

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İMALAT PROGRAMI OLUŞTURMADA ÜRÜN ÖNCELİKLERİNİN
BELİRLENMESİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS

Endüstri Müh. Uğraş GÜNGÖR

Anabilim Dalı: Endüstri Mühendisliği

Danışman: Prof.Dr. Zerrin ALADAĞ

KOCAELİ, 2008

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İMALAT PROGRAMI OLUŞTURMADA ÜRÜN
ÖNCELİKLERİNİN BELİRLENMESİ İÇİN BİR MODEL
ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Müh. Uğraş GÜNGÖR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 26 Mayıs 2008

Tezin Savunulduğu Tarih: 22 Temmuz 2008

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Zerrin ALADAĞ

(.....)

Üye

Yrd. Doç. Dr. Semra BORAN

(.....)

Üye

Prof. Dr. Alpaslan FIĞLALI

(.....)

KOCAELİ, 2008

ÖNSÖZ

Karar verme, hedeflerin gerçeğe dönüştürülebilmesi sürecinde alternatif uygulama planlarından birini seçme süreci olarak tanımlanabilir. Karar verme, tüm sistemlerin temelini oluşturur.

Sosyal hayattan iş hayatına kadar tüm konularda kaçınılmaz olan karar verme süreci, tercihlere bağlı olarak insan ve sistem geleceğini belirlemesi sebebiyle çok önemlidir. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, sistemsel problemlerin çözümü aşamasında karar vericinin teorik bir altyapı ile kalitatif değerleri kantitatif değerlerle bir model içerisinde birleştirebildiği bir araştırma alanı olarak ön plana çıkmıştır. Bu teknikler ile sayısal olarak ifade edilemeyen subjektif ölçütler ile sayısal olarak ifade edilebilen objektif ölçütlerin bütünsel olarak değerlendirilmesi sağlanmakta ve alternatifler arasından seçim yapma imkanına kavuşulmaktadır.

Analitik Hiyerarşi Prosesi(AHP), Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemlerinden biridir. AHP, karar vericilerin karmaşık problemleri; problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterleri ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak veren bir seçim yöntemidir. AHP'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de subjektif düşüncelerini karar verme sürecine dahil edebilmesidir.

Bu çalışmada öncelikle karar verme süreci ve çok kriterli karar verme problemleri ile ilgili geniş bir bakış açısı sunulmuştur. Daha sonra çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi tartışılmıştır. Devamında esnek üretim sistemleri ile ilgili bilgi verilmiştir. Son kısımda uluslararası bir otomotiv firmasının imalat programı oluşturmasında ürün önceliklerinin belirlenmesi için bir model önerisi verilmiştir. Bu kapsamda gövde imalat atölyesindeki imalata alınacak araç tipi sıralama problemine çözüm aranmıştır. Bu uygulama ile atölye tarafından belirlenmiş olan 11 araç tipinin günlük imalat listesinde sıralanması aşamasında göreceli araç tipi öncelikleri bulunmuştur. En önemli araç tipinin günlük imalat sıralamasında en uygun yere yerleştirilmesi hedef alınarak, araç tipi göreceli önem sıralaması belirlenmesine Analitik Hiyerarşi Prosesi ve araç tipi değerlendirme yöntemi ile çözüm sunulmuştur.

Tezimin hazırlanması aşamasında derin bilgi ve deneyimleri ile bana destek veren ve yol gösteren değerli hocam Sn. Prof.Dr. Zerrin ALADAĞ'a, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım araştırma görevlisi Sn.Ümit TERZİ'ye, iş arkadaşlarım Sn.Yunus EGE ve Sn.Hamit PİŞKİN'e öncelikli teşekkürlerimi sunarım. Sevgili Ailem'e ve sevgili Özge KOÇ'a varlıkları sebebiyle teşekkürü bir borç bilirim.

Uğraş GÜNGÖR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
TABLolar DİZİNİ.....	v
SİMGELER.....	vi
ÖZET.....	vii
İNGİLİZCE ÖZET.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. KARAR VERME SÜRECİ VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME	4
2.1. Karar Analizi	4
2.2. Karar Verme Süreci	5
2.3. Karar Verme Yaklaşımı.....	6
2.4. Karar Modelleri.....	7
2.4.1. Belirlilik halinde karar verme	8
2.4.2. Risk halinde karar verme.....	8
2.4.3. Belirsizlik halinde karar verme.....	8
2.4.4. Kısmi bilgi halinde karar verme	9
2.4.5. Rekabet halinde karar verme	9
2.5. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri.....	9
2.5.1. ÇKKV yöntemlerinin sınıflandırılması.....	10
2.5.2. ÇKKV yöntemlerinin karakteristik özellikleri	10
2.5.3. ÇKKV yöntemlerinden analitik hiyerarşi prosesi.....	11
3. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (AHP)	13
3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi'ne Genel Bakış.....	14
3.2. AHP ile Karar Verme Süreci	15
3.3. AHP'nin Karar Verme İlkeleri	16
3.3.1. Ayrıştırma ilkesi.....	16
3.3.2. İkili karşılaştırma ilkesi	17
3.3.3. Sentez ilkesi.....	17
3.4. AHP'nin Temel Aksiyomları.....	18
3.4.1. Terslik.....	18
3.4.2. Homojenlik	18
3.4.3. Bağımsızlık.....	19
3.4.4. Bütünlük	19
3.5. AHP'nin Uygulama Alanları	19
3.5.1. Ekonomi ve yönetim problemleri	19
3.5.2. Politik problemler	20
3.5.3. Sosyal problemler	20
3.5.4. Teknolojik problemler.....	20
3.6. AHP'nin Avantajları	21
3.7. Hiyerarşinin Tasarımı.....	22
3.8. Hiyerarşinin Değerlendirilmesi	23

4. ÜRETİM SİSTEMLERİ	29
4.1. Üretim Kavramı	29
4.2. Üretim Yönetimi	29
4.3. Üretim Planlama	30
4.4. Üretim Sistemlerine Genel Bakış	30
4.5. Esnek Üretim Sistemleri Kavramı	31
4.6. Esnek Üretim Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi	32
4.7. Esnek Üretim Sistemlerinin Özellikleri	33
4.8. Esnek Üretim Sistemlerinin Avantajları Ve Uygulanma Güçlükleri.....	35
4.9. İmalat Hattı Türleri ve Problemleri.....	37
4.9.1. Tek ürünlü imalat hatları	38
4.9.2. Çok ürünlü imalat hatları.....	38
4.9.3. Karma ürünlü imalat hatları.....	38
5. ARAÇ SIRALAMA PROBLEMİNİN AHP İLE İNCELENMESİ	40
5.1. Problem Tanımı ve Yöntem Seçim Gereçekleri.....	40
5.2. Uygulama Yapılan Atölye Hakkında Bilgi	43
5.3. Ana ve Alt Faktörlerin Belirlenmesi.....	44
5.4. Faktörlerin Açıklanması	46
5.4.1 Esneklik.....	46
5.4.2. Kalite	47
5.4.3. İmalat zorluğu	47
5.4.4. Hacim	47
5.4.5. Vardiya dengesi	47
5.5. Hiyerarşi Tasarımı	48
5.6. Hiyerarşinin Değerlendirilmesi ve Analizler.....	49
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	58
KAYNAKLAR.....	61
EKLER.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. AHP'nde hiyerarşi yapısı.....	16
Şekil 3.2. Hiyerarşik yapı örneği.....	22
Şekil 5.1. Ana hiyerarşi tasarımı	48
Şekil 5.2. Alt faktörler hiyerarşisi(esneklik)...	48
Şekil 5.3. Alt faktörler hiyerarşisi(Kalite).....	49
Şekil 5.4. Alt faktörler hiyerarşisi(İmalat zorluğu.....	49

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Göreli önem ölçeği.....	24
Tablo 3.2. İkili karşılaştırmalar matrisi.....	25
Tablo 3.3. Rassallık göstergeleri	27
Tablo 4.1. Tüketici terciğindeki değışimler	34
Tablo 5.1. Atölye araç tipi sınıflandırması.....	45
Tablo 5.2. Ana ve alt faktörler	46
Tablo 5.3. Ana faktörler ikili karşılaştırma matrisi	50
Tablo 5.4. Ana faktörler ikili karşılaştırma analizleri.....	51
Tablo 5.5. Esneklik alt faktörü ikili karşılaştırma matrisi.....	51
Tablo 5.6. Esneklik alt faktörü ikili karşılaştırma analizleri.....	52
Tablo 5.7. Kalite alt faktörü ikili karşılaştırma matrisi.....	52
Tablo 5.8. Kalite alt faktörü ikili karşılaştırma analizleri.....	52
Tablo 5.9. İmalat zorluğu alt faktörü ikili karşılaştırma matrisi	53
Tablo 5.10. İmalat zorluğu alt faktörü ikili karşılaştırma analizleri	53
Tablo 5.11. Maharet faktörü ikili karşılaştırma matrisi	54
Tablo 5.12. Maharet faktörü ikili karşılaştırma analizleri	54
Tablo 5.13. Araç tipi değıerlemesi için faktör katsayılarının belirlenmesi.....	55
Tablo 5.14. Araç tipi değıerleme sonucunda araç tiplerinin önem puanları ve sırası	56

SİMGELER

a_{ij}	: matris elemanı
n	: matris boyutu
w_i	: önem göstergesi, sütun vektörü
W_i	: göreceli önemler vektörü
V_3	: özdeğer vektörü
λ_{\max}	: en büyük özdeğer

Kısaltmalar

AHP	:Analitik Hiyerarşi Prosesi
ÇKKV	:Çok Kriterli Karar Verme
EÜS	:Esnek Üretim Sistemleri
İ	:İyi
max	:Maksimum
M	:Mükemmel
O	:Orta
TO	:Tutarlılık Oranı
TZÜ	:Tam Zamanında Üretim
V	:Vasat
Z	:Zayıf

İMALAT PROGRAMI OLUŞTURMADA ÜRÜN ÖNCELİKLERİNİN BELİRLENMESİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ

Uğraş GÜNGÖR

Anahtar Kelimeler: Analitik Hiyerarşi Prosesi, Çok Kriterli Karar Verme, Karma Ürünlü Üretim Sistemleri

Özet: Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), çok kriterli karar verme yöntemlerinden en çok kullanılan yöntemler arasındadır. AHP kullanılarak sübjektif ve objektif değerlendirmeler bir karar destek modeline dönüştürülebilmektedir. AHP, çok sayıda seçeneği birden fazla kriter açısından değerlendirerek karar vericiye en iyi seçeneğini sunar. AHP, birçok alternatif arasından seçim yapma problemlerinde oldukça kullanılmaktadır. Bu yöntemin uygulanabilirliği; karma ürünlü imalat sistemine sahip otomotiv ana sanayinde, günlük üretim listeleri hazırlanışında araç tipi önem derecesi seçiminde örnek bir uygulama ile gösterilmiştir. Seçim problemi dört aşamalı bir yapısal hiyerarşi olarak tanımlanmıştır. Hedefler, ana ve alt faktörler ve alternatifler hiyerarşiyi oluşturmaktadır. Uygulama sürecinde, sorumlu ekip tarafından ana ve alt kriterler belirlenmiş, kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılarak birbirlerine oranla önem düzeyleri ortaya çıkarılmıştır. Her bir araç tipi bu kriterlere göre değerlendirilerek nispi araç tipi önem dereceleri belirlenmiştir.

A MODEL PROPOSAL FOR PRODUCT PRECEDENCE DETERMINATION IN PRODUCTION SCHEDULING

Uğraş GÜNGÖR

Keywords: Analytic Hierarchy Process, Multiple Criteria Decision Making, Mixed Product Manufacturing Systems

Abstract: Analytic Hierarchy Process (AHP) is one of highly used multiple criteria decision making techniques. AHP provides the transformation of both subjective and objective evaluations to decision support models. AHP evaluates many alternatives over many criteria and find the best alternative as a result of its processes. AHP is very useful in many alternative selection problems. In this thesis, it is studied to determine the importance rating of 11 vehicle types for a production shop of an automotive plant. The selection problem has four hierarchy stages. Goals, criteria, first level sub-criteria and alternatives form the structure of the hierarchy. In the application process, the responsible staff determined the main and sub criteria and compared them to determine the importance rating of these criteria. Finally, for all 11 vehicle types, a normalized and relative rating is calculated by the evaluation of the criteria.

1. GİRİŞ

Karar verme, hedef ve amaçların gerçeğe dönüştürülebilmesi yönünde alternatif eylem planlarından birini tercih etme süreci olarak tanımlanabilir. Karar verme, yönetsel anlamda tüm fonksiyonların temelini oluşturur. Şirketlerin operasyonlarının devamlılığını sağlayabilmeleri, verimliliklerini artırabilmeleri, mevcut başarılarını sürdürebilmelerini ya da başarıyı yakalayabilmelerini, yeni vizyonlar doğrultusunda şirketlerine yön verebilmeleri doğru kararları alabilmelerine bağlıdır.

Karar verme bir organizasyonun temel taşlarından biridir. Doğru kararların alınması rekabetçi avantaj kazanmak ve bu avantajı sürdürmek için daima gereklidir. Günümüzün hızla değişen ve küreselleşen çevresi, başarılı bir işletmenin kaliteli ve bilimsel bir karar verme sürecine sahip olmasını zorunlu kılar. Bu sürece sahip olmak bilgiyi sadece toplayıp işlemek değil, aynı zamanda gelişmiş karar tekniklerinin yardımıyla bilgiyi değerlendirerek karar vermek anlamına gelmektedir.

Pek çok işletmede karar süreci, bilginin toplanması ve analizi için yoğun bir çaba ve zamanı gerektirir. Alternatif eylem planlarının değerlendirilmesine ise çok daha kısa bir zaman ve çaba harcanmaktadır. Analizlerin sonuçları, bir karara varmak için sezgisel olarak değerlendirilmektedir. Oysaki bu durum doğru karar verme süreci için yetersiz kalmaktadır. Alternatif eylem planlarının değerlendirilmesi, karar verme süreci için dikkatle yapılması gereken çok önemli bir etabı temsil etmektedir[1].

Karar verme farklı seçeneklerden en iyisinin seçilmesidir. Karmaşık yönetsel kararlar genellikle, belirsizlik ve risk altında alınır. Çünkü geleceğe ilişkin bilgiler bazı belirsizlikleri içerdiğinden, gelecek ile ilgili kararın en iyi karar olduğunu sonuçları itibarıyla söylemek fazla güvenilir olmaz. Karar vericiler için karar alma veya verme birinci derece öneme sahiptir. İşletmelerin karşılaştığı karar problemlerinin çözümü karar vericilere düşmektedir[2].

Karar problemleri genellikle somut olmayan başka önemli faktörleri de içerir. Bu faktörlerin en başta geleni, birçok karar ortamında insan unsurunun yer olmasıdır. Nitekim karar problemleri üzerinde insan unsurunun çok fazla etkili olduğu, bu yüzden de bu problemlerin matematiksel yollarla çözülmesinin pratik olmadığı yolunda görüşler ileri sürülmektedir. Yöneylem araştırmasında bu eleştirilerin yöneltildiği alanlardan birisi, çok amaçlı programlamadır. Çünkü çok amaçlı problemlere çözüm teknikleri uygulanırken, yöneylemciler genellikle karar vericinin düşüncelerini göz önünde bulundurmamak zorundadır[1,3,4].

Araştırmalar, pek çok günlük kararın sezgisel olarak alınmasının yeterli olmasına rağmen, karmaşık ve hayati kararlar için bu yolun tek başına yeterli olmadığını göstermektedir [1]. Modern karar destek yöntemlerini kullanan işletmeler, küreselleşen iş ilişkilerine öncülük etmekte ve bu ilişkiler ağını yönetmekte başarılı olarak, rekabetçi avantaj sahibi olabilmektedirler. İşletmelerde genel olarak analiz sonuçlarını, sezgisel olarak değerlendirilmektedir. Son yıllarda kullanımı gittikçe artan modern karar destek yöntemlerinden biri de karar verme sürecinde kriterler arasındaki ilişkileri dikkate alan Analitik Hiyerarşi Prosesi(AHP)'dir [2].

AHP; karar vericiye, problem için belirlediği her faktör veya kriter için karşılaştırma imkanı verirken, belirlemiş olduğu faktör ve kriterleri ardı ardına gelen seviyelerde bir hiyerarşik yapı içerisinde sıralamasına da olanak sağlamaktadır [3].

AHP'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de subjektif düşüncelerini karar sürecine dahil edebilmesidir. Bir diğer ifade ile AHP; bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve önsezilerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntemdir [4].

Bu çalışmanın ikinci bölümünde karar verme süreci ve çok kriterli karar verme problemleri ile ilgili geniş bir bakış açısı sunulmuştur. Daha sonra çok kriterli karar verme yöntemlerinde Analitik Hiyerarşi Prosesi tartışılmıştır. Dördüncü bölümde esnek üretim sistemleri ile ilgili bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde uluslararası bir otomotiv firmasının gövde imalat atölyesinde, imalat programı oluşturmada ürün önceliklerinin belirlenmesi için bir model önerisi yapılarak imalata alınacak araçların

sıralama problemine araç tipi bazında önem dereceleri bulunması ile çözüm aranmıştır. Bu uygulama ile atölye tarafından sınıflandırılmış olan 11 farklı ürün tipinin günlük imalat listesinde sıralanması aşamasında araç tipi öncelik sıralaması bulunmuştur. En önemli araç tipinin sıralamada en uygun yere yerleştirilmesi hedef alınarak, bu probleme Analitik Hiyerarşi Prosesi ve ürün tiplerinin değerlemesi ile çözüm sunulmuştur.

2. KARAR VERME SÜRECİ VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

2.1. Karar Analizi

Karar verme herkesin profesyonel ve kişisel hayatının önemli bir parçasıdır. Hayatın her aşamasında bireyler birer karar vericidirler ve karar vermek için uygulanan tekniklerden faydalanabilirler.

Karar analizi birkaç bilim dalı ile ilgili ve iç içe geçmiş bir disiplindir. Karar analizi aynı zamanda spesifik bir kararı inceleme sürecidir. Karar verme, elde edilen ile vazgeçilen değerler arasında denge kurulması durumu nedeniyle oldukça zor bir süreç olabilir. Bazen bir amacı en iyi şekilde karşılayan alternatifi seçmek başka bir amaçtan ödün vermeyi gerektirir. Bazı kararlar ise çok fazla faktörün göz önüne alınması ve değerlendirilmesi sebebiyle zordur. Karar vermeyi zorlaştıran diğer iki faktör ise endişe ve oybirliğine varamamaktır [5].

