Hataların Olası Etkilerinin Belirlenmesi

Daha önce de belirtildiği üzere olası hata etkisi, müşterinin yaşayabileceği hoşnutsuzluk ve tehlike oluşturabilecek durumlardır. Etkiler bir hatadan dolayı ortaya çıkan olaylar zinciridir. Hata türü ile hata etkisi ilişkilidir. Hatanın etkisi "bu hata gerçekleşir ise hangi olumsuzluklar gerçekleşir?" sorusuna cevap aranarak tespit edilir. Böylelikle her hatanın sonucu; bir sonraki işlem, son müşteri, standartlara ve yasalara uyumluluk üzerindeki etkisi açısından değerlendirilir. Hata türleri için HTEA takımı tarafından belirlenen hataların olası etkileri Tablo 13'de görülmektedir.

Tablo 13. Hata Türlerinin Olası Etkileri

Hata Türleri	Hataların Olası Etkileri
Delik Ambalaj	Dolum sırasında zayiat, Üretimi durdurmak zorunda kalma Müşteri memnuniyetsizliği İstiflemede diğer kolilere zarar
Şişe ağız yapısının bozuk olması	Kapağın iyi oturmaması Kapakta sızdırma olması Folyonun yapışmaması
Renkte standartın tutmaması	Müşteri memnuniyetsizliği
Ambalajda bükülme ve çökme	Ambalajda patlama olması Şekil bozukluğu, Ürünün sızması
Ambalajın çapaklı çıkması	Ambalajın görselliğinin bozulması Müşteri memnuniyetsizliği
Üretimde standartın sağlanamaması	Daha çok hatalı ürün çıkması Üretilen ürün miktarında düşüş yaşanması
Ambalajın patlaması	Ürün zayiatı Diğer ürünlere zarar verme Müşteri kaybı
Daha yüksek gramajlı ürün yapmak zorunda olma	Maliyetlerde artış Ürünün fiyatında artış
Ürünün zamanında teslim edilememesi	Müşteri kaybı Müşteri memnuniyetsizliği
Kapaktan ürünün sızması	İstifteki diğer ürünlere zarar, Etiketin deformasyonu
Ambalaj yüzeyinin pürüzlü olması	Etiketin yapışmaması Görselliğin bozulması

iii. Risk Faktörlerinin Değerlerinin ve Risk Faktörü Ağırlıklarının belirlenmesi

Hata türlerinin belirlenmesinin ardından her bir hata türü için olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik değeri HTEA takımı tarafından geçmiş deneyimlerinden faydalanılarak belirlenmiştir. HTEA'nin birtakım eksiklikleri vardır. Bunlardan biri de; risk faktörlerinin üçünün de eşit önemde olduğunun kabul edilmesidir. Oysa her kuruluş için bu durum farklı olabilmekte ve risk faktörlerinin önemi farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle uygulamanın bu aşamasında, risk faktörleri için ağırlık puanları tespit edebilmek için Bulanık AHP yöntemi, HTEA sürecine dahil edilmiştir.

iv. Chang'ın Genişletilmiş Bulanık AHP Yöntemi ile Risk faktörlerinin Ağırlıklarının belirlenmesi

Literatürde farklı Bulanık AHP yöntemleri bulunmaktadır. Bu çalışmada, S_i yapay değerlerinin elde edilmesine kadarki aşamalarda Chang'ın Genişletilmiş BAHP aşamaları((Bozbura ve Beskese, 2007:127; Erensal vd., 2006:2761; Kahraman vd, 2003:147; Kahraman ve Ruan, 2004:176) uygulanmış daha sonraki aşamalarda ise LİOu-Wang yöntemi sürece dahil edilmiştir.

Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesinin ilk aşaması olarak 3 risk faktörü için karşılaştırma matrisi hazırlanmıştır ve karşılaştırma matrisinde (Tablo 15) kullanılan, üçgensel bulanık sayılardan oluşan önem ölçeği aşağıda yer alan Tablo 14'de gösterilmektedir.