Geçmişte yöneticiler, kararlarını bugüne göre daha sınırlı bilgi ile ve genellikle deneyim, yargı ve sezgilerine göre vermekteydiler. Günümüzde tecrübe, sezgi ve yargı gibi subjektif unsurlar rasyonel karar almak için gerekli ancak yeterli değildirler [2].

Karar verme süreci günümüzde çeşitli faktörlerin etkisiyle giderek karmaşıklaşmaktadır. Bu durum karar verme sürecine analitik gözle bakmayı gerektirmektedir. Karar verme bir takım problemleri çözerken yeni problemler yaratan dinamik bir süreçtir. Belli bir konuda organizasyonun amaçlarını destekleyen spesifik düzenlemeler başka alanlarla çatışabilir. Bu süreç genel olarak aşama aşama ilerleyerek optimize edilir [6].

Karar analizi, karar problemlerinin matematiksel modelini ortaya koyup, sayısal ve istatistiksel irdemelere bağlı olarak hareket tarzı öneren bir yöntem olarak tanımlanabilir. Tüm diğer modeller gibi karar analizi modelleri de gerçeği ancak yaklaşık olarak yansıtır. Karar analizi modellerinden beklenmesi gereken, soruna ilişkin doğru ve kesin cevabı vermesi değil, aslında çok daha önemli olan problemin önemli özelliklerine derinlemesine yaklaşım getirmesidir. Yapılan çeşitli duyarlılık analizleri ile herhangi bir varsayımdaki küçük bir değişmenin alınan kararı nasıl değiştireceği veya bu değişimlere kararın duyarsız kalıp kalmayacağı irdelenebilir [7].

2.2. Karar Verme Süreci

Karar verme süreci, karar vermek için kullanılan teknik ve yöntemlerin işlevsel düzenini ve bu süreçte izlenen yolu ifade etmektedir. Karar verme süreci ile ilgilenen bir bilim dalı olan Karar Teorisi, ekonomi, istatistik, felsefe, psikoloji, idari bilimler ve yöneylem araştırması gibi farklı disiplinlerden önemli ölçüde etkilenmiştir.

Karar teorisinin öncelikli hedefi, karar verme sürecindeki belirsizliği ve karmaşıklığı azaltmak suretiyle olası alternatiflerin sistematik biçimde değerlendirilmesi için karar vericilere yardım etmektir.

Karar verme süreci birçok araştırmacı tarafından kendi ilgi alanlarına göre incelenmiştir. Glibert ve Israel, karar süreci aşamalarını aşağdaki şekilde detaylı olarak ifade etmişlerdir [8]:

1. Amacın belirlenmesi,
2. Kontrol edilebilen değişkenlerin belirlenmesi,
3. Kontrol edilemeyen değişkenlerin belirlenmesi,
4. Kısmi kontrol edilebilen değişkenlerin ve kısmi kontrol edilebilen değişkenlerle kontrol edilebilen değişkenler arası ilişkilerin belirlenmesi,
5. Amaca bağlı olarak her bir olası kararın etkisinin belirlenmesi,
6. Kararın verilmesi,
7. Sonuçların yorumlanması,
8. Sonraki ęalıřmalar için karar sürecinin yinelenmesi.

Hicks, karar verme sürecinin aşamalarını Glibert ve Israel'den farklı olarak beş aşamada ifade etmiştir [8]:

1. Kararın amaçlarının belirlenmesi,
2. Amaçları karşılayan alternatif yolların bulunması,
3. Değerlendirme kriterlerinin/tekniklerinin belirlenmesi,
4. En iyi eylem tarzının seçimi,
5. Seçilen eylem tarzının uygulanması.

2.3. Karar Verme Yaklaşımı

Rasyonel model, karar vermeye kapsamlı ve sistematik bir yaklaşım sağlar. Her adım temel bir faaliyeti gösterir ve bir önceki adımın üstüne kurulur. Rasyonel modelin 10 adımı aşağıdaki gibi sıralanabilir[5].

1. Gündem Listesi Oluşturma: Herhangi bir karar analizini uygulamaya başlamadan önce hangi problemlerin üzerinde çalışılacağına karar vermek gerekir. Hangi problemlerin hangi sıra ile ele alınacağı ve görelî önemleri belirlenen zaman dilimi içinde tartışılarak sonuca bağlanır.

2. Problemi Tanımlama: Problemin yapısı ve kapsamı belirlenir. Problemin geçmişi, nedenleri, bu problemi ve benzeri problemleri çözmek için geçmişte yapılmış çalışmaların sonuçları belirlenir. Problemin yapısı akış diyagramı ile gösterilecekse burada belirtilir.

3. Amaçlar: Problem birden çok ortağı etkiliyorsa bu ortaklar ve temel öncelikleri tanımlanır. Tüm amaçlar tanımlanır. Tek bir amaç içeren problemler için bu bölüm problemi tanımlama bölümüne dahil edilebilir.

4. Alternatifler: Her bir alternatif tanımlanır. Alternatif listesinin nasıl çeşitlendirilebileceği, kapsamlı hale getirilebileceği tartışılır. Seçimin göz önüne alınan alternatifler arasından yapılacağı sebebiyle en iyi çözümün analize dahil edilmesi önemlidir.

5. Tahmin: Tahminlerin nasıl oluşturulduğu tanımlanır. Her bir alternatif için uygulandığı takdirde neler olabileceği belirtilir. Kesin olmayan olaylar ve bunların ortaya çıkma olasılıkları tartışılır. Tahminlerin güvenilirliği tartışılır. Tahmin edilen her parametre için güven aralığı belirlenir.

6. Karşılaştırma: Tek amaçlı problemler için, ilgili karşılaştırmalar yapılarak en iyi puanı alan alternatif belirlenir. Çok amaçlı problemler için ise, her bir alternatifin her bir amacı ne kadar gerçektelediğini gösteren bir tablo hazırlanır. Elde edilen ile vazgeçilen değerler arasında denge kurularak uygunluk durumu açıklanır.

7. Seçme: Gerçekleştirilen duyarlılık analizleri açıklanır. En iyi alternatif, tavsiye edilen alternatif ya da alternatifler ve niçin tavsiye edildikleri açıklanır.

8. Uygulama: Bir alternatif seçildikten sonraki alternatifin başarı ile uygulama planının ne kadar iyi yürütüldüğu gözlemlenir. Uygulama süreci; girdi, süreç, çıktı ve etki olmak üzere dört adımda gerçekteştirilerek analiz edilir.

9. İzleme: İzleme çalışma durumunun takip edilmesidir. Bu uygulama sürecinin değiştiği her adımını kontrol etmeyi gerektirir.

10. Değerlendirme: Orijinal problemin çözüldüğu ve kapsamın incelendiği, hareket yönünün değerlendirildiği ve gerek görölüyorsa ne kadar düzeltici ek faaliyetin uygun olacağının görüşüldüğu aşamadır.

2.4. Karar Modelleri

Karar verme aşamasında oluşturulan modeller arasındaki farklılıklar, beklenen çıktıların değerlendirilmesi ve karar vericinin duruma bakış açısı ve aynı zamanda tecrübe seviyesinden kaynaklıdır.

Karar verme süreçlerinin genel olarak sınıflandırması şu şekildedir[8]:

1. Belirlilik halinde karar verme,
2. Risk halinde karar verme,
3. Belirsizlik halinde karar verme,
4. Kısmi bilgi halinde karar verme,
5. Rekabet halinde karar verme.

2.4.1. Belirlilik halinde karar verme

Karar verme durumuna ait değerlendirilmesi gereken tüm faktörlerin açık olduğu ve bilindiği varsayımı halinde belirlilik halinde karar verme söz konusudur. Gerçek hayatta, böylesi bir belirlilik oldukça ender görülür. Ancak, tam bilgi varsayımından hareketle, bir analiz için belirlenecek üst sınırının saptanması bazı durumlarda yararlı olabilmektedir.

Belirlilik halinde, her bir seçime ilişkin olarak tam bilgi vardır. Karar verici, alternatiflerin çıktılarını analiz edebileceği bilgiye sahiptir. Belirlilik, karar vericinin haberdar olma durumunu da yansıtır. Karar verici, amacına en uygun olan alternatifi kolayca seçebilir. Dolayısıyla en büyük kazanç değeri amacın en iyi başarıma derecesi olur ve karar kriteri en büyük kazancın seçimidir [8].

2.4.2. Risk halinde karar verme

Her bir seçeneğin belirli bir sonuca götüreceğinin bilindiği, ancak karar verici tarafından bilinen bu sonuçların birer olasılık olduğu ortamdır Risk kavramında önemli olan ölçülebilme ve kestirilebilmedir. Bir işletmede çeşitli nedenlerle ortaya çıkacak risklerin doğuracağı zararların önceden kestirilebilmesi için risk planlaması yapılmalıdır ve riskin maliyeti hesaplanmalıdır.

2.4.3. Belirsizlik halinde karar verme

Belirsizlik halinde karar verme, bir kararı izleyen çıktılarının gerçekleşme olasılıkları belirli değildir. Böylesi tümü ile belirsiz bir ortama, gerçek hayatta ender rastlanılır. Genellikle konu ile ilgililerin tecrübe ve birikimlerine dayanılarak bu olasılıklar

kestirilebilir. Bu durumda ise risk altında karar verme sorunu ortaya çıkar. Ayrıca, geçmiş dönemlerin verilerini temel alarak da çıktılarının olasılıkları belirlenebilir. Böyle bir yaklaşım yanlış kişisel yargılara bağlı olarak ortaya konan olasılıklardan daha tutarlı sonuçlar verebilir [8].

2.4.4. Kısmi bilgi halinde karar verme

Veri dağılımının tipi (Normal, Poisson, Binominal vb.) belirlendiği zaman ve dağılımın parametreleri ile karakteristikleri (ortalama, mod, medyan, çarpıklık, basıklık) hakkında bilgi varsa, karar problemi yalnız kısmi bilgiler ile karar vermeyi gerektirir. En iyi karar için olaylar hakkında ek bilgiler istenebilir. Ek bilgilerin de dahil edilmesiyle daha geçerli olasılık tahminleri yapılır ve son kararın verilebilmesi için ön olasılıklar güncellenir [8].

2.4.5. Rekabet halinde karar verme

Günümüz piyasa koşullarında rekabetin üst düzeyde olması sebebiyle, işletmelerin iç problemlerine en iyi çözümü bulması kendi gelişimleri ve devamlılıkları açısından yeterli olmayacaktır. Bundan dolayı kontrolü dışında olan durumlarda dahi rakipleri karşısında kendisine en çok getiriye getirecek stratejiyi belirlemesi gerekecektir [8].

2.5. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), bir karar vericinin sayılabilir sonlu ya da sayılamaz sayıda alternatiften oluşan bir seçenekler kümesinde, en az iki kriter kullanarak yaptığı seçim işlemi ya da başka bir ifadeyle, iki yada daha çok kritere dayalı değerlendirme yaparak alternatifler arasından seçim yapması olarak tanımlanabilir.

Çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmaktaki amaç, alternatif ve parametre (kriter) sayılarının fazla olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karar sonucunu mümkün olduğu kadar kolay ve çabuk elde etmektir.

ÇKKV’de nihai karar, kriterler arası ve kriterler içi karşılaştırmalara dayanır. Kriterler arası karşılaştırmada, kriterler birbirleriyle kıyaslanırlar. Bu kıyaslamadaki amaç, kriterlerin öncelik sırasını belirlemek yani kriterlerin karar verici için önem derecelerini belirlemektir. Kriterler içi kıyaslama ise, belirli bir kriter esas alındığında, hangi alternatifin o kriterde daha seçilebilir olduğunu tespit etmek için yapılır. Son karar, bu iki kıyaslamamın sentezi sonucunda verilir[9].

2.5.1. ÇKKV yöntemlerinin sınıflandırılması

ÇKKV yöntemleri çeşitli şekillerde sınıflandırmaktadırlar. Seçenek sayısına göre sınıflandırma ise şu şekilde yapılabilir [10]:

Çok Amaçlı Karar Verme: Seçeneklerin bir matematiksel programlama yapısı ile dolaylı olarak tanımlandığı ve sonsuz sayıda olduğu sürekli durumlarda kullanılır. Bir tasarım problemidir ve çözüm için matematiksel optimizasyon teknikleri gerektirir. Hedef programlama, tamsayılı çok amaçlı programlama, dinamik programlama bu sınıfa dahil edilebilecek yöntemlerdendir.

Çok Kriterli(Ölçütlü) Karar Verme: Alternatiflerin sonlu sayıda olduğu ve listelenebildiği kesikli durumlarda kullanılır. Bir tasarım probleminden çok seçim problemidir. Matematiksel optimizasyon araçları gerektirmeyebilir. Puanlama modelleri, AHP, ANP, TOPSIS (Technique for Ordered Preference by Similarities to Ideal Solution), ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la REalite) bu grupta sayılabilecek yöntemlerdendir.

2.5.2. ÇKKV yöntemlerinin karakteristik özellikleri

ÇKKV problemlerinin ortak karakteristik özellikleri aşağıda açıklanmıştır [10].

Alternatifler: Yüzlercesi arasından sınırlı sayıdaki alternatifler ayıklanır, önceliklendirilir, seçilir ve/veya sıralanır. Örneğin, yüzlerce dizüstü bilgisayar seçeneklerinden bazılarının seçilmesi gibi...

Çok kriterlilik: Her problem birden fazla kritere sahiptir. Her problem setinde ilgili kriterler belirlenir. Kriterlerin nicelik ve niteliği problemin yapısına bağlıdır. Karar için değerlendirilmesi gereken birçok faktör olmasına rağmen; karar verici, kendi yargısı ile en önemli bulduklarını kriter olarak kabul edebilir.

Aynı birimle ölçülme: Her kriter farklı ölçüm birimlerine sahip olabilir. Bir otomobil alımı aşamasında yakıt tüketimi analizi 100km/litre birimi ile ifade ederken, otomobil satış fiyatı Türk Lirası ile ifade edilir. Güvenlik ise sayısal olmayan yollardan ifade edilir. Sağlıklı bir karar alabilmek, tüm bu birim farklılıklarının giderilmesi yani ortak değerlendirme birimi oluşturulması ile mümkündür.

Kriter ağırlıkları: Hemen hemen bütün ÇKKV yöntemleri, her kriterin görelî önemini bulabilmek için bilgiye dayalı kabullenmeler ve değerlendirmeler yapar. Bilgiye dayalı bu ağırlıkların bulunması için literatürde birçok yöntem geliştirilmiştir.

Karar matrisi: ÇKKV problemleri basit olarak bir matris formatında ifade edilebilir. Burada sütunlar, verilen problemdeki kriterleri; satırlar ise alternatifleri belirtir.

2.5.3. ÇKKV yöntemlerinden analitik hiyerarşi prosesi

İşletmelerde genel olarak analiz sonuçlarını, sezgisel olarak değerlendirilmektedir. Araştırmalar, pek çok günlük kararın sezgisel olarak alınmasının yeterli olmasına rağmen, karmaşık ve hayati kararlar için bu yolun tek başına yeterli olmadığını göstermektedir [2].

Modern karar destek yöntemlerini kullanan işletmeler, globalleşen iş ilişkilerine öncülük etmekte ve bu ilişkiler ağını yönetmekte rekabetçi avantaj sahibi olabilmektedirler. Son yıllarda kullanımı gittikçe artan modern karar destek yöntemlerinden biri de karar verme sürecinde kriterler arasındaki ilişkileri dikkate alan Analitik Hiyerarşi Prosesi(AHP)'dir [2].

AHP; karar vericiye, problem için belirlediği her faktör veya kriter için karşılaştırma imkanı verirken, belirlemiş olduğu faktör ve kriterleri ard arda gelen seviyelerde bir hiyerarşik yapı içerisinde sıralamasına da olanak sağlamaktadır [3].

AHP'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de subjektif düşüncelerini karar sürecine dahil edebilmesidir. Bir diğer ifade ile AHP; bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve önsözlerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntemdir [4].

3. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (AHP)

1970'li yıllarda Profesör Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), çok kriterli karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan bir karar verme yöntemidir. AHP, karar vericilerin karmaşık problemleri; problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterleri ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak verir. AHP'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de sübjektif düşüncelerini karar verme sürecine dahil edebilmesidir. AHP; bilginin, deneyimin, düşüncelerin ve önsezilerin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir problem çözme yöntemidir. Karar verme problemlerinde insan yargılarının kullanımı son zamanlarda dikkat çeken bir ölçüde artmıştır. AHP ile karar vericilerin farklı psikolojik ve sosyolojik durumlardaki gözlemleri de dikkate alınarak kendi karar verme mekanizmalarını oluşturması sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu yöntemle karar vericilerin daha etkin karar vermeleri amaçlanmıştır [11].

AHP'nde karar vericinin amacı doğrultusunda faktörlerin ve faktörlere ait olan alt faktörlerin belirlenmesi ilk adımdır. AHP'nde öncelikle amaç belirlenir ve bu amaç doğrultusunda amacı etkileyen faktörler saptanmaya çalışılır. Bu aşamalarda karar sürecini etkileyen tüm faktörlerin belirlenebilmesi için anket çalışmasına veya bu konuda uzman kişilerin görüşlerine başvurulabilir.

AHP, birbiriyle çelişen, ölçülebilir ya da soyut kriterleri dikkate alan, çok sayıda seçenek arasından seçim yapan bir karar verme yöntemidir. AHP, karar teorisinde yaygın uygulama alanı olan bir yöntem olup rasyonel tercihleri ve sezgileri karar verme sürecinin içine katabilmek için kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır [12].

Teorinin başarısı, basitliğinden ve değişik koşulların her birinde aynı şekilde kullanılabilme özelliğinden kaynaklanmaktadır [13]. Ayrıca AHP, karar verici

tarafından yapılan ikili görelî kıyaslamaların ne kadar tutarlı olduğunun ölçülmesini sağlamaktadır.

3.1. Analitik Hiyerarşı Prosesi'ne Genel Bakış

1970'lerin başında, Thomas Lorie Saaty, ABD Savunma Bakanlığı silahsızlanma, Orta Doğu Sorunu, ulaştırma sistemi geliştirilmesi gibi askeri tabanlı karmaşık problemler üzerinde çalışmıştır. Yöneylem araştırması ve matematik alanına birçok teorik katkıda bulunan Profesör Saaty, giderek karmaşıklaşan modelleme yaklaşımlarının karar problemlerinin çözümünde beklenen etkiyi yapmadığını görmüş ve karmaşık karar problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere matematiksel sadeliği sebebiyle kolay anlaşılabilir ve uygulanan bir teknik geliştirme uğraşına girmiştir. Çalışmalarının sonucunda bugün Analitik Hiyerarşı Prosesi (Analytical Hierarchy Process) adı ile de anılan tekniği geliştirmiştir. AHP, karar vericilerin çok farklı alanlardaki karar problemlerini yapılandırma ve analiz etme sürecine büyük başarı ile hizmet etmiş ve yoğun olarak uygulaması yapılmıştır[14].

AHP, insanoğlunun hiçbir şekilde kendisine öğretilmeyen fakat var olduğundan bu yana karar verme sorunu ile karşılaştığında içgüdüsel olarak benimsediği karar mekanizmasıdır. İçgüdüsel mekanizma, karar sürecinde doğal olarak niteliksel kriterleri de göz önünde bulundurmaktadır. Bu sebeple AHP'nin gücü, diğer çoğu yaklaşımla ele alınması zor veya mümkün olmayan ama kararları etkileyen bu gibi etkenleri de ele alabilmesinden kaynaklanmaktadır[3].

AHP içinde, karmaşık problemleri basitleştirip, daha kolay anlaşılabilir hale getiren ve problemi oluşturan bileşenler arasındaki ilişkiyi gösteren bir karar metodolojisi bulunmaktadır[3].

AHP; kişileri nasıl karar vermeleri gerektiği konusunda bir yöntem kullanmaya zorunlu kılmak yerine, onlara kendi karar verme sistemlerini tanıma imkanı sağlayarak daha iyi karar verilmesini sağlayan bir karar verme modelidir[3].

AHP; karar vericiye, problem için belirlediği her faktör veya kriter için karşılaştırma imkanı verirken, belirlemiş olduğu faktör ve kriterleri ard arda gelen seviyelerde bir hiyerarşik yapı içerisinde sıralamasına da olanak sağlamaktadır [3].

AHP'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de subjektif düşüncelerini karar sürecine dahil edebilmesidir. Bir diğer ifade ile AHP; bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve öngörülerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntemdir [4].

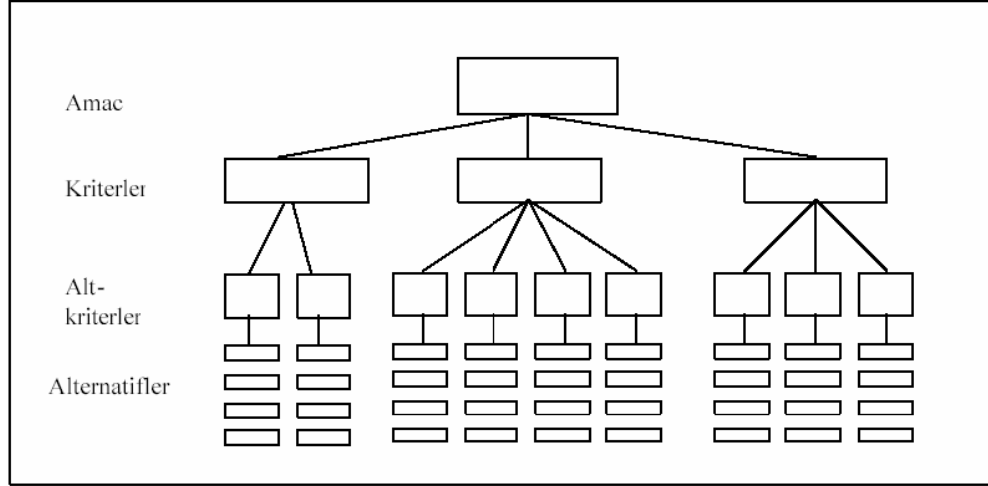
3.2. AHP ile Karar Verme Süreci

AHP ile karar verme süreci aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır[15]. Bu aşamaların oluşmasında problem sahibinin gözlem ve sezgileri modelleme için bir girdi teşkil etmektedir. Problemi küçük parçalar haline getirip, genel sonuca yaklaşmak için küçük parçaları sentezlemek temel yaklaşımdır.

1. Karmaşık bir problemin alt öğelere ayrılarak öğeler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve hiyerarşik yapının tanımlanması.
2. Karar vermede etkin olabilecek duyguların ve fikirlerin ortaya çıkarılması.
3. Alt öğelerin dallandırarak ve düzenleyerek hiyerarşik yapının fonksiyonel bağımlılık içeren şekilde oluşmasının sağlanması.
4. Aynı gruptaki diğer alt öğelere bağlı olarak sayısal değerlendirme ile yapının anlamlı sayılarla ifade edilmesi.
5. Hiyerarşinin alt öğelerinin önceliğinin belirlenmesi.
6. Karar seçeneklerini belirlemek için bu önceliklerin birleştirilmesi ve genel sonuç için daha önceki aşamada elde edilen değerlerle sentez edilmesi.

7. Daha önce alt öğelere verilen sayısal değerlerin değiştirilerek son kararın duyarlılığının analiz edilmesi ve kararın değerlendirilmesi.

AHP'nde yapısal hiyerarşi Şekil 3.1 ile şu şekilde gösterilir.



Şekil 3.1: AHP'nde hiyerarşi yapısı

3.3. AHP'nin Karar Verme İlkeleri

AHP ile karar verme sürecinde dikkate alınacak temel 3 ilke vardır [16].

1. Ayrıştırma
2. İkili karşılaştırma
3. Sentez

3.3.1. Ayrıştırma ilkesi

Problemin temel öğelerinin belirlenmesi için hiyerarşinin yapılandırılmasını içerir. Amaçtan başlayarak kriterlerin, alt kriterlerin ve alternatiflerin hiyerarşik yapılandırılmasıdır. Böylece problem genelden daha özel yapılara bölünerek detaylandırılmış ve belirginleştirilmiş olur. En alt seviyedeki kriterlere ulaşıncaya kadar süreç devam eder. İlk adım ile karar problemini daha kolay kavranması ve değerlendirilmesini sağlayacak hiyerarşik bir düzende alt problemlere ayrıştırma

sürecini belirlemek hedeflenir. Özetle, karar hiyerarşisinin kurulması anlamına gelir. Karar hiyerarşisinin en tepesinde ana hedef yer almaktadır. Bir alt kademe kararın kalitesini etkileyecek kriterlerden oluşmaktadır. Bu kriterlerin ana hedefi etkileyebilecek özellikleri varsa, hiyerarşiye başka kademeler eklenebilir. Hiyerarşinin en altında karar alternatifleri yer almaktadır. Karar hiyerarşisinin kurulmasında hiyerarşinin kademe sayısı, problemin karmaşıklığına ve detay derecesine bağlıdır [17,18].

3.3.2. İkili karşılaştırma ilkesi

İkinci düzeydeki öğelerin, birinci düzeydeki genel amaç karşısındaki görelî önceliklerinin ikili karşılaştırılmasını yapmak için bir matrisin oluşturulmasını içerir. Ölçüm tanımlamama durumu var ise bu süreç karar verici tarafından yapılabilir. İkili karşılaştırmalar sonucunda hiyerarşide aynı düzeyde yer alan tüm öğelerin yerel öncelikleri belirlenmiş olur. Elde edilen değerlendirmeler oluşturulan bir matriste bir araya getirilir. Değerlendirmeler belli bir ölçüğe göre ya da kişilerin/grupların fikir, sezgi, yargılarına göre yapılır[19].

Karşılaştırmalı yargılar veya ikili karşılaştırmalar AHP'nin ikinci temel adımını oluşturmaktadır. İkili karşılaştırma terimi iki faktörün/kriterin birbirleriyle karşılaştırılması anlamına gelir ve karar vericinin yargısına dayanır. İkili karşılaştırmalar karar kriterlerinin ve alternatiflerin öncelik dağılımlarının kurulması için tasarlanmıştır[19].

3.3.3. Sentez ilkesi

AHP'nin karar verme ilkelerinin uygulamasında önceliklerin sentez edilmesi ilkesi uygulanır. Hiyerarşinin en alt düzeyinden elde edilen önceliklerden problemin bütünü için ya da hiyerarşide en üst düzeyde yer alan genel kriter için öncelikler belirlenir.

İkili karşılaştırma matrisleri geliştirildikten sonra karşılaştırılan her elemanın önceliğinin hesaplanmasına geçilmektedir. AHP'nin bu bölümü sentezleme adıyla

tanımlanır. Öncelik vektörlerinin kurulmasında lineer cebir tekniklerinden faydalanılmaktadır. Sentez aşaması, en büyük özdeğer ve bu özdeğere karşılık gelen özvektörün hesaplanmasını ve normalize edilmesini içermektedir. Bu amaçla kullanılan çeşitli yöntemler mevcuttur. Ancak literatürde en yaygın olarak kullanılan normalizasyon yönteminde her sütunun elemanları o sütunun toplamına bölünür. Elde edilen değerlerin satır toplamı alınıp, bu toplam satırdaki eleman sayısına bölünür [11,20]. Bu şekilde her kriter için öncelik vektörleri bulunur.

3.4. AHP'nin Temel Aksiyomları

Saaty tarafından belirlenen modelde temel olarak alınacak 4 aksiyom vardır [16].

Bunlar;

1. Terslik
2. Homojenlik
3. Bağımsızlık
4. Bütünlük, aksiyomlarıdır.

Belirtilen tüm aksiyomların temel alınmadığı modeller yetersiz kalacaktır.

3.4.1. Terslik

Karar verici tarafından yapılan ikili karşılaştırmalar terslik koşuluna bağlı olarak yapılmalıdır.

Terslik aksiyomu için temel mantık şu şekilde özetlenebilir. A ve B, onların bir üst düzeyinde yer alan C ana kriterine bağlı iki kriter olsun. A ile B karşılaştırıldığında, eğer A, B'den x kat büyükse, B'de A'dan $1/x$ kat büyük olmalıdır.

3.4.2. Homojenlik

Hiyerarşide tanımlanmış benzer öğeler birbirleriyle karşılaştırılmalıdır. Karşılaştırılan öğelerde fark belirginse kümeleme ile karşılaştırma sağlanmalıdır.

3.4.3. Bağımsızlık

Tercihler ifade edildiği zaman, kriterlerin seçeneklerin özelliklerinden bağımsız olduğu varsayılır.

3.4.4. Bütünlük

Problemin bütününe yönelik bir çözüm sunmak ve karar vermek için hiyerarşik yapının tüm problemi içeren şekilde tamamlanmış olması gerekir.

3.5. AHP'nin Uygulama Alanları

AHP çeşitli endüstri kuruluşlarında, resmi kuruluşlarda ve birçok alanda başarıyla uygulanmıştır. Başlıca uygulama alanları aşağıda sunulmuştur[2, 21, 22].

3.5.1. Ekonomi ve yönetim problemleri

- Performans analizi
- Veri tabanı seçimi
- Ürün tasarımı
- Muhasebe/Finans
- Sermaye yatırımı
- Karar destek
- Üretim
- Politika/Strateji
- Pazarlama
- Risk analizi
- Strateji planlama
- Kaynak tahsisi
- Makro ekonomik tahminler
- Kaynak seçimi
- Tesis yeri seçimi
- Grup karar verme

- Ulaştırma
- Tahminler

3.5.2. Politik problemler

- Silah kontrolü
- Politik adaylık
- Global etkiler
- Güvenlik sistemlerinin değerlendirilmesi
- Uluslar arası görüşmeler ve çelişkiler
- İş ve halk politikaları
- Komplo teorileri

3.5.3. Sosyal problemler

- Rekabet ortamı
- Eğitim
- Hukuk
- Çevresel etkiler
- Tıp
- Sağlık
- Nüfus dinamikleri
- Kamu sektörü

3.5.4. Teknolojik problemler

- Pazar seçimi
- Portföy seçimi
- Teknoloji transferi
- Bilgisayar ve bilgi seçimi
- Uzay araştırmaları
- Yazılım seçimi
- Programlama dili seçimi

- Platform seçimi

3.6. AHP'nin Avantajları

Saaty'ye göre AHP'nin esas özellikleri ve avantajları şu şekilde sıralanabilir [2,21,23]:

1.Model tekliği ve benzersizliği: AHP birçok karar verme problemine uygulanabilecek nitelikte anlaşılması kolay olan esnek bir yöntemdir.

2.Karmaşıklık: AHP karar verme sürecinde kullanılan faktörlere ilişkin hem yerel hem de global ağırlıkları incelemeye fırsat verir.

3.Bağımlılık: AHP'nde tek yönlü bir bağımlılık söz konusudur.

4.Hiyerarşik yapılanma: AHP karar verme problemlerinin hiyerarşik yapılanmasında birinci seviyede amaç, ikinci seviyede faktörler, üçüncü seviyede de alternatifler yer alır.

5.Ölçme: AHP, karar verme sürecinde kullanılan faktörleri ikili karşılaştırmalar kullanarak ölçer ve her faktör ve alt faktör için bir ağırlık değeri hesaplar.

6.Uyumluluk: AHP, karar verme sürecinde kullanılan ikili karşılaştırma karar matrisinin tutarlılığını inceler ve daha hassas ve mantıklı sonuçlar alınmasını sağlar.

7.Birleştirmek: AHP her alternatif için bir öncelik değeri hesaplar.

8.Ödünleşim: AHP, karar verme sürecinde kullanılan faktörlere bağlı olarak alternatif önceliklerini belirler ve sonucunda bu öncelikleri birleştirir.

9.Yargı ve grup uyumu: AHP karar verme sürecinde birden fazla karar vericinin yargılarını birleştirmeye imkan sağlar.

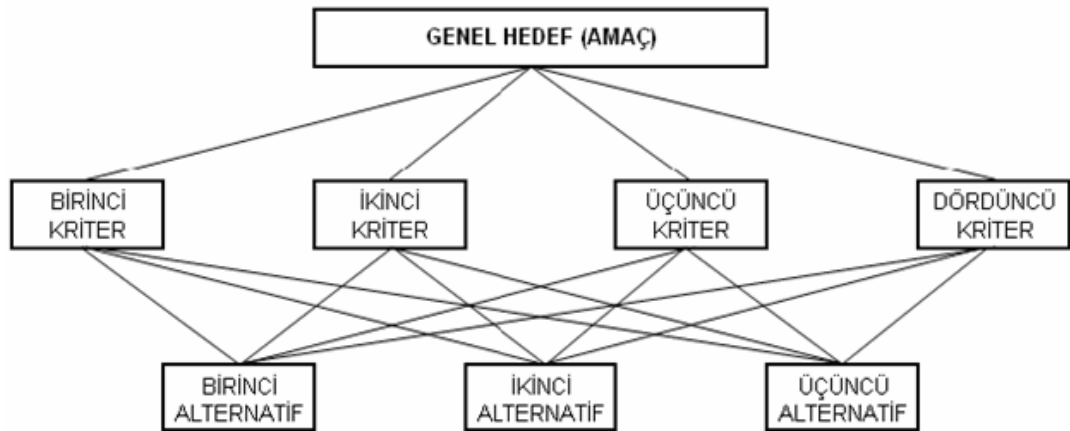
10.Sürecin Tekrarı: AHP karar vericilerinin yargılarını karar verme sürecinde değiştirmesine imkan sağlayan esnek bir yöntemdir, ayrıca karar verme sürecinde kullanılan faktör ve alt faktörlerin değiştirilmesine de imkan sağlar.

3.7. Hiyerarşinin Tasarımı

Hiyerarşi tasarımı, AHP’de karar vericinin amacı doğrultusunda kriterlerin ve ona ait olan alt kriterlerin belirlenip, hiyerarşik yapının oluşturulması ilk adımdır. AHP’de öncelikle amaç belirlenir ve bu amaç doğrultusunda seçimi etkileyen kriterler ortaya konur. Daha sonra kriterler göz önüne alınarak potansiyel alternatifler belirlenir. Sonuçta karar için hiyerarşik bir yapı oluşturulmuş olur [24].

Hiyerarşinin en alt seviyesi tüm mümkün alternatiflerden oluşurken en üst seviye genel hedefi gösterir. Aradaki bir veya daha fazla seviye karar kriterlerini ve alt kriterleri ifade eder [25].

Hiyerarşik yapı, günlük hayatta karşılaşılan ve modeli kurulan problemlerin yapı taşıdır. Karar verici hiyerarşik yapıyı oluşturma süreci içinde modelini bu temel yapı üzerinde oluşturmaktadır. Şekil 3.2’de hiyerarşik yapı örneği verilmektedir [24].



Şekil 3.2: Hiyerarşik yapı örneği

Hiyerarşi tasarımı problemle ilgili bilgi ve deneyimlere dayalı olarak belirir. Farklı iki bakış açıları ile iki farklı hiyerarşik yapı tanımlanabilir.

Hiyerarşi tasarımı ile karar verici tüm kriter ve seçenekler üzerinde değerlendirme yapma imkanına sahip olur. Değerlendirme işlemi aynı seviyedeki kriterleri birbirine göre değerlendirmek ve bu işlemi yaparken diğer kriterlerle ilgilenmemek üzerine kuruludur.

Saaty tarafından hiyerarşi, tasarımında dikkate alınması gereken kriterler şu şekilde belirtilmiştir[23].

- Problemin mümkün olduğunca bütünüyle temsil edilmesi
- Çözüme girdi sağlayacak nitelik ve niceliklerin belirlenmesi
- Problemle ilişkili sistem elemanlarının belirlenmesi

Saaty tarafından ayrıntılı bir hiyerarşi tasarımı için aşağıdaki süreç tanımlanmıştır [23].

- Bütünsel amacın belirlenmesi
- Bütünsel amaca bağlı olarak alt kademe amaçların belirlenmesi
- Genel amaç ve alt amaçlara ulaşmada gereken kriterlerin belirlenmesi
- Her kritere ait alt kriterlerin belirlenmesi
- Problemle ilgili kişi ya da grupların belirlenmesi
- Bu kişi ve grupların amaçlarının belirlenmesi
- Bu kişi ve grupların amaçlarının bütünsel amaç ile ilişkilendirilmesi
- Sonuçların ya da alternatiflerin belirlenmesi
- Sonuçlar üzerinde analizler yapılması
- Marjinal değerler ile analizlerin yapılması

3.8. Hiyerarşinin Değerlendirilmesi

Hiyerarşi kurulumu sonrası hiyerarşiyi oluşturan öğelerin birbirlerine göre üstünlükleri hesaplanır. Bu noktada karar vericinin kişisel bilgi ve deneyimlerinden yargı oluşur. İkili karşılaştırmalar sayısal değerlerle yapılır ve matrisler oluşturulur. Aynı düzeyde iki öğe arasındaki her bir karşılaştırma, bir üst düzeyde bağlı oldukları

öge açısından hangisinin daha önemli olduğunu belirler. Önem derecesinin belirlenmesi için ölçek çok önemlidir.