Tablo 14. Bulanık AHP Önem Ölçeği

Açıklama	Bulanık Ölçek	Karşıt Ölçek
Eşit	(1,1, 1)	(1,1, 1)
Eşit derecede önemli	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1,2)
Orta derecede önemli	1, 3/2, 2)	1/2, 2/3,1)
Yüksek derecede önemli	(3/2,2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Çok yüksek derecede önemli	2, 5/2, 3	(1/3, 2/5, 1/2)
Son derece önemli	5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)

Risk Faktörlerinin birbirine göre önem kıyaslaması HTEA takımı tarafından sözel değişkenler ile yapılmış. HTEA takımı ile yapılan derinlemesine görüşme sonucunda karşılaştırma Matrisi hazırlanmış ve Tablo 14'de yer alan ölçek kullanılarak üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüştür.

Tablo 15. Risk Faktörleri Karşılaştırma Matrisi

Risk Faktörleri	Olasılık (O)	Tespit edilebilirlik(T)	Şiddet(Ş)
Olasılık(O)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	1/2,2/3,1)
Tespit edilebilirlik(T)	1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3
Şiddet(Ş)	1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)

Karşılaştırma Matrisinin hazırlanmasından sonra ikinci olan Chang'ın Genişletilmiş Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi'nin adımları sırası ile uygulanmıştır. İlk olarak, bulanık yapay büyüklük değerleri(S_i)'nin hesaplanabilmesi için aşağıda yer alan formül karşılaştırma matrisine uygulanmıştır.

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M^{j}_{g_i} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M^{j}_{g_i} \right]^{-1}$$

……(9)

İlk olarak her bir risk faktörü için satır toplamı bulunmuş, daha sonra elde edilen üç vektörün toplamı bulunarak tersi alınmış ve bu sonuç her bir satır toplamı ile çarpılarak yapay büyüklük değerleri elde edilmiştir.

$S_{olasılık}$= (2.50,3.17,4.00) x (1/12.167, 1/9.834, 1/7.900) = (0.21,0.32,0.51)
$S_{tespit\ edilebilirlik}$= (1.90,2.17,2.67) x (1/12.167, 1/9.834, 1/7.900) = (0.16,0.22,0.34)
$S_{şiddet}$= (3.50,.4.50,5.50) x(1/12.167, 1/9.834, 1/7.900) = (0.29,0.46,0.70)

Chang'ın Genişletilmiş Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemine Tutarlılık analizi yapılamaması nedeni ile bu aşamada Göksu ve Güngör'ün(2008) çalışmalarında görülen aşamalar uygulanmış ve Liou-Wang Yöntemi Chang'ın Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemine entegre edilmiştir.

Daha sonraki adımda, Chang'ın yöntemi ile elde edilen yapay S_i değerleri kullanılmıştır. Chang'ın Yöntemi ile elde edilen S_i Liou-Wang Yöntemine göre α=0,50 olduğunda aşağıdaki formül ile tekrar hesaplandığı zaman;

$$I_T^{\alpha}\left(\tilde{A}\right) = \frac{1}{2}.\alpha(n+u) + \frac{1}{2}.(1-\alpha).(m+n)$$
$$= \frac{1}{2}.\left[\alpha.u + n + (1-\alpha).m\right]$$

…….(10)

W_o=(0,25.(0,32+0,51)+0,25.(0,21+0,32)=0,25.0,83+0,25.0,53=0,34
W_T=(0,25.(0,22+0,34)+0,25.(0,16+0,22)=0,25.0,56+0,25.0,38=0,23
$W_Ş$=(0,25.(0,46+0,70)+0,25.(0,29+0,46)=0,25.1,16+0,25.0,75=0,48

Elde edilen bu değerlere göre ağırlık vektörü, W'=(0.34,0.23,0.48)'dir. Bu vektör normalize edildiğinde ise risk faktörlerinin ağırlıkları, W=(0.34/1.05,0.23/1.05,0.48/1.05)=**(0.32,0.22,0.46)** olarak hesaplanmıştır.

V. Risk Faktörü Ağırlıkları için Tutarlılık Analizinin yapılması

Chang'ın Genişletilmiş BAHP'ne tutarlılık analizi sonuçlarının tutarlılığı test edilemediği için Liou-Wang yönteminin entegrasyonu ile elde edilen risk faktörü ağırlıklarının tutarlılığı, tutarlılık analizinin aşağıda yer alan aşamaları((; Aydın vd., 2009:76; Kapan, 2013:211; Yavuz, 2012:35; Yılmaz,2009:32) uygulanarak test edilmiştir:

1. Adım. Tablo 15'de gösterilen karşılaştırma matrisindeki değerler ağırlıklı ortalama yöntemi ile durulaştırıldığı zaman elde edilen değerler matris halinde aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1,5 & 0,71 \\ 0,71 & 1 & 0,51 \\ 1,5 & 2 & 1 \end{bmatrix}.$$

2. Adım: Durulaştırılmış karşılaştırma matrisi(A) ile ağırlık vektörünün (w) çarpılması:

$$D= \begin{bmatrix} 1 & 1,5 & 0,71 \\ 0,71 & 1 & 0,51 \\ 1,5 & 2 & 1 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} 0,32 \\ 0,22 \\ 0,46 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,98 \\ 0,68 \\ 1,38 \end{bmatrix}$$

3. Adım. Çarpma işlemi sonucunda bulunan D vektörünün ağırlık(W) vektörüne bölünmesi:

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} = \begin{bmatrix} 0,98 \\ 0,68 \\ 1,38 \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 3,06 \\ 3,09 \\ 3,00 \end{bmatrix}$$

4. Adım: (λ)'nın hesaplanması

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i}{n} = \lambda = \frac{9,15}{3} = 3,05$$

5. Adım: Tutarlılık Göstergesi(CI)'nin hesaplanması

$$CI = \frac{\lambda - n}{n-1} = CI = \frac{3,05-3}{2} = 0,025$$

6. Adım: Tutarlılık Göstergesinin, Random Göstergesine bölünmesiyle tutarlılık oranının bulunması

$$CR = \frac{CI}{RI} = CR = \frac{0,025}{0,58} = 0,043 < 0,10$$

Random göstergesi (RI) Tablo 16'da yer alan değerlere bakılarak 0,58 olarak alınmıştır. Tutarlılık oranının 0,10'dan küçük çıkması gereklidir.

Tablo 16. Random Index Değerleri

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

(Özdağoğlu,2011:20)

Tutarlılık testini geçmesi nedeni ile risk faktörü ağırlıkları (0.32,0.22,0.46) olarak kullanılmıştır. Üç risk faktörünün çarpılması ile elde edilen risk Öncelik puanı hesaplamasında bu risk faktörü ağırlıkları göz önünde bulundurulmuştur.

VI. Risk Öncelik Puanlarının(RÖP) Hesaplanması

Risk faktörü değerleri ve risk faktörü ağırlıkları göz önünde bulundurularak hesaplanmış RÖP değerleri Tablo 17'de gösterilmektedir.

Tablo 17. Risk Faktörü Değerlerinin, Ağırlıklarının ve RÖP Değerlerinin Birlikte Gösterimi

RÖP'na Göre Sıra No	Risk Faktörleri / Hata Türleri	O (0,32)	T (0,22)	Ş (0,46)	RÖP
2	Delik Ambalaj	7	6	9	7,70
6	Şişe ağız yapısının bozuk olması	3	4	7	5,06
11	Renkte standardın tutmaması	1	2	3	2,14
4	Ambalajda bükülme ve çökme	6	3	6	5,34
10	Ambalajın çapaklı çıkması	2	1	3	2,24
5	Üretimde standardın sağlanamaması	4	3	7	5,16
1	Ambalajın patlaması	6	9	10	8.50
8	Daha yüksek gramajlı ürün yapmak zorunda olma	2	3	4	3,14
3	Ürünün zamanında teslim edilememesi	10	2	6	6,40
7	Kapaktan ürünün sızması	4	2	6	4,48
9	Ambalaj yüzeyinin pürüzlü olması	3	1	3	2,56
	TOPLAM				52,72

vii. Hata Türleri ile Hataya Neden Olan teknik Karakteristiklerin Karşılaştırılması