Saaty tarafından ikili değerlendirmelerde kullanılmak üzere görel bir ölçek geliştirilmiştir [15]. Tablo 3.1’de verilen görel önemlilik ölçeği AHP’nin temel ölçeğidir. Hiyerarşinin her düzeyindeki benzer öğeler bir önceki düzeydeki kriterler açısından karşılaştırılır. Bu karşılaştırmalardan elde edilecek sonuçlar Tablo 3.1’de verilen ölçekte yer alan sayılar cinsinden ifade edilir. Görel önemlilik ölçeği, 1’den 9’a kadar olan değerlerin anlamlarını göstermektedir. Hiyerarşideki elemanlar bir üst kademedeki elemana göre, görel önemliliklerinin belirlenmesi için ikili olarak karşılaştırılır.

Tablo 3.1: Görel Önem Ölçeği

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	Öğeler amaca eşit önemde katkı sağlıyor.
3	Orta önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre biraz daha fazla tercih edilir.
5	Güçlü önemde	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre çok daha fazla tercih edilir.
7	Çok güçlü önemde	Bir faaliyet diğerine göre çok güçlü şekilde tercih edilir.
9	Son derece önemli	Bir faaliyet diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.
2,4,6,8	Ara değerler	Değerlendirmeyi yapmakta sözler yetersiz kalıyorsa sayısal değerlerin ortasındaki değer verilir.

İkili karşılaştırma matrisinde bir öğenin kendisiyle karşılaştırılması 1 sayısı ile ifade edileceğinden matrisin köşegenlerine 1 değerleri yerleştirilir. Tablo 3.2’de bu yapı açıklanmıştır.

Tablo 3.2: İkili karşılaştırmalar matrisi

	A ₁	A ₂	A _n
A ₁	w ₁ / w ₁	w ₁ / w ₂	w ₁ / w _n
A ₂	w ₂ / w ₁	w ₂ / w ₂	w ₂ / w _n
:	:	:	:	:
A _n	w _n / w ₁	w _n / w _n

n elemanlı bir matriste $n(n - 1) / 2$ adet karşılaştırma yapılır. Bunun nedeni, matrisin diyagonal köşegeninde öğelerin kendileriyle karşılaştırılmalarından dolayı 1 değerlerinin yer almasıdır. Matriste diyagonal köşegenin üst tarafındaki eleman sayısı kadar değerlendirme yapılması gereklidir. Çünkü diyagonal köşegenin altında kalan değerlendirmeler, köşegenin üstünde yapılan değerlendirmelerin tersidir.

Tablo 3.2’de gösterilen ilişkiler matematiksel olarak;

$$w_i / w_j = a_{ij} \quad (i,j=1,2,\dots,n) \quad \text{ile ifade edilir.} \quad (3.1)$$

Bu durumda A matrisini tüm a_{ij} değerleri; w_i / w_j değerine eşit, pozitif ve $a_{ij} = 1/ a_{ji}$ özelliğine sahip değerler olacaktır. Bu durumda karşılaştırmalar matrisi A aşağıdaki duruma dönüşür;

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{1j} & 1 & & \dots \\ \dots & & 1 & \dots \\ 1/a_{1n} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Farklı kriterlerin Tablo 3.1’de gösterildiği gibi ikili karşılaştırmaları yapılarak bir matris oluşturulur.

Matristeki w_i / w_j terimi, amaca ulaşmak için i. kriterin j. kriterden ne kadar daha önemli olduğunu ifade etmektedir. Bu değerlendirmede Tablo 3.1’de gösterilen ölçek kullanılmaktadır. Örneğin bu değer 5 ise, i. kriterin j. kritere göre kuvvetli düzeyde önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda benzer şekilde j. kriter de i. kritere göre 1/5 düzeyinde önemli olmaktadır.

İkili karşılaştırma matrisinden öncelik vektörü elde edilir. Öncelik vektörü matrisin asıl öz vektörüdür. Niteliksel özelliklere verilen ağırlıklar olarak ifade edilen karar öncelikleri, ikili karşılaştırmalar matrisinin öz vektörü şeklinde ortaya çıkar. Öz vektör yardımıyla kriterin göreceli önemi en alt kriterden en üst kritere kadar belirlenmektedir. Böylece hiyerarşinin en alt düzeyinde bulunan seçeneklerin en üst düzeyde yer alan amaca uygunluğu toplam göreceli üstünlüklerden hesaplanabilmektedir.

Kriterlerin göreceli önemleri bulunarak matris tutarlılığı hesaplanır. Kriterlerin göreceli önemlerini hesaplamak için, her bir satırın geometrik ortalaması alınarak “ w_i ” sütun vektörü oluşturulur. Oluşturulan sütun vektörü normalize edilerek, göreceli önemler vektörü “ W_i ” hesaplanır. Matristeki her bir satır göreceli önemler vektörü ile çarpılarak V_2 sütun vektörü elde edilir. Daha sonra bu vektörün her elemanı, göreceli önemler vektöründe karşı gelen elemana bölünerek V_3 vektörü hesaplanmakta, V_3 sütun vektöründe yer alan en büyük özdeğer, λ_{\max} ’ı vermektedir. Son adım, tutarlılık göstergesinin ve tutarlılık oranının bulunmasıdır. Bu değerler

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3.3)$$

$$\text{Tutarlılık Oranı (TO)} = \frac{\text{Tutarlılık Göstergesi}}{\text{Rassallık Göstergesi}} \quad (3.4)$$

ifadeleriyle hesaplanmaktadır. Tutarlılık oranının 0,1’den küçük çıkması halinde matrisin tutarlı olduğu kabul edilir. Yapılan bir çalışma sonucu 1–15 boyutundaki

matrisler için rastsalılık göstergeleri Tablo 3.3'teki gibi bulunmuştur [16]. Tablodaki n değeri matris boyutudur.

Tablo 3.3 : Rassallık göstergeleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rassallık göstergesi	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Karar verme modellerinde son kararın sağlıklı verilmesinde etkili olan faktörlerden biri de tutarlılıktır. Tutarlı olmak rasyonel düşünüşün olmazsa olmazı olarak kabul edilir. AHP'de bütün karar verme sürecinin ve hiyerarşisinin tutarlılık derecesi hesaplanabilmektedir. Bu orana bakarak hiyerarşinin geçerliliği hakkında değerlendirme yapmak mümkündür. Bu ölçü, karar vericinin ikili karşılaştırmalardaki yanlış değerlendirmeleri tespit edebilmesine imkan verir. Bu imkan yalnızca dikkatsizce yapılan hataların azaltılabilesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda yapılan bir ya da daha fazla sayıda karşılaştırmadaki hataları ya da abartılı değerlendirmeleri gösterir. Ama uygulamada tam anlamıyla tutarlı olmak neredeyse imkansızdır. Karar verme aşamasında analiz yapmak ancak bir miktar tutarsızlığa müsaade etmekle mümkün olabilir.

AHP, mükemmel tutarlılığı zorunlu tutmamaktadır. Tutarsızlığa izin vermekte ancak her yargılamada tutarsızlığın ölçümünü sağlamaktadır. İkili karşılaştırma yargılarının tutarlılığını ölçmek için Saaty tarafından önerilen bir TO kullanılmaktadır [11]. TO, her ikili karşılaştırma matrisi için hesaplanır. Bu oran için Saaty tarafından önerilen üst limit 0,10'dur. Diğer bir ifade ile, öğelerin tamamen rastlantısal bir şekilde karşılaştırılmış olma olasılığının % 10 olduğunu ifade etmektedir. Eğer yargılar için hesaplanan TO, 0,10'un altında ise yargıların yeterli bir tutarlılık sergilediği ve değerlendirmenin devam edebileceği kabul edilmektedir. Yargıların TO'su 0,10'un üstünde ise yargılar tutarsız kabul edilmektedir. Bu durumda yargıların kalitesinin iyileştirilmesi gerekir. TO yargıların yeniden gözden geçirilmesiyle düşürülebilir. Ancak bu işlemde başarısız olunursa, problemin daha doğru bir biçimde tekrar

kurulması ve karar sürecinin en baştan ele alınması gerekir [18]. Kısaca TO'nun %10'dan büyük olması bazı değerlendirmelerin çelişkili olduğunu gösterir.

4. ÜRETİM SİSTEMLERİ

4.1. Üretim Kavramı

Üretim, sosyal bilimciler ve fen bilimciler için farklı anlamlar taşır. Sosyal bilimciler üretimi, fayda yaratmak şeklinde tanımlar. Fen bilimciler ise fiziksel varlık üzerinde onun değerini artıracak bir değişiklik yapmayı, hammadde veya yarı mamulleri, kullanılabilir bir mamule dönüştürmeyi üretim sayarlar [26].

İnsanların gereksinimleri doğa tarafından tam olarak karşılanamadığından üretim faaliyeti ortaya çıkmıştır. Bir faaliyetin üretim olabilmesi için üretim faktörleri adı verilen unsurların belirli şartlar ve yöntemlerle bir araya getirilmesi zorunludur. Modern üretim, çok sayıda unsurdan oluşan bir birleşimdir. Sosyal bilimcilere göre üretim, toprak, işgücü ve sermaye faktörlerinin birleşimidir [26].

4.2. Üretim Yönetimi

Üretim yönetimi, işletmenin elinde bulunan malzeme, makine ve insan gücü kaynaklarının belirli miktarlardaki mamulün istenilen kalitede, istenilen zamanda ve mümkün en düşük maliyetle üretimini sağlayacak biçimde bir araya getirilmesidir [26].

Üretim yönetimi, tüketici isteklerinin fiyat, zaman, miktar ve kalite açısından en iyi şekilde karşılanması; stok düzeyinin mümkün olduğu kadar düşük tutulması veya stok devrinin artırılması; işletmenin insan gücü ve makine kaynaklarından yararlanma derecesinin yükseltilmesi amaçlarını gerçekleştirmeye çalışır[27]. Üretim yönetiminin amaçlarının önemli bir özelliği birbirleri ile çelişir olmalarıdır. Hem mamul stoklarını minimum düzeyde tutmak, hem müşteri isteklerini zamanında karşılamak veya malzemeye yapılan yatırımları düşük tutarken insan ve makine

gücünü tam kapasite ile çalıştırmak aynı anda gerçekleştirilmesi güç olan amaçlardır [26].

4.3. Üretim Planlama

Endüstride verimliliğin artması; insan gücü, materyal ve donatım araçları gibi üretim kaynaklarının olanağına göre en verimli biçimde kullanılmasıyla gerçekleştirilebilmektedir. İnsan gücü olanaklarının ve maddesel olanakların en verimli biçimde kullanılmaları için yapılan planlama, izleme, kontrol, ısmarlama, stoklama, alım çalışmaları üretim planlaması ve kontrolü işlevinin kapsamına girmektedir. Çağdaş endüstride üretim olanaklarından her zaman daha çoğu beklenilmektedir. Üretimi artırma yolunda büyük çabalar harcanılmaktadır. Üretim planlama ve kontrolü, bu nedenle gün geçtikçe artan bir önem kazanmaktadır [28].

Üretim planlamanın amacı, gerek duyulan (tahminlerle saptanmış) mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılacak tüm kaynakların istenen yer ve zamanda, istenen miktarda bulundurulmasını garanti etmek ve kaynak israfını (boş zaman, aşırı hammadde ve ürün stoku tutma) minimum yapmaktır. Üretim faktörlerinin, yani hammadde ve malzemelerin, insan gücünün ve sermaye mallarının nitelik ve miktarları, üretilmesi düşünülen ürünün nitelikleri ve miktarı ile doğrudan ilişkilidir [29].

4.4. Üretim Sistemlerine Genel Bakış (Otomotiv Sanayi)

Müşteri zevk ve ihtiyaçlarının sürekli olarak değiştiği günümüzde, pazarların görünümü ve yapısı tüketiciler tarafından belirlenmekte, değişik ürün yaratmak günümüz rekabetinin temelini oluşturmaktadır. Üretilen ürün çeşitliliğinin fazla olması üretimde esneklik kavramını gündeme getirmiştir. Çevresel faktörlerdeki değişimlere tepki vermek ve uyum sağlamak organizasyon yapısının dinamik olmasına ve üretim sürecinin esnekliğine bağlı olmaktadır. İşletmedeki esnek yapı arttıkça tüketici istek ve davranışlarına daha hızlı yanıt verilebilmekte, hedef kitle ya da pazar korunup büyütülebilmektedir. Günümüzde ürün çeşidinin fazlalığı, yüksek kalite ve müşteri odaklı olma ilkesi, işletmelerin düşük, orta hacimli ve orta çeşitte

Üretim yapan sistemlere yönelmesine neden olmuştur. İŐte bu ihtiyaçı esnek üretim sistemleri karŐılayabilmektedir [30].Tüketicilerin zevk ve tercihlerine göre değişen ve farklılaŐan talep koşullarında ürünü istenilen nitelikte üreten ve bir üründen diğer bir ürüne geçıŐte zaman ve maliyet kaybı unsurunu en aza indiren sistemlerdir. Buna karşın esnek üretim sistemlerini uygulayan işletmelerde maliyetleme ile üretim tekniği arasında sorunlar çıkabilmektedir. Yeni retim teknolojilerinin kullanılması ile birlikte, mamulün maliyetinde bulunan direkt ve endirekt giderlerde değişiklikler meydana gelmiştir. Çünkü direkt iŐçilik giderlerinin payı azalırken, genel üretim giderlerinin payı artmıştır [30].

4.5. Esnek retim Sistemleri Kavramı

GeliŐen ve değişen dünyada işletmelerin verimliliklerinin arttırılmasında, teknolojiadaki deĐiŐmelere uyum sağlamak büyük önem taŐımaktadır. Pazarın yapısının tüketiciler tarafından belirlendiği ve müşteri istek ve gereksinimlerinin sürekli olarak değiştiği günümüzde, klasik üretim sistemlerinin yerini, otomasyona dayalı, daha esnek sistemler olmaya başlamıştır. Buna bağlı olarak, farklı ürünlerin retilbilmesi rekabetin temelini oluŐurmaktadır. retilabilen ürün çeşitliliğinin fazla olması ve üretim miktar olarak deĐiŐtirilmesi, üretimde esneklik kavramını gündeme getirmiştir. Günümüzde işletmeler, ürün çeşidinin fazlalığı, yüksek kalite, müşteri odaklı olma gibi nedenlerden dolayı, orta hacimli ve orta çeşitte üretim yapan Esnek retim Sistemlerine yönelmiŐlerdir [30].

Esnek retim Sistemleri (ES), merkezi bilgisayar tarafından kontrol edilen, otomatik taşıma sistemleriyle birbirine bağlanmış ve iş istasyonlarıyla desteklenen otomatik nümerik kontrollü takım tezgâhlarının oluŐturduĐu üretim sistemleridir [31].

Esnek retim sistemleri, denetleyici bilgisayarlar, otomatik takım tezgahları ve otomatik malzeme taşıma sistemlerini kapsayan, takımlar ve taşıma donanımlarının, istenilen özelliklere uygun, farklı ürünlerden üretmek için bilgisayar verisiyle yönlendirildiği üretim sistemleridir [32].

Esnek üretim sistemleri, materyal akışı, bilgisayar kontrolü, iletişim, üretim ya da montaj işlemlerinin bütünleştirilmesini ifade eden bir kavramdır [33].

Esnek üretim sistemleri, farklı parça ve ürünleri önemli bir değişiklik ya da tezgah duruşuna gerek kalmaksızın, üretebilme kabiliyeti olan sistemlerdir[34]. Yukarıdaki tanımlardan da anlaşılacağı üzere, esnek üretim sistemleri, robotlar, otomatik malzeme taşıma sistemleri ve nümerik kontrollü tezgahlar ile desteklenmiş, bilgisayar kontrollü, iki ya da daha fazla esnek üretim hücresinden oluşan sistemlerdir[30].

4.6. Esnek Üretim Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi

Yüksek teknolojilerin kullanılmadığı 1940'lı yıllardan önce torna, freze gibi belli işlemleri yapabilen bağımsız tezgahlar kullanılmıştır. 1940'lı yılların sonlarından itibaren ortaya çıkan teknolojik gelişmeler elektronik alanındaki ilerlemelerle desteklenmiştir. İlk olarak; Nümerik Kontrollü Tezgahlar (NC-Numerical Controlled) geleneksel tezgahlara, eklenerek oluşturulmuştur. Nümerik Kontrollü Tezgahları, her bir tezgah takımını kontrol edecek bir mikrobilgisayar kullanımı esasına dayanan Bilgisayar Kontrollü Nümerik Tezgahların (CNC- Computer Numerically Controlled) ortaya çıkışı izlemiştir. Programlamanın kolay oluşu nedeniyle, çeşitli parçalar küçük partiler halinde üretilebilmişlerdir. Doğrudan Nümerik Kontrollü Sistemlerin geliştirilmesi sonucu ise, merkezi bir bilgisayarın mini ve makro bilgisayarlar aracılığı ile çeşitli tezgahları denetlemesi mümkün olmuştur. İngiltere'de Molins firması için çalışan araştırmacı Theo Williamson 1960'lı yılların başında "esnek işletme sistemi" buluşunu yapmıştır. "Sistem 24" olarak adlandırılan bu sistemin patentini ise 1965 yılında almıştır. Sistem 24 ile tek amaçlı olarak kullanılan bir nümerik kontrollü tezgahı ve konveyör bir araya getirilerek işlenecek parçaların makineler arasında otomatik transferi sağlanmıştır. 1960'lı yıllarda robotlar, malzeme taşıma sistemleri ve bilgisayar kontrol teknolojilerinde sağlanan küçük hacimlerdeki partiler halinde daha ekonomik bir

şekilde üretilmesine olanak veren esnek üretim sistemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur [30,35].

Mikroelektronik teknolojisindeki ilerlemelere paralel olarak esnek üretim sistemlerinin sağladıkları yararlar kısa zamanda yüksek çeşit ve düşük hacim üreticileri tarafından keşfedilmiş ve bu sistemler sanayinin her alanında yaygın hale gelmeye başlamıştır. Günümüzde ise esnek üretim sistemleri birçok gelişmiş ülkede uzun yıllardan beri kullanılmaktadır[30].