KFG sayesinde, her bir müşteri ihtiyacını karşılayacak teknik karakteristikler ortaya çıkarılır ve teknik karakteristiklerin önem dereceleri de belirlenir. Önem puanı en yüksek teknik karakteristikten başlayarak da gerekli iyileştirmeler yapılır. Ancak bu noktada bir risk analizine ihtiyaç olacaktır.

Önem derecesi yüksek olduğu için seçilen teknik karakteristikler beraberinde bir takım riskler de getirebilecektir. Bir diğer bakış açısıyla; önem derecesi daha düşük olan bir teknik karakteristiğin karşılanmaması durumunda, önem derecesi yüksek bir teknik karakteristiğin karşılanamaması durumuna kıyasla daha tehlikeli riskler ortaya çıkabilecektir. Bu nedenlerle, iyileştirme faaliyetine hangi teknik karakteristikten başlanacağına karar vermeden önce bir risk analizi yapılmalıdır. Hata Türü ve Etkileri Analizi de bu aşamada kullanılmasının Tablo 18'de yer alan sonuçlara bakıldığı zaman gerekli olduğu görülmektedir.

Tablo 18. Hata Türleri ve Hataya Neden Olan Teknik Karakteristiklerin Karşılaştırılması

Hata Türü	Hata Türü RÖP Sırası	Hataya Neden Olan Teknik Karakteristik	Teknik Karakteristik Önem Sırası
Ambalajın patlaması	1	Kalıp tasarımının İyi Yapılmaması	7
Delik Ambalaj	2	Kalite Kontrol Faaliyetlerinin yapılmaması	1
ürünün zamanında teslim edilememesi	3	Üretim, sevkiyat ve stok planlamasının iyi yapılmaması	9
Ambalajda bükülme ve çökme	4	Hammadde kalitesinin düşük olması	4
üretimde standardın sağlanamaması	5	Parison sertlik ayarlarının yapılması	6
Şişe ağız yapısının bozuk olması	6	Doğru Ekipman Kullanımı	2
kapaktan ürünün sızması	7	Kalıp tasarımının İyi Yapılması	7
daha yüksek gramajlı Ürün yapmak zorunda olma	8	Hammadde kalitesinin düşük olması	4
Ambalaj yüzeyinin pürüzlü olması	9	Kalıp tasarımının iyi yapılmaması	7
ambalajın çapaklı çıkması	10	Doğru Ekipman kullanımı	2
renkte standardın tutmaması	11	Hammadde standardizasyonu	3

En yüksek önem puanına sahip olan "Kalite kontrol faaliyetlerinin yapılması" teknik karakteristiğinin karşılanamaması durumunda, RÖP sıralamasında 2. sırada yer alan "Delik ambalaj" hata türünün ortaya çıkabileceği görülmektedir. Bu durum da kalite kontrol faaliyetlerinin yapılmasının ne derece önemli olduğunu daha iyi açıklamaktadır.

"Kalıp tasarımının yapılması" teknik karakteristiklerin önem sırasına bakıldığı zaman, 7. Sırada yer almaktadır ancak, kalıp tasarımının iyi yapılmaması nedeni ile ortaya çıkabilecek olan olası hata " Ambalajın patlaması"

en yüksek RÖP puanına sahiptir. Aynı zamanda "kalıp tasarımının iyi yapılmaması", "Kapaktan ürünün sızması"'na ve "Ambalaj yüzeyinin pürüzlü olması"na sebep olmaktadır. Bunlar da kalıp tasarımının ne derece önemli bir teknik karakteristik olduğunu göstermektedir. "Doğru Ekipman kullanımı" çok önemli sayılacak teknik karakteristikler arasında yer alıyor olsa da(2.sırada), bu teknik karakteristiğin neden olabileceği hataların RÖP değerleri çok yüksek değildir.

Aynı şekilde hammadde standardizasyonu da önem sırasında 3. sırada yer alırken, neden olduğu hata türü "renkte standardın tutmaması" RÖP sıralamasında en sonda yer almaktadır.

Teknik karakteristik önem derecelerine bakılarak karar verildiği zaman, 9. Sırada yer alan "Üretim, sevkiyat ve stok planlaması" teknik karakteristiğine dair, iyileştirme faaliyetlerine gidilmemesi yönünde karar alınması olasıdır, ancak planlamanın iyi yapılamaması nedeni ile ürünün zamanında teslim edilememesi, firma açısından olumsuz sonuçlar doğurabilecektir.

Bu sonuçlara bakıldığı zaman, iyileştirme faaliyetlerine dair planlar yapılırken hem teknik karakteristiklerin önem puanlarının, hem de ortaya çıkabilecek hataların RÖP değerinin göz önünde bulundurulmasının daha doğru olacağı anlaşılmaktadır. Bu tablo göz önünde bulundurularak düzeltici faaliyetlere başlanması firma için daha faydalı olacaktır.

viii. Önleyici/Düzeltici Faaliyetlerin Belirlenmesi

RÖP değeri yüksek olan her bir hata sebebi için düzeltici/önleyici faaliyetler açıkça tanımlanmalıdır. Ancak unutulmamalıdır ki başarılı bir HTEA programı, çıkarılan sonuçların iyileşme programlarına (planlarına) dönüşmesi ile gerçekleşir. Bütün organizasyon tarafından sürekli iyileşme konusu benimsenmediği taktirde HTEA statik bir program olarak kalacaktır. Tablo 19'da HTEA takımınca belirlenen önleyici faaliyetlere yer verilmiştir.

Tablo 19. Düzeltici/Önleyici Faaliyetler

Hata Türleri	Önleyici/Düzeltici Faaliyetler
Delik Ambalaj	Delik şişe test makinesinin her parti çıkışında kullanılması
Şişe ağız yapısının bozuk olması	Kalite kontrol faaliyetlerinin sıklaştırılması
Renkte standartın tutmaması	Daha dikkatli personel, çalışan elemanın uyarılması, otomasyona geçilmesi
Ambalajda bükülme ve çökme	Kaliteli hammadde kullanımı, gazlı kapak kullanımı ile şişmenin önlenmesi, nakliye ve depo sırasında istiflemede dikkatli olunması
Ambalajın çapaklı çıkması	Daha yeni ve düzgün kalıp kullanımı,
Üretimde standartın sağlanamaması	Hep aynı tedarikçiden hammadde alımı, stoklu çalışma
Ambalajın patlaması	Kaliteli hammade kullanımı, müşteri ile iletişim kurarak ürün hakkında bilgi sahibi olarak, kapak seçiminde yardımcı olma
Daha yüksek gramajlı ü rün yapmak zorunda olma	Kalıp tasarımcısı ile çalışmak
Ürünün zamanında teslim edilememesi	Üretim planlamasının daha ciddi yapılması, mümkünse planlama tarihinden 3 gün sonraya tarih verilmesi, üretim bitince müşteri ile iletişim
Kapaktan ürünün sızması	Kalite kontrol faaliyetlerinin sıklaştırılması,
Ambalaj yüzeyinin pürüzlü olması	Hammadde, kalıp ve makinanın kalitesinin yüksek olması