4.7. Esnek Üretim Sistemlerinin Özellikleri

Günümüzde pazarın yapısı, türleri ve üretilen malların özellikleri tüketiciler tarafından belirlenmektedir. Tüketiciler sürekli olarak yeni ve farklı ürünler istemekte ve bu durum talepte hem esneklik hem de dalgalanma oluşturmaktadır. Böylece üretimde hız ve esneklik ön plana çıkmaktadır. İşletmelerin bu talepleri karşılayabilmeleri ancak yeni üretim teknolojilerine uyum sağlamalarıyla mümkün olabilecektir. Tablo 4.1’de üretim sistemlerindeki gelişmelere bağlı olarak tüketici tercihlerindeki değişimler gösterilmektedir. Bu tabloya göre, 1960’lı yıllardaki tüketici tercihlerinde, etkinlik, kalite ve esnekliğin; 1990’lı yıllardaki tüketici tercihlerinde ise bu faktörlere ek olarak benzeri olmayan, orijinal veya farklı ürünlerin rol oynadığı görülmektedir. Ayrıca tabloda; tüketici tercihlerindeki değişimlerin, dönemler itibariyle etkinlik, kalite, esneklik ve yenilik kriterleri göz önüne alınarak gerçekleştiği görülmektedir. Bu değişimlerin gerekçesi olarak; teknolojik değişimin hızlı bir şekilde olması, rekabetin artması, ekonomik koşullarda yaşanan gelişmeler ve bunun sonucunda işletmecilik ilkelerinde görülen değişimler ifade edilebilmektedir. Tüketici davranışları analiz edildiğinde, onların istek ve beklentilerini ancak maksimum tatmin veya memnuniyet sağlayabilecek mamul veya ürünlerle karşılanabileceği rahatlıkla görülebilecektir. Tablo 4.1’de tüketici tercihindeki değişimlerle ilgili bir analiz tablosu verilmiştir. Başka bir ifade ile tüketiciler veya alıcılar, işletme faaliyetlerinin planlanması ve uygulanmasında belirleyiciliği en fazla olan faktörlerden biri haline gelmişlerdir [30].

Tablo 4.1: Tüketici tercihindeki değişimler [35]

1960'lı Yıllar	1970'li Yıllar	1980'li Yıllar	1990'lı Yıllar
Etkinlik	Etkinlik	Etkinlik	Etkinlik
	+	+	+
	Kalite	Kalite	Kalite
		+	+
		Esneklik	Esneklik
			+
			Yenilik

Esnek üretim sistemleri, yoğun otomasyon ve teknoloji ağırlıklı üretimin yapıldığı, üretim faktörlerinin hızla üretime yönlendirilebildiği ve zamanında tüketiciye ulaştırarak nakde çevrildiği, insanların bu ortama uyum gösterdiği ve değişikliklere hızla yanıt verebildiği üretim süreci olarak ifade edilmekte ve genel özellikleri şu şekilde sıralanmaktadır [36].

Esnek üretim sistemleri ürün çeşidinin fazla olduğu işletmelerde uygulanmaktadır. Esnek üretim sistemleri aynı gruptan olup farklılık gösteren ürünleri üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Genel amaçlı makine teçhizatı içermektedir. Genel amaçlı makine-teçhizat ve malzeme taşıma sistemini kontrol eden ana bir bilgisayar bulunmaktadır. Mamul, yarı mamul ve hammadde otomatik bantlarla, malzeme ve taşıyıcılarla hareket edebilmektedir. Makineler üzerinde gerçekleşen otomatik değişikliklerle farklı parçaların üretilmesi mümkün olabilmektedir.

Üretimde personel müdahalesi asgariye indirilmiştir. Fabrikaya hammadde girişinden mamul çıkışına kadar kalite kontrol, tasarım, üretim gibi tüm işlemler otomasyona dayalı olarak bilgisayarlar ile gerçekleştirilmektedir[30].

4.8. Esnek Üretim Sistemlerinin Avantajları Ve Uygulanma Güçlükleri

Esnek üretim sistemlerinin büyük ölçüde bilgisayara dayalı olmalarına karşın, sistemin kurulmasında yöneticilerin işletme amaçlarını tam ve doğru olarak tanımlamaları büyük önem taşır. Yöneticiler, performans ölçütlerini ve çalışma kurallarını belirledikten sonra sistem kendi içinde önceliklerini belirleyerek siparişleri optimuma yakın bir şekilde çizerler. Böylece sistem, tezgahların çalışma zamanlarını belirlemeden, parçaların tezgahlar arasındaki hareketini düzenlemiş olur [37].

Esnek üretim sistemlerinin amacı; makine operasyonlarının planlama ve kontrolünü, bilgisayara dayalı bütünleşmiş kontrol sistemleriyle birleştirmektir. Bu bağlamda; esnek üretim sistemleri, değişik ürünleri kısa sürede kaliteli üretebilmek ve yapılan hassas kontrollerle meydana gelebilecek darboğazlar ve makine aksaklıkları gibi sorunları tespit edip gerekli bakım tedbirlerini hızlı bir biçimde almak şeklinde iki önemli avantaj sunmaktadır [38]. Söz konusu avantajların sağlanabilmesi, üst yönetim tarafından işletme amaçlarının yeniden gözden geçirilmesi ve çok iyi tanınması, her bir işlevin amacının ve bu işlevlerin işletme stratejilerini nasıl etkilediğinin çok iyi anlaşılması ve tüm bunların işletmenin her kademesinde görev alan tüm çalışanlara benimsetilmesi ile gerçekleştirilebilir.

Esnek üretim sistemleri işletmelere birçok avantaj sağlarken bu avantajların elde edilmesi esnasında birtakım problemleri ya da uygulama güçlüklerini de beraberinde getirmektedir. Esnek üretim sistemlerinde ilk yatırım maliyeti çok yüksektir. Her esnek üretim sistemi milyonlarca dolarlık bir yatırımı gerektirmektedir. Bu denli yüksek yatırımı gerektiren bir sistemin kuruluş ve planlama aşamalarında yapılacak çalışmaların titizlikle gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Çünkü bu tip yatırımlar finansal risk yanında, örgütsel birtakım riskler de içermektedir [39].

Esnek üretim sistemleri uzun dönemli bir yatırımdır. Sistemin devreye sokulması uzun bir süre gerektirmektedir. Sistemden beklenen sonuçlar hemen alınamamakta ve uzun bir dönemin sonunda alınabilmektedir. Bu nedenle işletme yöneticilerinin sistemden beklenen sonuçları almakta aceleci davranmamaları sistemin başarısı açısından önemlidir. Bunun yanında anahtar teslim dayalı bir esnek üretim sisteminin kurulması da mümkün değildir. Kurulacak sistemin, işletmenin özel ihtiyaçlarına göre tasarlanması gerekmektedir. Sistemin başarısı işletmeye özgün modellerin ortaya çıkarılabilmesine bağlıdır. Esnek üretim sisteminin başarısı işletme içerisinde her kademedeki çalışanların desteğini gerektirmektedir. Hem üst yönetim, hem de orta kademe ve alt kademe çalışanları böyle bir oluşumu desteklemeli ve benimsemelidir. Bununla birlikte sadece imalatta çalışanların değil, işletme içerisindeki çalışanların sistemin tasarımı ve işletimi sırasında karar verme yetkisine sahip olması ve sisteme destek vermesi gerekmektedir. Sistemin başarısı ancak katılımcı yönetim sağlanması ile mümkün olmaktadır[30].

Esnek üretim sistemlerinin kurulması sırasında işletme, sistem ekipmanlarının direkt kuruluş maliyetleri yanında, birtakım dolaylı maliyetlere de katlanmak zorunda kalmaktadır. Bunlar içerisinde en önemli olanlardan biri yazılım maliyetleridir. Kullanımı kolay, sistemin esnekliğinden tam olarak yararlanabilmeyi sağlayan bir yazılımın mevcut olmaması yanında, yazılım maliyetleri çok fazla olabilmektedir. Esnek üretim sistemlerinin gerektirdiği ileri teknolojiye sahip makine seçecek, kuracak, çalıştıracak ve bakımını gerçekleştirecek bilgi ve deneyime sahip programları oluşturacak çok sayıda uzman elemana gereksinim vardır. Bu tür uzmanlıktaki elemanların istihdamı konusunda sorunlar yaşanabilmektedir. Esnek üretim sistemi, sistem analistleri, yazılım uzmanları, elektronik bakım teknisyenleri gibi geleneksel fabrikada mevcut olmayan elemanların işletmede bulunmasını gerekli kılmaktadır. Esnek üretim sistemlerinde malzeme taşıma, parçaların makinelerde işlem görmesi, takım değişiklikleri gibi pek çok işlemin otomatik olarak yerine getirilmesi nedeni ile doğrudan üretimde çalışan elemanların sayısı azalmaktadır. Bunun yanında destek hizmetlerinde çalışacak elemanlara olan ihtiyaç da artmaktadır[30].

Esnek üretim sistemlerinin en büyük özelliği sistemin doluluk oranının yüksekliğidir. Bu durum üretim sisteminde üretim faaliyetlerinin sürekliliğini ifade eder. Makinelerde kullanım oranının yüksekliği, bakım-onarım, yedek parça ve servis işlemlerine ödenen paranın da artmasına neden olur. Makine gruplarının, bilgisayar donanımının bakım planlaması kapsamında yenilenmesi, onarımı ve muayenesi ise yüksek düzeyde maliyet unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır. Aynı zamanda sistemdeki programlama işleminden kontrol işlemine, malzeme taşıma ve depolama sisteminden kullanılan makinelere kadar her birimin yüksek düzeyde enerji gereksinimi bu maliyetlerde artan bir duruma neden olmaktadır[30].

4.9. İmalat Hattı Türleri ve Problemleri

İmalat hattı, bir ürünü oluşturan parçaların aralarında öncelik ilişkileri gözetilerek, bir hat boyunca sıralanan iş istasyonlarında birleştirildiği üretim sistemleridir. Birçok ürün, stok noktaları ve imalat hatları şebekesi ile birleştirilen alt imalat ve parçaların beslediği imalat sistemleri ile üretilmektedir. İmalat hattı, her birinde bir veya birden fazla işlemin yapıldığı iş istasyonları ve bunları birbirine bağlayan banttardan oluşmaktadır [40].

Kitle üretim sistemlerinin en önemli ögesi olan imalat hatları çeşitli kriterlere göre çok farklı şekillerde sınıflandırılabilir. İmalat hatları ürün çeşitliliğine göre genel olarak üç gruba ayrılmaktadır.

1. Tek ürünlü (single-model) imalat hattı
2. Çok ürünlü (multi-model) imalat hattı
3. Karma ürünlü (mixed-model) imalat hattı

Başlangıçta tek bir ürünün üretilmesi için tasarlanan imalat hatları kullanılıyor iken, kitle üretim sistemlerinin gelişmesine paralel olarak çok ürünlü ve karma ürünlü imalat hatlarının kullanımları gündeme gelmiştir.

Yukarıdaki ayrımın yanı sıra imalat hatları işlem sürelerinin deterministik veya stokastik olarak ele alınmasına göre iki alt gruba da ayrılabilir. İşlem

sürelerinin deterministik olduğu imalat hattı problemlerinde işlem sürelerinin bilindiği ve birimden birime herhangi bir değişim göstermediği varsayılmaktadır. İşlem sürelerinin değişken olduğu stokastik dengeleme problemlerinde ise süreler belirli bir olasılık dağılımı ile temsil edilir [41].

4.9.1. Tek ürünlü imalat hatları

Tek ürünlü imalat hatları, tek tip bir ürünün veya modelin üretildiği hatlardır. Talep düzeyi imalat hattı kapasitesinin tamamının kullanacak kadar büyüktür. Tek ürünlü imalat hatlarının temel yönetim problemleri; çevrim süresinin belirlenmesi, iş istasyonları sayı ve sırasının belirlenmesi ve imalat hattının dengelenmesidir.

4.9.2. Çok ürünlü imalat hatları

Çok ürünlü imalat hattı, bir ürünün birden fazla model veya tipinin partiler halinde üretildiği hatlardır. Başlangıçta imalat hattı belirli bir ürünün üretimi için hazırlanmakta ve istenen üretim hacminden sonra diğer ürünlerin üretimleri için imalat hattında gerekli düzenlemeler yapılarak ikinci ürünün parti üretimi gerçekleştirilmektedir. Süreç bu şekilde diğer ürünler için devam etmektedir.

Her bir ürün türü için parti büyüklüklerinin belirlenmesi talep düzeylerine ve hattın işletim maliyetlerine bağlıdır. Farklı ürünlerin parti sırası ise imalat hattı hazırlık (üretim değişimi) maliyetlerinden etkilenmektedir.

4.9.3. Karma ürünlü imalat hatları

Karma ürünlü imalat hattı, aynı anda birden fazla farklı ürünün tek bir imalat hattında peş peşe üretebildiği imalat hatlarıdır. Bir ürünün değişik modellerinin aynı anda karışık olarak üretildiği imalat hatlarında, karmaşık tasarım ve işletim problemleri ile karşılaşmaktadır.

Okamura ve Yamashita [42], etkin bir karma ürünli imalat hattının oluşturulması ve işletilebilmesi için izleyen dört problemin çözüme kavuşturulması gerektiğini belirtmektedir:

1. İmalat hattının çevrim süresinin belirlenmesi,
2. Hat üzerindeki iş istasyonlarının sayı ve sırasının belirlenmesi,
3. İmalat hatlarının dengelenmesi,
4. Farklı ürünlerin üretim sırasının belirlenmesi.

Yukarıda verilen ilk üç problem türü daha çok imalat hattının tasarım aşaması ile ilgilidir.

Thomopoulos [43], iki veya ikiden daha fazla ürünün öncelik diyagramlarını tek bir diyagram halinde birleştirerek, birleşik öncelik diyagramı kavramını tanıtmıştır. Bütünleşik öncelik diyagramı farklı ürünler arasında öncelik ilişkilerinde bir çelişkinin olmadığı durumlar için geçerlidir [44].

Bu çalışmanın konusu dördüncü problem türünü kapsamaktadır. Hattın işletim aşaması ile ilgili olan farklı ürünlerin üretim sırasının belirlenmesi problemleri, kuruluşların üretim sistemlerinin yapısına uygun olarak benimsediği hedefleri doğrultusunda çözümlenmelidir.

İmalat hattındaki üretim sırasının uygun bir şekilde yapılması iş istasyonlarının, iş yüklerinin dengelenmesinin yanı sıra; üretim hattında kullanılan parçaların kullanım miktarlarındaki değişimi de büyük ölçüde ortadan kaldıracaktır.

Karma ürünli imalat hatları sıralama problemleri Tam Zamanında Üretim(TZÜ) sistemlerinin uygulandığı işletmeler için özel bir önem kazanmıştır. TZÜ sisteminde, büyük miktarlarda stok tutulmadan ve sonradan karşılamaya gerek kalmadan müşteri isteklerinin karşılanması mümkün olmaktadır. Ancak TZÜ sisteminin doğasındaki “çekme” işleminden dolayı üretim sırası son imalat hattına, yani son ürün seviyesine bağımlıdır. Bu nedenle diğer üretim seviyelerindeki üretim sırası da dolaylı olarak son imalat hattı için önemlidir.

5. ARAÇ SIRALAMA PROBLEMİNİN AHP İLE İNCELENMESİ

5.1. Problem Tanımı ve Yöntem Seçim Gerekçeleri

İmalat hatlarındaki verimlilik artışı, kapasiteyi artıracığı ve maliyeti azaltacağı için oldukça önem arz etmektedir. Yüksek hacimlerdeki standart ürünlerin üretilmesinde, genellikle imalat hatları kullanılmaktadır. Bir imalat hattı, ürünü oluşturmak üzere bileşenlerinin monte edildiği ve malzeme taşıma sistemi ile birbirine bağlanmış iş istasyonları dizisi olarak tanımlanmaktadır.

İmalat hatlarında oluşan ürün sıralama problemleriyle ilgili yapılan çalışmalar 1950'li yıllarda başlamış olmakla birlikte, problemin yapısı günümüz üretim sistemlerinin tasarımıyla da uyumlu durumdadır.

Günümüzün rekabetçi ortamında işletmelerin kalite ve verimliliklerini arttırmaları zorunlu hale gelmiştir. Üretim yapan işletmelerin kalite ve verimliliği arttırabilmeleri üretimde yapılacak iyileştirmelerle mümkündür. Söz konusu iyileştirmelerin kapsamı oldukça geniş olmakla birlikte, verimliliği amaçlayan çalışmaların bir bölümü üretim hatlarının çalışma sistemlerine yöneliktir.

Bir işletmede ürünlerin üretilmesi veya işlemlerin yerine getirilmesi için zaman ve sıralama açısından yapılan plana üretim çizelgesi denilmektedir. Üretim çizelgeleme, pek çok imalat şirketlerinin üretim planlamasının önemli bir parçasıdır ve proseslerde/imalatta önemli bir karar verme problemidir. Çizelgeleme, üretim ve hizmet sistemlerinin operasyon kontrollerinin önemli bir yönünü oluşturmaktadır. Etkili çizelgeleme, gelecekte operasyon fonksiyonlarında, müşteri memnuniyetini ve pazar hacmini arttırmada önemli bir faktör olacaktır.

Karma ürünlü imalat hattı, aynı anda birden fazla farklı ürünün tek bir imalat hattında peş peşe üretebildiği imalat hatlarıdır. Bir ürünün değişik modellerinin aynı

anda karışık olarak üretildiği imalat hatlarında, karmaşık tasarım ve işletim problemleri ile karşılaşmaktadır.

Hattın işletim aşaması ile ilgili olan farklı ürünlerin üretim sırasının belirlenmesi problemleri, kuruluşların üretim sistemlerinin yapısına uygun olarak benimsediği hedefleri doğrultusunda çözümlenmelidir.

İmalat hattındaki karma ürünlerin üretim sırasının uygun bir şekilde yapılması iş istasyonlarının, iş yüklerinin dengelenmesinin yanı sıra; üretim hattında kullanılan parçaların kullanım miktarlarındaki değişimi de büyük ölçüde ortadan kaldıracaktır.