SONUÇ VE ÖNERİLER

Müşteri ihtiyaçlarını toplayarak teknik karakteristiklerin belirlenmesini ve rekabet değerlendirmesi yapmayı sağlayan Kalite Fonksiyon Göçerimi analizinin

benimsenmesi ve devamlılığının sağlanması, işletmelere önemli artılar kazandıracaktır. , karşımıza çıkan bir karar verme probleminde kullanılan kriterlerden bazıları subjektif olduğunda, çok değişkenli karar verme metotlarını kullanarak çözüm bulmak daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

Bulanık KFG'nin bir plastik ambalaj firmasında uygulandığı bu çalışmada, müşterilerin en çok önem verdikleri müşteri ihtiyaçları, ambalajın ek yerlerinden patlama ve sızdırma yapmaması, kapağın sızdırma yapmaması, kapağın şişeye iyi oturması, şişme ve bükülmeye karşı dayanıklılık ve ürünün istenilen zamanda teslim edilmesi olarak belirlenmiştir.

KFG Analizine göre; önem derecesi en yüksek teknik gereksinimler ise; kalite kontrol faaliyetlerinin yapılması, doğru ekipman kullanımı, hammadde standardizasyonu, hammadde kalitesinin artırılması ve Ar-Ge yatırımlarının yapılması olarak hesaplanmıştır.

Ancak risk analizi (HTEA) sonuçları göz önünde bulundurarak firmanın iyileştirme faaliyetlerine; kalıp tasarımının iyi yapılması, kalite kontrol faaliyetlerinin yapılması, üretim stok ve sevkiyat planlamasının yapılması, hammadde kalitesinin artırılması ve parison sertlik ayarlarının yapılması gibi teknik karakteristiklerden başlaması daha olumlu sonuçlar elde etmesini ve ortaya çıkabilecek risklerden kaçınmasını sağlayacaktır.

HTEA'nde risk faktörlerinin ağırlıkları firmadan firmaya değişiklik gösterebilecektir. Bu nedenle AHP yönteminin HTEA ile bütünleştirilmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir. Chang'ın BAHP Yöntemine tutarlılık analizi yapılamaması literatürde bir eksikliktir. Lio-Wang Yönteminin de kullanılması ile tutarlılık analizi yapılabilmiştir.

Ayrıca bu çalışmada, bulanık sayılar için, ,farklı durulaştırma/sıralama yöntemleri kullanılmış ve yöntemlerin birbirine çok yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

KFG sonucunda elde edilen teknik karakteristiklerin önem derecelerine göre yapılacak iyileştirme faaliyetleri beraberinde riskler getirebilecektir. Bu nedenle KFG ile HTEA'nin birlikte kullanılarak iyileştirme faaliyetlerine yüksek RÖP puanına sahip hataların ortaya çıkmasına sebep olacak teknik karakteristiklerden başlamanın gerekliliği ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

AYDIN, Ö., ÖZNEHİR, S. ve AKÇALI, Ezgi, (2009), "Ankara için Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Prosesi ile modellenmesi", SDÜ, İİBF dergisi, Cilt: 14, Sayı: 2, ss: 69-86.

BAVILACQUA, F., CIARAPICA, F.E. ve GIACCHETTA, G. (2006), "A Fuzzy-QFD Approach to Supplier Selection", Journal of Purchasing&Supply Management 12, ss: 14-27.

BOZBURA, T. T. ve BESKESE, A. (2007), "Prioritization of Organizational Capital Measurement Indicators using Fuzzy AHP, International Journal of Approximate Reasoning 44, ss: 124-147.

CHEN, L. H. ve WENG, C-M. (2003)," A Fuzzy Model for Exploting Quality Function Deployment", Mathematical and Computer Modelling 38, ss: 559-570.

CHING, L. ve CHANG, L. (2001), "Failure Mode and Effects Analysis Using Grey Theory, Integrated Manufacturing Systems 12/3, ss: 211-216.

CHOU, S_Y., QUOC DAT, L., YU, V.F. (2011), "A Revised Method for Ranking Fuzzy Numbers using Maximizing Set and Minimizing Set", Computers & Industrial Engineering 61 (2011) ss:1342–1348.