Karma ürünlü imalat yapan otomotiv firmalarında çizelgeleme problemleri, genellikle çizelgelemenin detaylarından ötürü karmaşıktır. Bu detaylar, kaynak kısıtları, zaman kısıtları, öncelik ilişkileri, öncelikler ve hazırlık kısıtları olarak gruplandırılabilir.

Uluslararası piyasalardaki müşterilerin sürekli değişen ihtiyaçlarını ve isteklerini karşılamak için artan rekabet baskısı, işletmeleri etkin ve verimli üretim yapmaya zorlamaktadır. Bu ihtiyaçları karşılamak için toplam kalite yönetimi, yalın imalat, tam zamanında üretim, esnek imalat sistemleri, eş zamanlı mühendislik gibi prensip ve felsefeler geliştirilmiştir.

Karma ürünlü imalat yapısındaki ürün çeşitliliği ve imalat kompleksitesi, otomotiv sanayinde günlük araç çizelgesinin tüm faktörlerin değerlendirileceği bir karar verme sistemi ile oluşmasını zorunlu kılmıştır. Çok kriterli çizelgeleme problemi yapısı otomotiv firmalarında imalat sistemlerinin yönetsel anlamda en ciddi karar verme problemlerinden birisidir.

AHP, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. AHP, karar vericilerin karmaşık problemleri; problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterleri ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak veren bir seçim yöntemidir. AHP'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de sübjektif düşüncelerini karar verme sürecine dahil edebilmesidir. Tüm bu temel

özellikleri ile AHP, günlük ürün (araç) sıralama problemine çözüm getirecek yapıdadır.

AHP ile yapılacak uygulama ile uluslararası bir otomotiv firmasının imalat programını oluşturmada ürün önceliklerinin belirlenmesi için bir model önerisi yapılacaktır. Bu kapsamda gövde imalat atölyesindeki imalata alınacak araçların, sıralama problemine çözüm aranacaktır. Atölye tarafından sınıflandırılmış olan 11 ürün (araç) tipinin günlük imalat listesinde sıralanması aşamasında göreceli araç tipi öncelikleri bulunacaktır. Bu göreceli öncelik sıralaması ile aynı zamanda 11 araç tipinin gövde imalat atölyesi tarafından önem derecesi belirlenecektir. En önemli araç tipinin, günlük üretilecek araç listesinde en uygun yere yerleştirilmesi gerekliliği hedef alınmıştır. AHP ile tüm faktörler değerlendirilerek, faktörlerin normalize edilmiş nihai önem dereceleri belirlenecektir. Bu önem dereceleri ile her bir araç tipi puanlandırılacak ve araç tipi önem dereceleri bulunarak araç tipleri arasında önem sıralaması yapılmış olacaktır.

Atölye açısından önem derecesi doğru belirlenememiş araç tiplerinin günlük imalat listelerinde sıralanmasından kaynaklı birçok verimlilik problemi oluşabilir. Bu problemlerin başlıcaları şu şekilde belirtilir.

- Önem derecesi yüksek araçların vardiya sonlarında kaynak çatma işlemi başlayabilir. Bu durum vardiya değişikliği sebebiyle operatörler arasında araçla ilgili bilgi ve proses kaybına sebebiyet verebilir. Aynı şekilde yemek saatleri sırasında önem derecesi yüksek aracın imalata gelmesi, insan faktörleri dâhilinde araç imalatında problemlere yol açabilir.
- Önem derecelerinin belirlenmemesi sebebiyle, yüksek öneme sahip araçlar ard arda imalata alınabilir. Bu durum operatörler ve ekipman için aşırı yoğunluk ve ardından yorgunluk yaratabilir.
- Hafta kapanış ya da ay kapanış zamanlarında imalat hedeflerinin başarılması için araç önem derecelerine bağlı olarak planlama yapılmasına ihtiyaç vardır.

Analitik olmayan değerlendirilmelerde hedefin altında kalma ya da fazla mesai durumlarına sebebiyet verebilir.

- Boyahane ve montaj kısıtlarına paralel olarak verimli üretim hatlarının yürütülebilmesi için kaynak atölyesi açısından araç tiplerinin analizleri iyi yapılmalıdır. Önem derecesi dikkate alınmadan yapılan planlama sonrası fabrika darboğazları daha ciddi bir problem olarak ortaya çıkabilir.
- Saatlik, vardiyalık periyotlarda atölye dengesine uygun olarak verimli araç dizilimi yapmak, araç tipi önem dereceleri belirlenmeden mümkün değildir.
- Genel çerçevede, kapasite planlaması konularında araç tipi önem sıralamasının belirlenmesi; kısa, orta ve uzun vadece üretim hedeflerinin başarılmasına olanak verecektir.

AHP ile karma ürünlerin imalat hattında verimli sıralanması ile dolaylı olarak şu hedeflere katkı sağlanmış olacaktır.

- Kullanılan malzemenin düzenli bir biçimde akışını sağlamak
- Makineleri en verimli biçimde kullanmak
- Çalışanların verimliliğini mümkün olduğunca en yüksek değere getirmek
- İşlemlerin en az sürede yapılmasını sağlamak
- İşlemler için en az miktarda malzeme kullanmak
- Çevrim süresine uygun olarak oluşturulacak bir sistem kurmak
- Atıl sürelerin mümkün olduğunca küçük miktarlarda olmasını sağlamak
- Günlük imalat adeti hedeflerine ulaşmak
- İş teslim tarihinde müşteriye teslim etmek
- Süreç içi stokları enküçükleme

5.2. Uygulama Yapılan Atölye Hakkında Bilgi

Sıfır hatalı, yüksek kaliteli araç imalatını mükemmel doğrulukta ekipman ile sağlamaya kendine hedef edinmiş gövde imalat atölyesi, preshanede şekil verilmiş

çeşitli büyüklükteki parçaların birleştirilerek aracın gövdesinin oluşturulduğu bölümdür. Gövde imalatında; araç üzerinde uygulanan yaklaşık 6000 adet kaynak noktasından, gövdenin geometrisi ve kalitesi ile ilgili hayati açıdan önem taşıyan işlemler robotlar tarafından yapılmaktadır.

Kalitede her zaman mükemmelliği hedefleyen atölyenin bütün noktalarında, network sistemiyle araçlara uygulanan kaynak işlemlerinin değerleri sürekli kontrol edilmektedir. İmalat esnasında en az gürültü ve en az malzeme sarfiyatını hedefleyen atölyede %100 çevre dostluğu ilkesini üretimin her noktasına taşınmıştır. İmalat hattının akışını otomasyon sistemi ile gerçekleştirilen gövde kaynak atölyesinde bir hat dönüş süresi içerisinde tüm model türevlerine geçebilme yeteneğine sahip gövde hattı robot teknolojisine sahip tek hatlı akış konsepti benimsenmiştir.

İmalat esnasında gövdenin geçtiği her noktada imalatı yapan işçiler tarafından kalite ve standartlarına uygun operasyonlar uygulanmakta, üretilen her araç hat üzerindeki çevrim süresi içinde %100 boyut doğruluğu kontrolüne tabi tutulmaktadır. İmalatı tamamlanan araçlar boyama işlemi için boyahaneye sevk edilmektedir.

5.3. Ana ve Alt Faktörlerin Belirlenmesi

Araç tiplerinin değerlendirilmesi sürecinde AHP'nin kullanılabilmesi için yapılması gereken ilk iş ana faktör ve alt faktörlerin belirlenmesidir.

Bu uygulamada faktörler ve alt faktörler atölye imalat planını ve hatta girecek araç sırasını belirleyecek ekiplerin katılımıyla oybirliği ile belirlenmiştir. Matrislerin oluşturulması, önem derecelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi yine aynı grup tarafından yapılmıştır. Bu süreçte karar vericilerden karar matrislerini birbirinden bağımsız hazırlamaları istenmiş ve grup toplantısı ile nihai değerler belirlenmiştir.

Karma ürünlü imalat hattı, aynı anda birden fazla farklı ürünün tek bir imalat hattında peş peşe üretebildiği imalat hatlarıdır. Bir ürünün değişik modellerinin aynı anda karışık olarak üretildiği imalat hatlarında, karmaşık tasarım ve işletim problemleri ile karşılaşmaktadır.

Mevcut atölye sisteminde öncelik problemi yaratan 11 araç tipi vardır. Uygulamanın ele aldığı temel problem, bu 11 araç tipinin hangi sıra ile öncelikli olarak günlük imalat listesine yerleştirilmesi kararıdır. Tablo 5.1’de belirtilen araç tipleri listelenmiştir.

Tablo 5.1: Atölye araç tipi sınıflandırması

Araç Tipi	Açıklama
Tip 1	DCV
Tip 2	KAYARKAPI
Tip 3	270 MENTEŞE
Tip 4	TGV
Tip 5	3SK
Tip 6	TGT
Tip 7	ROOFFLAP
Tip 8	KOMBIVAN
Tip 9	GTP
Tip 10	LWB
Tip 11	PH

Atölye açısından en kritik araç tiplerinin, atölye açısından araç tipine bağlı olarak en uygun zamanda imalata alınması, atölyenin birçok imalat faktörüne şüphesiz olumlu etki yapacaktır. AHP’nin bu noktada katkısı sayılabilir olmayan önem kavramını problem çözümüne dahil etmesidir. Günlük imalat listesinin araç tipi bazında öncelik belirleme problemine yönelik faktörler Tablo 5.2’de belirtilmiştir. Bu faktörler Saaty[14] tarafından da önerilen grup oybirliği ile belirlenmiştir. Faktörler temelini iş değerlendirme ve üretim sistemleri faktörlerinden almaktadır. Oy birliği ile belirlenen faktörler, araç tiplerini değerlendirmek ve atölye sistemini açıklamak açısından yeterli bulunmuştur.

Tablo 5.2: Ana ve alt faktörler

Ana Faktörler ve Alt Faktörler	
1. Esneklik	
	1.1. Malzeme Esnekliği
	1.2. Süreç Esnekliği
	1.3. Sıralama Esnekliği
2. Kalite	
	2.1. Güvenirlilik
	2.2. Uygunluk
	2.3. Süreç kalitesi
	2.4. İlk yapıta doğruluk
3. İmalat zorluğu	
	3.1. Ürün özelliği
	3.2. Ekipman
	3.3. Kapasite
4. Hacim	
5. Vardiya dengesi	

5.4. Faktörlerin Açıklanması

5.4.1 Esneklik

Esnek üretim sistemleri, yoğun otomasyon ve teknoloji ağırlıklı üretimin yapıldığı, üretim faktörlerinin hızla üretime yönlendirilebildiği ve zamanında tüketiciye ulaştırarak nakte çevrildiği, insanların bu ortama uyum gösterdiği ve değişikliklere hızla yanıt verebildiği üretim süreci olarak ifade edilmektedir[36].

Karma ünlü imalat sistemlerinde ürün çeşitliliği ile birlikte malzeme kısıtları ve kompleksitesi de devreye girmiştir. Günlük imalat sürecinde, atölye araç sıralaması işleminde malzeme esnekliği önemli bir etkidir. Süreç esnekliği, ekipman ve operatör kısıtlarını içeren bir kavramdır. Aynı şekilde araç dizilimini etkileyen önemli bir faktördür. Vardiya esnekliği; atölye, operatör ve iş yükü dengesini içeren bir kavramdır. İmalat sırasının belirlenmesinde bu kavram da oldukça önemlidir.

Sıralama esnekliği; ekipman, yan hatlar ve atölye malzeme hareketleri(forklift, konveyör, ambar sehpası...) gibi kısıtları içeren bir kavramdır.

5.4.2. Kalite

Üstün kaliteli ürünler üretmek ve kalite süreçlerini üst seviyelere taşımak atölye imalatının öncelikli hedeflerinden birisidir. Güvenirlik, uygunluk, süreç kalitesi ve ilk yapışta doğruluk faktörleri kalite ana faktörü altında toplanmıştır. İmalat sıralamasında kalite faktörlerinin dikkate alınması gerekmekte ve atölyenin kalite hedeflerini başarması için sıralamanın optimum noktalara taşınması gerekmektedir.

5.4.3. İmalat zorluğu

İmalat zorluğu atölye imalatını her açıdan etkilen önemli bir faktördür. Ürün özelliği ile araç tipi bazında imalat tekniği, ürün tasarımı ve imalat süresi bakımından önem derecesi belirtilmiştir. Ekipman faktörü, arızaya sebebiyet verme ve ekipman kısıtlarını içeren bir kavramdır. Kapasite ile atölye ve vardiya kısıtlarının sebebiyet verdiği araç tipi sıralamasını etkileyen faktörler belirtilmiştir.

5.4.4. Hacim

İmalat adeti sıralama problemi için önemli faktörlerden biridir. Araç tipi bazında üretilmesi planlanan ürün adeti sıralama önceliğini etkileyen bir faktördür. Hacim ana faktörünün hiyerarşik olarak alt yapılara ayrılmasına gerek görülmemiştir.

5.4.5. Vardiya dengesi

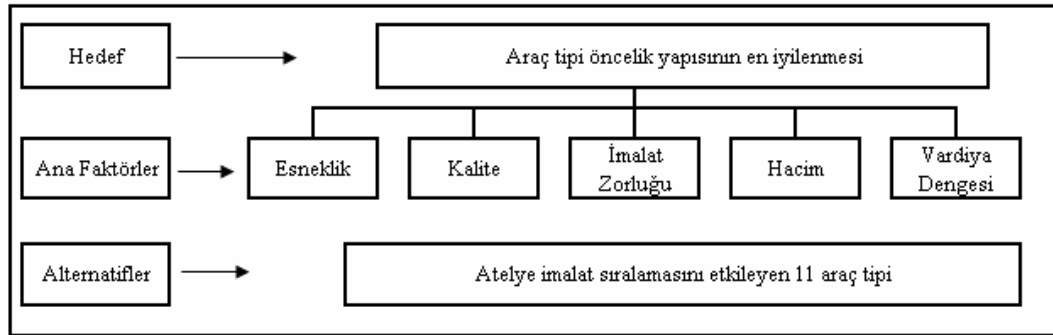
Vardiya kısıtı olan araç tiplerinin listedeki yerlerinin belirlenmesi önemli bir faktör olabilir. Araç tiplerinin sıralama yapılmadan önce vardiya dengesi bakımından değerlendirilmesi imalat akışı açısından oldukça önemlidir.

AHP yukarıda bahsedilen ana faktör ve alt faktörlerin önem derecelerinin saptanması ve atölye araç sıralamasında öncelik derecesinin belirlenmesi karar verme probleminde çözüm sağlayacaktır.

5.5. Hiyerarşi Tasarımı

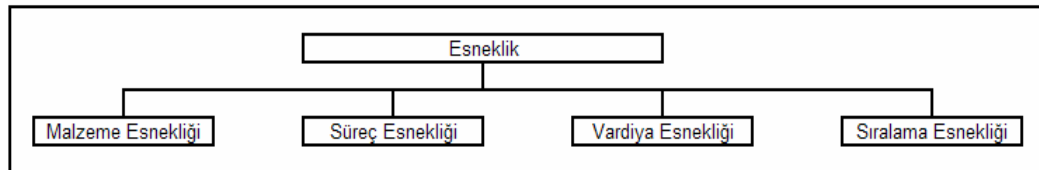
Atölyenin amacı doğrultusunda ana ve alt kriterlerin belirlenip, hiyerarşik yapının oluşturulması ilk adımdır. AHP’de öncelikle amaç belirlenir ve bu amaç doğrultusunda seçimi etkileyen kriterler ortaya konur. Daha sonra kriterler göz önüne alınarak potansiyel alternatifler belirlenir. Sonuçta karar için hiyerarşik bir yapı oluşturulmuş olur.

Şekil 5.1’de ana hedef, ana faktörler ve alternatifler gösterilmiştir.



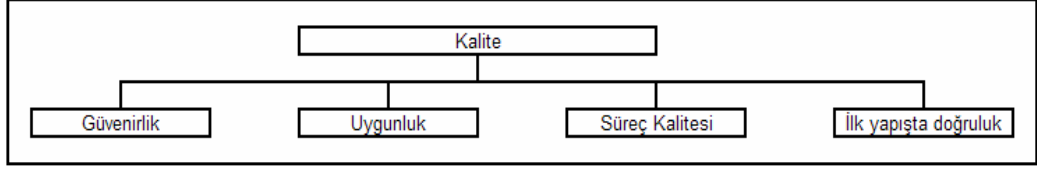
Şekil 5.1: Ana hiyerarşi tasarımı

Şekil 5.2’de esneklik ana faktörünün alt faktörleri gösterilmiştir.



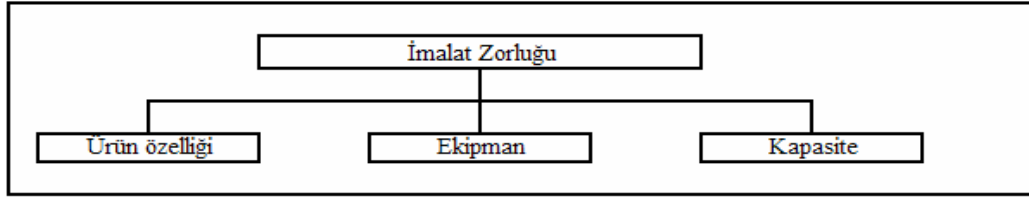
Şekil 5.2: Alt faktörler hiyerarşisi(esneklik)

Şekil 5.3'te kalite ana faktörünün alt faktörleri gösterilmiştir.



Şekil 5.3: Alt faktörler hiyerarşisi(Kalite)

Şekil 5.4'te imalat zorluğu ana faktörünün alt faktörleri gösterilmiştir.



Şekil 5.4: Alt faktörler hiyerarşisi(İmalat zorluğu)

5.6. Hiyerarşinin Değerlendirilmesi ve Analizler

Hiyerarşinin değerlendirilmesi ikili karşılaştırma matrislerinin ana faktörler ve ana faktörlere bağlı alt faktör için hazırlanmasıyla başlamıştır. İmalat ekipleri ve planlama ekiplerinin bulunduğu bir toplantı ile oybirliği ile ölçeklendirme yapılmıştır. Hesaplamalar formülize edilmiş bir MS Excel tablosunda yapılmıştır.

Tablo 5.3'de ana faktörler için ikili karşılaştırma matrisi belirtilmiştir. Matris teoriye uygun olarak hazırlanmıştır. Diğer tüm ikili matrisleri de ele aldığımızda n elemanlı matriste $n(n-1)/2$ adet karşılaştırma yapılmıştır. Matrisin diyagonal köşegeninde öğelerin kendileriyle karşılaştırılmalarından dolayı 1 değerleri yer almıştır. Diyagonal köşegenin altında kalan değerlendirmeler, köşegenin üstünde yapılan değerlendirmelerin tersidir. Matrisin tüm a_{ij} değerleri; w_i/w_j değerine eşit, pozitif ve $a_{ij} = 1/a_{ji}$ özelliğine sahip değerlerdir. Ana faktörler matrisinin yorumlanmasına

örnek olarak Kalite faktörü, Esneklik faktöründen 4 kat daha fazla öneme sahip olduğu şeklinde değerlendirilmiştir.

Tablo 5.3: Ana faktörler ikili karşılaştırma matrisi

Ana Faktör	Esneklik	Kalite	İ. Zorluğu	Hacim	V. Dengesi
Esneklik	1	1/4	1/7	1/2	3
Kalite	4	1	1/3	1/2	4
İ. Zorluğu	7	3	1	5	9
Hacim	2	2	1/5	1	4
V. Dengesi	1/3	1/4	1/9	1/4	1

İkili karşılaştırma matrisinin hazırlanmasından Tablo 5.4’de verilen w_i ikili karşılaştırma matrisinden öncelik vektörü hesaplamasına geçilmiştir. Niteliksel özelliklere verilen ağırlıklar olarak ifade edilen karar öncelikleri, ikili karşılaştırmalar matrisinin öz vektörü şeklinde ortaya çıkar. Öz vektör yardımıyla kriterin görelî önemi en alt kriterden en üst kritere kadar belirlenmektedir. Böylece hiyerarşinin en alt düzeyinde bulunan seçeneklerin en üst düzeyde yer alan amaca uygunluğu toplam görelî üstünlüklerden hesaplanabilmektedir.

Kriterlerin görelî önemlerini hesaplamak için, her bir satırın geometrik ortalaması alınarak “ w_i ” sütun vektörü oluşturulmuştur. Oluşturulan sütun vektörü normalize edilerek, görelî önemler vektörü “ W_i ” hesaplanmıştır. Tablo 5.4’ten görüleceği gibi, ana faktörler için w_i değerleri toplamı 7,269’dur. Bu değer 1’e eşitlemek için her bir faktörün geometrik ortalama değeri $1/7,269$ ile çarpılmıştır. Böylece elemanlarının değerleri toplamı 1 olan görelî önemler vektörü, “ W_i ” hesaplanmıştır. Matristeki her bir satır görelî önemler vektörü ile çarpılarak (w_i) V_2 sütun vektörü elde edilir. Daha sonra V_2 sütun vektörünün her elemanı, görelî önemler vektöründe karşı gelen elemana bölünerek V_3 vektörü hesaplanmıştır. V_3 sütun vektör elemanlarından en büyük özdeğer sahip olanın değeri, λ_{\max} ’ı vermektedir.

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5.1)$$

$$\text{Tutarlılık Oranı} = \frac{\text{Tutarlılık Göstergesi}}{\text{Rassallık Göstergesi}} \quad (5.2)$$

Ana faktörler için matris tutarlılığı yukarı belirtilen formüller ile hesaplanmıştır. 5 faktörlü ana faktörler matrisi için (n=5), “Tutarlılık Göstergesi” $(5,405-5)/4=0,101$ olarak hesaplanmıştır. “Rassallık Oranı” ise Tablo.3.3’te n=5 değerine karşılık gelen değer olarak 1,12 alınmıştır. Tablo 5.4’te belirtildiği gibi “Tutarlılık Oranı” ise $0,101/1,12=0,090$ olarak hesaplanmıştır. Tutarlılık oranının 0,1’den küçük çıkması sebebiyle ana faktörler ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu kabul edilir.

Tablo 5.4: Ana faktörler ikili karşılaştırma analizleri

Ana Faktör	wi (Geo.Orta)	Wi (Norm.G.O.)	V2	V3 (Özdeğer)
Esneklik	0,557	0,077	0,405	5,289
Kalite	1,217	0,167	0,905	5,405
İ. Zorluğu	3,936	0,542	2,816	5,200
Hacim	1,262	0,174	0,933	5,377
V. Dengesi	0,297	0,041	0,212	5,183
	7,269	1,000		

n=5
$\lambda_{max}= 5,405$
TO= 0,090

Ana faktörlerin analizinden sonra alt faktörlerin AHP ile değerlendirilmesine geçilmiştir. Tablo 5.5’te gösterildiği gibi Esneklik alt faktörü için ikili karşılaştırma matrisi hazırlanmıştır.

Tablo 5.5: Esneklik alt faktörü ikili karşılaştırma matrisi

Alt faktör (Esneklik)	Malzeme esnekliği	Süreç esnekliği	Sıralama esnekliği
Malzeme esnekliği	1	6	3
Süreç esnekliği	1/6	1	1/3
Sıralama esnekliği	1/3	3	1

Tablo 5.6’da gösterildiği gibi ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı 0,1’in altında çıkmıştır. Buna bağlı olarak Esneklik alt faktörü için yapılan değerlendirmenin tutarlı olduğu yorumu yapılabilir.

Tablo 5.6: Esneklik alt faktörü ikili karşılaştırma analizleri

Alt faktör (Esneklik)	wi (Geo.Orta)	Wi (Norm.G.O.)	V2	V3 (Özdeğer)
Malzeme esnekliği	2,621	0,655	1,976	3,018
Süreç esnekliği	0,382	0,095	0,288	3,018
Sıralama esnekliği	1,000	0,250	0,754	3,018
	4,002	1,000		
				n=3
				$\lambda_{max}= 3,018$
				TO= 0,016

Esneklik alt faktörü analizinden sonra Kalite alt faktörünün AHP ile değerlendirilmesine geçilmiştir. Tablo 5.7’de gösterildiği gibi Kalite alt faktörü için ikili karşılaştırma matrisi hazırlanmıştır.

Tablo 5.7: Kalite alt faktörü ikili karşılaştırma matrisi

Alt Faktör (Kalite)	Güvenirlilik	Uygunluk	S.kalitesi	İ.y.doğruluk
Güvenirlilik	1	2	6	3
Uygunluk	1/2	1	4	2
Süreç kalitesi	1/6	1/4	1	1/2
İ.y.doğruluk	1/3	1/2	2	1

Tablo 5.8’de gösterildiği gibi Kalite alt faktörü ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı 0,1’in altında çıkmıştır. Buna bağlı olarak Kalite alt faktörü için yapılan değerlendirmenin tutarlı olduğu yorumu yapılabilir.

Tablo 5.8: Kalite alt faktörü ikili karşılaştırma analizleri

Alt Faktör (Kalite)	wi (Geo.Orta)	Wi (Norm.G.O.)	V2	V3 (Özdeğer)
Güvenirlilik	2,449	0,490	1,966	4,016
Uygunluk	1,414	0,283	1,135	4,015
Süreç kalitesi	0,380	0,076	0,304	4,005
İ.y.doğruluk	0,760	0,152	0,608	4,005
	5,003	1,000		
				n=4
				$\lambda_{max}= 4,016$
				TO= 0,006

Kalite alt faktörü analizinden sonra İmalat Zorluğu alt faktörünün AHP ile değerlendirilmesine geçilmiştir. Tablo 5.9’de gösterildiği gibi İmalat Zorluğu alt faktörü için ikili karşılaştırma matrisi hazırlanmıştır.

Tablo 5.9: İmalat zorluğu alt faktörü ikili karşılaştırma matrisi

Alt Faktör (İmalat zorluğu)	Ürün Özelliği	Ekipman	Kapasite
Ürün Özelliği	1	9	5
Ekipman	1/9	1	1/4
Kapasite	1/5	4	1

Tablo 5.10’da gösterildiği gibi İmalat Zorluğu alt faktörü ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı 0,1’in altında çıkmıştır. Buna bağlı olarak İmalat Zorluğu alt faktörü için yapılan değerlendirmenin tutarlı olduğu yorumu yapılabilir.

Tablo 5.10: İmalat Zorluğu alt faktörü ikili karşılaştırma analizleri

Alt Faktör (İmalat zorluğu)	wi (Geo. Orta)	Wi (Norm. G. O.)	V2	V3 (Özdeğer)
Ürün Özelliği	3,557	0,743	2,282	3,071
Ekipman	0,303	0,063	0,194	3,071
Kapasite	0,928	0,194	0,595	3,071
	4,788	1,000		

n=3
$\lambda_{max}= 3,071$
TO= 0,061

Sonuçlar incelendiğinde tüm ikili karşılaştırma karar matrislerinin tutarlılık oranlarının 0,1 değerinden küçük çıktığı görülmüştür. Bu sebeple yapılan tüm ikili değerlendirmelerin tutarlı olduğu kabul edilerek iş değerlendirme sürecine geçilmiştir.

Araç tiplerinin faktör değerlendirme yöntemi ile karşılaştırılabilmesi için maharet faktörü de modele dahil edilmiştir. Araç tipi değerlendirme sürecinde en önemli karar verme

problemlerinden birisi de, alt faktör puanlarının faktör derecelerine dağıtılmasıdır. Uygulamada 5 adet faktör derecesi kullanılmaktadır.

Bu çalışmada da her bir alt faktör için 5 adet faktör seviyesi kullanılmış ve alt faktör puanlarının faktör derecelerine dağıtılmasında Liberatore[45] tarafından geliştirilen beş noktalı değer skalasından yararlanılmıştır. Bu skala Mükemmel (M), İyi (İ), Orta (O), Vasat (V) ve Zayıf (Z) noktalarından oluşmaktadır. Bu beş noktanın önem ağırlıkları Tablo 5.11’de verilen ikili karşılaştırma karar matrisi ile belirlenmiştir [47].

Tablo 5.11: Maharet faktörü ikili karşılaştırma matrisi

Maharet Faktörü	Mükemmel	İyi	Orta	Vasat	Zayıf
Mükemmel	1	3	5	7	9
İyi	1/3	1	3	5	7
Orta	1/5	1/3	1	3	5
Vasat	1/7	0,2	1/3	1	3
Zayıf	1/9	1/7	1/5	1/3	1

Tablo 5.12’de gösterildiği gibi Maharet faktörü ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı 0,1’in altında çıkmıştır. Buna bağlı olarak Maharet faktörü için yapılan değerlendirmenin tutarlı olduğu yorumu yapılabilir.

Tablo 5.12: Maharet faktörü ikili karşılaştırma analizleri

Maharet Faktörü	wi (Geo.Orta)	Wi (Norm.G.O.)	V2	V3 (Özdeğer)
Mükemmel	3,936	0,510	2,691	5,276
İyi	2,036	0,264	1,371	5,197
Orta	1,000	0,130	0,675	5,210
Vasat	0,491	0,064	0,331	5,205
Zayıf	0,254	0,033	0,174	5,298
	7,718	1		

n=5
$\lambda_{max}= 5,298$
TO= 0,067

Bu matrisin de Tutarlılık Oranı 0,1 değerinden düşüktür. Değerlendirme sonucunda mükemmel için 0,510, iyi için 0,264, orta için 0,130, vasat için 0,064 ve zayıf için 0,033 önem ağırlık değerleri çıkmıştır.

Alt faktör puanlarının faktör derecelerine dağıtılmasında önem derecelerinin dağıtımı kullanılmıştır[46]. Buna bağlı olarak Tablo 5.13'te puanlama tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 5.13: Araç tipi değerlendirme için faktör katsayılarının belirlenmesi

Ana Faktörler ve Alt Faktörler		İş Değerleme Katsayıları				
		Mükemmel	İyi	Orta	Vasat	Zayıf
1. Esneklik						
	1.1. Malzeme Esnekliği	0,015	0,008	0,004	0,002	0,001
	1.2. Süreç Esnekliği	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001
	1.3. Sıralama Esnekliği	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001
2. Kalite						
	2.1. Güvenirlilik	0,042	0,022	0,011	0,005	0,003
	2.2. Uygunluk	0,024	0,012	0,006	0,003	0,002
	2.3. Süreç kalitesi	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000
	2.4. İlk yapıta doğruluk	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001
3. İmalat zorluğu						
	3.1. Ürün özelliği	0,205	0,106	0,052	0,026	0,013
	3.2. Ekipman	0,017	0,009	0,004	0,002	0,001
	3.3. Kapasite	0,054	0,028	0,014	0,007	0,003
4. Hacim		0,089	0,046	0,022	0,011	0,006
5. Vardiya dengesi		0,021	0,011	0,005	0,003	0,001
Sütun toplamaları		0,510	0,264	0,130	0,064	0,033
		Katsayılar Toplamı = 1				

Puanlama tablosu, ikili karşılaştırma matrislerinden AHP ile oluşturulan önem derecelerini kullanarak 11 araç tipinin önem derecesini bulmak için oluşturulmuştur. Maharet faktörü ile değerlendirme yapan grup, araç tiplerine ait her bir faktör için

“mükemmel”, “iyi”, “orta”, “vasat” yada “zayıf” değerlendirmelerini yaparak araç tipi katsayılarına (önem puanlarına) ulaşmıştır.

Tablo 5.13’te ayrıca tüm katsayıların tamamının toplamda 1’e eşit olduğu gösterilmiştir. Bu değer tüm katsayıların normalize edildiğini ve tutarlı olduğunu ifade etmektedir. Bu durum ayrıca tüm faktörlerin modele dahil edildiğinin de bir kanıtıdır. Tablo 5.13’e göre bir araç tipi her bir faktörden “mükemmel” değerlendirmesini alırsa, toplama puanı ancak 0,510 olmaktadır. Tüm faktörler için “Zayıf” değerlendirmesini alma durumunda ise toplam 0,033 puan almış olacaktır. Böylece her bir araç tipinin 0,033 ile 0,510 değerleri arasında önem puanı olacaktır.

Araç tiplerinin değerlendirme hesaplamaları sonrası Tablo 5.14’teki sonuçlara ulaşılmıştır. Değerleme grubunun araç tipleri için verdiği puanlar ve hesaplamalar Ek-1’de belirtilmiştir.

Tablo 5.14: Araç tipi değerlendirme sonucunda araç tiplerinin önem puanları ve önem sırası

Araç Tipi	Açıklama	Önem Puanı	Önem sırası
Tip 1	DCV	0,339	2
Tip 2	KAYARKAPI	0,098	8
Tip 3	270 MENTEŞE	0,335	3
Tip 4	TGV	0,166	6
Tip 5	3SK	0,264	4
Tip 6	TGT	0,063	10
Tip 7	ROOFFLAP	0,425	1
Tip 8	KOMBIVAN	0,092	9
Tip 9	GTP	0,198	5
Tip 10	LWB	0,047	11
Tip 11	PH	0,112	7

Tablo 5.14 ile imalat atölyesinde belirlenmiş 11 farklı araç tipinin faktör ve alt faktörlere göre puanlaması yapılarak önem dereceleri belirlenmiştir.

Sıralamaya göre önemi yüksek araç tiplerinin günlük imalat sıralamasında öncelikli olarak imalat listesine yerleştirilmesi gerekmektedir. Tanımlanan tüm faktörlere bağlı

olarak belirlenen bu öncelik sıralaması, atölye kısıtlarının bir yansıması olarak da yorumlanabilir. Önem sıralamasına bağlı olarak araç imalat listesi oluşturmak ile atölye belirtilen faktörler bakımından hedefine ulaşmış olacaktır. Önemi düşük araç tipleri listeye en son dahil edildikleri için belki de kendileri için en uygun yerden imalat sırasına alınamamış olacaklar. Ancak atölye önemi yüksek araçları en uygun sıradan imalata almakla kazandıklarını tercih etmektedir. Çok kriterli ve çok amaçlı problem yapısında bu durum gayet doğaldır. Bu tercih ile hedeflerden sapma bir anlamda en küçüklenmiş olacaktır [48].

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Üretim çizelgeleme, pek çok imalat şirketlerinin üretim planlama fonksiyonlarının önemli bir parçasıdır ve proseslerde/imalatta önemli bir karar verme problemidir. Çizelgeleme, üretim ve hizmet sistemlerinin operasyon kontrollerinin önemli bir yönünü oluşturmaktadır. Etkili çizelgeleme, gelecekte operasyon fonksiyonlarında, müşteri memnuniyetini ve pazar hacmini arttırmada önemli bir faktör olacaktır.

Karma ürünli imalat yapısındaki araç çeşitliliği ve imalat kompleksitesi günlük araç çizelgelemenin tüm faktörlerin değerlendirileceği bir karar verme sistemi ile oluşmasını zorunlu kılmıştır. Çok kriterli çizelgeleme problemi yapısı imalat sistemlerinin yönetsel anlamda en ciddi karar verme problemlerinden birisidir. Hattın işletim aşaması ile ilgili olan farklı ürünlerin üretim sırasının belirlenmesi problemi, uygulama yapılan kuruluşun üretim sistemlerinin yapısına uygun olarak benimsediği hedefleri doğrultusunda çözülmüştür.

Analitik Hiyerarşi Prosesi özellikle çok ölçütlü karar verme konusunda yaygın kullanım alanı bulmuş bir tekniktir. Çok sayıda seçeneği birden fazla kriter açısından değerlendirerek en iyi seçeneği bulur. İş değerlemenin bu sürece dahil edilmesi ile probleme önemli bir katma değer sağlamıştır. Bununla birlikte bu sistemin olabildiğince objektif ve kendi içinde tutarlı temellere dayanması halinde sağlıklı bir uygulama olacağı unutulmamalıdır. Araç tiplerinin hangi kriterlerle ölçüleceği ve kriterlerin hangi oranda araç tiplerine etki edeceği önemli karar noktalarıdır.

Araç tipi değerlendirme sisteminin başarıyla kullanılabilmesi, değerlendirmeyi yapan kişilerin olabildiğince yansız davranmasıyla mümkündür. Bu nedenle uygulama öncesinde konunun öneminin yeterince vurgulanması, dikkat edilmesi gereken noktaların tartışılması gerekmektedir.