DAYA, B. ve RAOUF, A. (1996), "A Revised Failure Mode and Effects Analysis Model", International Journal of Quality and Reliability Management, 13/1, ss: 43-47.

ERENSAL, Y. C., ÖNCAN, T. ve DEMİRCAN, M.T. (2006), "Determining Key Capabilities in Technology Management using Fuzzy Analytic Hierarchy Process: A Case Study of Turkey", Information Sciences 176, ss: 2755-2770.

GÖKSU, A. ve GÜNGÖR, İ. (2008), " Bulanık Analitik Proses ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması", Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C. 13, s.3, ss:1-26

KAHRAMAN, C. ve RUAN, D. (2004), "Multi Attribute Comparison of Catering Service Companies using Fuzzy AHP: The Case of Turkey, International Journal of Production Economies 87, ss: 171-184.

KAHRAMAN, C., RUAN, D. ve DOĞAN, İ. (2003), "Fuzzy Group Decision Making for Facility Location Selection, Information Sciences, Volume:157, ss:135-153

KAPAN, K. (2013), "Bir Üretim İşletmesinde Analitik Hiyerarşi Prosesi İle Tedarikçi Seçimi", Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt: 28, Sayı: 1, Yıl: 2013, ss. 197-231

KHOO, L. P. ve HO, N. C. (1996), "Framework of a Fuzzy Quality Function Deployment System", International Journal of Production Research, 34/2.

KUO, T. C., WU, H_H. ve SHIEH, J. (2009), "Integration of Environmental Considerations in Quality Function Deployment by Using Fuzzy Logic", Expert Systems with Applications 36, ss: 7148-7156.

LEE, A. H. ve LIN, C. Y. (2006), "An Integrated fuzzy QFD Framework for New Product Development", Flexible Services and Manufacturing Journal; 23, 1; ss: 26-47liu

LIN, M., TSAI, Y., CHAO, C. ve CHANG, A. (2004), "Using Fuzzy QFD for Design of Low- and Digital Camera", International Journal of Applied Science and Engineering, 2004/2, ss: 222-233.

LIU, H. T. (2009), "Extension of Fuzzy QFD: From Product Planing to Part Deployment", Expert Systems with Applications 2009/36, ss: 11131-11144.

ÖZDAĞOĞLU, A. (2011) Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama Örnekleri, Tmmob Makine Mühendisleri Odası, Yayın No:570.

RAMASAMY, R. N. ve SELLADURAI, V. (2004), Fuzzy Logic Approach to prioritise Engineering Characteristics in Quality Function Deployment", International Journal of Quality&Reliability Management, vol.21, No.9, ss:1012-1023

SHARMA, R., KUMAR, D. ve KUMAR, P. (2005), "Systematic Faillure Mode Effect Analysis Using Fuzzy Linguistic Modelling", International Journal of Quality&Reliability Management, Vol: 22/9, ss: 986-1004.

TANIK, M. (2010), Improving " Order Handling Process by using QFD and FMEA Metodologies: a case study", International Journal of Quality and Reliability Management., Vol 27, No4, ss:404-423Akın

TEMPONİ, C., YEN, J. ve TIAO, W. A. (1999), "House of Quality: A Fuzzy Logic Based Requirements Analysis", European Journal of Operational Research, 117, ss: 340–354.

WU, M-L. ve CHAN, L-K. (2005), "Systematic Approach to Quality Function Deployment with a Full Illustrative Example", Omega The International Journal of Management Science, ss: 119-139.

YILMAZ, H. (2009), Optimization of the Product Design Through Quality Function Deployment (qfd) and Analytical Hierarchy Process (ahp): a Case Study in a Ceramic Washbasin, İzmir İleri Teknoloji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

ZAİM, S. ve ŞEVKLİ, M. (2002), "The Methodology of Quality Function Deployment with Crisp and Fuzzy Approaches and an Application in the Turkish Shampoo Industry", Journal of Economic and Social Research, Vol. 4, No. 1, ss: 27-32.