Bu proje kapsamında karar verme süreci ve çok kriterli karar verme problemleri ile geniş bir bakış açısı sunulmuştur. Daha sonra çok kriterli karar verme yöntemlerinde Analitik Hiyerarşi Prosesi tartışılmıştır. Çalışmada ayrıca esnek üretim sistemleri ile ilgili bilgi verilmiştir. Uygulama aşamasında uluslararası bir otomotiv firmasının araç imalat atölyesindeki imalata alınacak araçların sıralama problemine çözüm aranmıştır. Bu uygulama ile atölye tarafından sınıflandırılmış olan 11 tipin günlük imalat listesinde sıralanması aşamasında araç tipi öncelikleri bulunmuştur. En önemli araç tipinin sıralamada en uygun yere yerleştirilmesi hedef alınarak, bu probleme Analitik Hiyerarşi Prosesi ve iş değerlendirme ile çözüm sunulmuştur. Oluşturulan bir ekiple kriterler belirlenmiş, kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılarak birbirlerine oranla önem düzeyleri ortaya çıkarılmıştır. Analitik Hiyerarşi Prosesi ile değerlendirmelerin tutarlılığı test edilmiş, aynı zamanda her bir kriterin bütün içindeki ağırlığı bulunmuştur. Sistemin genel olarak ölçme konusunda yeterli olduğu ve kullanılabileceği söylenebilir. Sonuçlar değerlendirme grubunun sezgileriyle paralel çıktılar vermiştir.

Uygulama sonucunda önem sıralaması belirlenen araç tipleri artık atölye ve planlama ekipleri tarafından daha iyi değerlendirilecektir. Yüksek önemdeki araçların vardiya sonlarında ve yemek saatlerinde imalatına başlanmasından ziyade bu saatlerde daha sıradan yani düşük önemde araçlar imalata alınacaktır. Yüksek önemdeki araçların imalata ardı ardına girmesi engellenecek, vardiya dengesi ve operatör ve ekipman yorgunluğu gibi faktörler göz önüne alınarak daha verimli bir planlama yapılacaktır. Ayrıca diğer imalat atölyeleri ile uyumlu çalışma ve fabrikadaki toplam verimliliğin artırılması yolunda araç çizelgeleme sürecinde araç tiplerinin önem derecesinden faydalanılacaktır. Genel çerçevede periyodik fabrika hedeflerinin başarılması ve kapasite analizlerinin yapılması aşamalarında önem dereceleri sıralaması ciddi bir değerlendirme verisi olarak kullanılacaktır.

Geliştirilen yöntem anlaşılması ve uygulanması kolay olan, sistemdeki değişikliklerin sürece kolayca dahil edilebileceği esnek bir sistemdir. Farklı imalat sistemlerine göre yeni faktörler ve/veya kriterler söz konusu olursa, bu değişiklikler geliştirilen modele kolayca dahil edilebilir. Ayrıca karar verme sürecine, konu ile ilgili birçok kişinin katılması da geliştirilen yöntem ile sağlanmaktadır. Geliştirilen

yöntem, diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında karar verme süresinde anlamlı bir azalma sağlamaktadır. Yine diğer yöntemlerden en önemli farkı ikili karşılaştırmalarda elde edilen tutarlılık oranıdır. Tutarlılık oranı çalışma sonuçlarının güvenilirliği hakkında işletme içindeki ve dışındaki kişilere bilgi vermekte ve olası çatışmaları önlemektedir. Geliştirilen yöntem bu yapıyla benzer ve/veya farklı faktörler kullanılarak farklı işletmelerde yapılmakta olan karar verme süreçlerinde kullanılabilir niteliktedir.

KAYNAKLAR

- [1] Forman, E. ve Selly M. A., “Decision by Objectives”, *Expert Choice Inc.*, Pittsburgh, (2000).
- [2] Anık, Z., “Nesne Yönelimli Yazılım Dillerinin Analitik Hiyerarşi ve Analitik Network Prosesi İle Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2007).
- [3] Sakawa, M., “Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization”, *Plenum Pres*, New York, (1993).
- [4] Kuruüzüm, A. ve Atsan, N., “Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları”, *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, (1), 83-105, (2001).
- [5] Golub, A. L. , “Decision Analysis An Integrated Approach”, *John Wiley & Sons Inc.*, America, 2-12, 230-231, (1997).
- [6] Hoy, W. K. ve Tarter, C. J., “Administrators Solving the Problems of Practice”, Second Ed., *Pearson Education Inc.*, USA, 15, (2004).
- [7] Evren, Ramazan ve F. Ülengin, “Yönetimde Karar Verme”, *İTÜ Matbaası*, İstanbul, 5-6, 48, 59, (1992).
- [8] Tekes, M., “Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ve Türk Silahlı Kuvvetleri'nde Kullanılan Tabancaların Bulanık Uygunluk İndeksli Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 4-5,12-14, (2002).
- [9] Kıvrak, E., “Karar Verme Çok Kriterli Yaklaşım ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi”, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 35-39, 43, (2001).
- [10] Aytürk, S., “Askeri Savunma Sistemlerinde Analitik Hiyerarşi ve Analitik Şebeke Prosesi ile Hafif Makineli Tüfek Seçimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 5-9,24-25,30, (2006).
- [11] Saaty, T., “The Analytic Hierarchy Process”, *McGraw-Hill International Book Company*, USA, (1980).
- [12] Harker P.L., Vargas L., “The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty’s Analytic Hierarchy Process”, *Management Science*, (1987).

- [13] Vargas, L.G., “An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications”, *European Journal of Operational Research*, 48, pp. 2-8, (1990).
- [14] Bahadır, C., “Analitik Hiyerarşi Yöntemi İle Deniz Karakol Uçağı Seçimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Deniz Harp Okulu Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü*, İstanbul, (2005)
- [15] Saaty, T.L., “How to Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process” *Interfaces*, 24,19-43, (1994).
- [16] Saaty, T.L., “Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process”, *Management Science*, 32,841-855, (1986).
- [17] Zahedi, F., “The Analytical Hierarchy Process - a survey of the method and its applications”, *Interfaces*, 16, 96-108, (1986)
- [18] Mullens, M.A., Armacost, R.L., Nippani, R., “A two stage approach to concept selection using the Analytic Hierarchy Process”, *International Journal of Industrial Engineering*, 199-208, (1995).
- [19] Gök, M., “Analitik Hiyerarşi Yöntemini Kullanan Bir Karar Destek Yazılımının Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Muğla, (2006).
- [20] Evren, R. ve Ülengin, F., “Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası*, İstanbul, (1992).
- [21] Rouyandegh, B.D., “DEA/AHP sıralı metodu ile İran Amir Kabir Üniversitesi Fakültelerinin Etkinlik Ölçümü”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 18-19, (2004).
- [22] Dağdeviren, M., “Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Yeni Bir Analitik İş Değerlendirme Tekniğinin Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 47-63, (2002).
- [23] Saaty, T., “Decision Making For Leaders”, *RWS Publications*, USA, 1-30, (1990).
- [24] Çitli, N. “Bulanık Çok Kriterli Karar Verme”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2006).
- [25] Mikhailov, L. ve Tsvetinov, P., “Evaluation of Services Using A Fuzzy Analytic Hierarchy Process”, *Applied Soft Computing*, 5: 23-33, (2004).
- [26] Kobu, B., “Üretim Yönetimi”, *İTÜ Yayınları*, İstanbul, 1996.
- [27] Ergün, D., “Hedef Programlama ile Üretim Planlaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2006).

- [28] Demir, M. H., Gümüőođlu, Ő., “Üretim Yönetimi”, *Aydın Yayınevi*, İzmir, (1986).
- [29] Barutçigil, İ. S., “Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri”, *Uludağ Üniversitesi Yayınevi*, (1989).
- [30] Gönen, S. ve Çelik, M., “Esnek Üretim Sistemleri Uygulayan İşletmelerde Üretim Maliyetlerinin Değerlendirilmesi”, *Ege Academic Review*, İzmir, (2004).
- [31] Ronald, G.A., Charles R.S., “Modelling Analysis Of Manufacturing Systems”, *Wiley*, USA, (1993).
- [32] Monks, J.G., “Operations Management: Theory and Problems”, *McGraw-Hill Inc.*, USA, (1987).
- [33] Sipper, D., Bulfin L.R., “Production Planning, Control and Integration”, *McGraw-Hill Inc.*, USA, (1997).
- [34] Groover, P.M., “Automation Production Systems and Computer Integrated Manufacturing”, *Prentice- Hall Inc.*, USA, (1987).
- [35] Maleki, A.R., “Flexible Production Systems: The Technology and Management”, *Prentice-Hall Inc.*, USA, (1991).
- [36] Tekin, M., Atamak, B., “Esnek Üretim Sistemleri ve Esnek Üretim Sistemleri ile İlgili Örnek Uygulamalar”, *I. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, İstanbul, (1997).
- [37] Acar, N., “Üretim Planlaması Yöntemi ve Uygulamaları”, *Mert Matbaacılık*, Ankara, (2000).
- [38] Çil, İ., Evren, R., “Esnek İmalat Sistemlerinin Verimliğinin Ölçülmesinde Performans-Amaçlar-Verimlilik Yaklaşımı”, *Milli Prodüktivite Yayınları: II:Verimlilik Kongresi*, Ankara, (1994).
- [39] Nand, K.J., “Handbook of Flexible Manufacturing Systems”, *Academic Press Inc.*, USA, (1991).
- [40] Acar, N., Ertas, S., “Kesikli Seri Üretim Sistemlerinde Planlama ve Kontrol Çalışmaları”, *MPM Yayınları*, Ankara, 156, (1986).
- [41] Yiğit, F., “Tam Zamanında Üretim Sistemlerinde Karma Modelli Montaj Hatları İçin Yeni Bir Sıralama Yöntemi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2006).
- [42] Okamura, K., Yamashina, H., “A heuristic algorithm for the assembly line model-mix sequencing problem to minimize the risk of stopping the conveyor”, *International Journal of Production Research*, 17-233, (1979).

- [43] Thompoulos, N., T., “Mixed model line balancing with smoothed station assignments”, *Management Science*, 16(9):593-603 (1970).
- [44] Erel, E., Gokcen, H., “Shortest-route formulation of mixed-model assembly line balancing problem”, *European Journal of Operational Research*, 116:194-204 (1999).
- [45] Liberatore, M.J., Nydick, R.L., Sanchez, P.M., “The evaluation of research papers”, *Interfaces*, 22(2), 92-100, (1992).
- [46] Dağdeviren, M., Akay, D., Kurt, M., “İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Ankara, (2004).
- [47] Tam, M.C.Y., Tummala, V.M.R., ”An Application of The AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System”, *The International Journal of Management Science*, 29(2), 171- 182, (2001).
- [48] Aladağ, Z., Terzi, Ü., Hacaloğlu, S.E., ”Otomobil Satın Alma Problemi İçin Bir Karar Destek Modeli”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Sayı 10, 43-49, (2006).

EK – 1: ARAÇ TIPLERİ İÇİN DEĞERLENDİRME VE PUANLAMA

Tip 1 değerlendirme ve puan hesaplamaları:

Ana Faktörler ve Alt Faktörler	İş Değerleme Katsayıları					Tip 1	
	Mükemmel (M)	İyi (İ)	Orta (O)	Vasat (V)	Zayıf (Z)	Puan	Maharet Faktörü
1. Esneklik							
1.1. Malzeme Esnekliği	0,015	0,008	0,004	0,002	0,001	0,015	M
1.2. Süreç Esnekliği	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001	0,006	I
1.3. Sıralama Esnekliği	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,013	M
2. Kalite							
2.1. Güvenirlilik	0,042	0,022	0,011	0,005	0,003	0,011	O
2.2. Uygunluk	0,024	0,012	0,006	0,003	0,002	0,006	O
2.3. Süreç kalitesi	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000	0,003	I
2.4. İlk yapıda doğruluk	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,002	V
3. İmalat zorluğu							
3.1. Ürün özelliği	0,205	0,106	0,052	0,026	0,013	0,205	M
3.2. Ekipman	0,017	0,009	0,004	0,002	0,001	0,017	M
3.3. Kapasite	0,054	0,028	0,014	0,007	0,003	0,028	I
4. Hacim	0,089	0,046	0,022	0,011	0,006	0,022	O
5. Vardiya dengesi	0,021	0,011	0,005	0,003	0,001	0,011	I

Toplam Puan: 0,339

Tip 2 değerlendirmesi ve puan hesaplamaları:

Ana Faktörler ve Alt Faktörler	İş Değerleme Katsayıları					Tip 2	
	Mükemmel (M)	İyi (İ)	Orta (O)	Vasat (V)	Zayıf (Z)	Puan	Malaret Faktörü
1. Esneklik							
1.1. Malzeme Esnekliği	0,015	0,008	0,004	0,002	0,001	0,002	V
1.2. Süreç Esnekliği	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001	0,001	V
1.3. Sıralama Esnekliği	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,001	Z
2. Kalite							
2.1. Güvenirlilik	0,042	0,022	0,011	0,005	0,003	0,042	M
2.2. Uygunluk	0,024	0,012	0,006	0,003	0,002	0,012	I
2.3. Süreç kalitesi	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000	0,002	O
2.4. İlk yapışta doğruluk	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,003	O
3. İmalat zorluğu							
3.1. Ürün özelliği	0,205	0,106	0,052	0,026	0,013	0,013	Z
3.2. Ekipman	0,017	0,009	0,004	0,002	0,001	0,001	Z
3.3. Kapasite	0,054	0,028	0,014	0,007	0,003	0,007	V
4. Hacim	0,089	0,046	0,022	0,011	0,006	0,011	V
5. Vardiya dengesi	0,021	0,011	0,005	0,003	0,001	0,003	V

Toplam Puan: 0,098

Tip 3 değerlendirmesi ve puan hesaplamaları:

Ana Faktörler ve Alt Faktörler	İş Değerleme Katsayıları					Tip 3	
	Mükemmel (M)	İyi (İ)	Orta (O)	Vasat (V)	Zayıf (Z)	Puan	Malaret Faktörü
1. Esneklik							
1.1. Malzeme Esnekliği	0,015	0,008	0,004	0,002	0,001	0,015	M
1.2. Süreç Esnekliği	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001	0,011	M
1.3. Sıralama Esnekliği	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,002	V
2. Kalite							
2.1. Güvenirlilik	0,042	0,022	0,011	0,005	0,003	0,005	V
2.2. Uygunluk	0,024	0,012	0,006	0,003	0,002	0,003	V
2.3. Süreç kalitesi	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000	0,002	O
2.4. İlk yapışta doğruluk	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,003	O
3. İmalat zorluğu							
3.1. Ürün özelliği	0,205	0,106	0,052	0,026	0,013	0,205	M
3.2. Ekipman	0,017	0,009	0,004	0,002	0,001	0,004	O
3.3. Kapasite	0,054	0,028	0,014	0,007	0,003	0,028	I
4. Hacim	0,089	0,046	0,022	0,011	0,006	0,046	I
5. Vardiya dengesi	0,021	0,011	0,005	0,003	0,001	0,011	I

Toplam Puan: 0,335

Tip 4 değerlendirmesi ve puan hesaplamaları:

Ana Faktörler ve Alt Faktörler		İş Değerleme Katsayıları					Tip 4	
		Mükemmel (M)	İyi (İ)	Orta (O)	Vasat (V)	Zayıf (Z)	Puan	Maharet Faktörü
1. Esneklik								
	1.1. Malzeme Esnekliği	0,015	0,008	0,004	0,002	0,001	0,004	O
	1.2. Süreç Esnekliği	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001	0,006	I
	1.3. Sıralama Esnekliği	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,003	O
2. Kalite								
	2.1. Güvenirlilik	0,042	0,022	0,011	0,005	0,003	0,005	V
	2.2. Uygunluk	0,024	0,012	0,006	0,003	0,002	0,012	I
	2.3. Süreç kalitesi	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000	0,002	O
	2.4. İlk yapısta doğruluk	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,002	V
3. İmalat zorluğu								
	3.1. Ürün özelliği	0,205	0,106	0,052	0,026	0,013	0,106	I
	3.2. Ekipman	0,017	0,009	0,004	0,002	0,001	0,004	O
	3.3. Kapasite	0,054	0,028	0,014	0,007	0,003	0,014	O
4. Hacim		0,089	0,046	0,022	0,011	0,006	0,006	Z
5. Vardiya dengesi		0,021	0,011	0,005	0,003	0,001	0,003	V

Toplam Puan: 0,166

Tip 5 değerlendirmesi ve puan hesaplamaları:

Ana Faktörler ve Alt Faktörler		İş Değerleme Katsayıları					Tip 5	
		Mükemmel (M)	İyi (İ)	Orta (O)	Vasat (V)	Zayıf (Z)	Puan	Maharet Faktörü
1. Esneklik								
	1.1. Malzeme Esnekliği	0,015	0,008	0,004	0,002	0,001	0,015	M
	1.2. Süreç Esnekliği	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001	0,011	M
	1.3. Sıralama Esnekliği	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,007	I
2. Kalite								
	2.1. Güvenirlilik	0,042	0,022	0,011	0,005	0,003	0,011	O
	2.2. Uygunluk	0,024	0,012	0,006	0,003	0,002	0,024	M
	2.3. Süreç kalitesi	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000	0,006	M
	2.4. İlk yapısta doğruluk	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,003	O
3. İmalat zorluğu								
	3.1. Ürün özelliği	0,205	0,106	0,052	0,026	0,013	0,106	I
	3.2. Ekipman	0,017	0,009	0,004	0,002	0,001	0,009	I
	3.3. Kapasite	0,054	0,028	0,014	0,007	0,003	0,028	I
4. Hacim		0,089	0,046	0,022	0,011	0,006	0,022	O
5. Vardiya dengesi		0,021	0,011	0,005	0,003	0,001	0,021	M

Toplam Puan: 0,264

Tip 6 değerlendirmesi ve puan hesaplamaları:

Ana Faktörler ve Alt Faktörler	İş Değerleme Katsayıları					Tip 6	
	Mükemmel (M)	İyi (İ)	Orta (O)	Vasat (V)	Zayıf (Z)	Puan	Maharet Faktörü
1. Esneklik							
1.1. Malzeme Esnekliği	0,015	0,008	0,004	0,002	0,001	0,004	O
1.2. Süreç Esnekliği	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001	0,003	O
1.3. Sıralama Esnekliği	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,003	O
2. Kalite							
2.1. Güvenirlilik	0,042	0,022	0,011	0,005	0,003	0,005	V
2.2. Uygunluk	0,024	0,012	0,006	0,003	0,002	0,003	V
2.3. Süreç kalitesi	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000	0,001	V
2.4. İlk yapışta doğruluk	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,002	V
3. İmalat zorluğu							
3.1. Ürün özelliği	0,205	0,106	0,052	0,026	0,013	0,026	V
3.2. Ekipman	0,017	0,009	0,004	0,002	0,001	0,001	Z
3.3. Kapasite	0,054	0,028	0,014	0,007	0,003	0,003	Z
4. Hacim	0,089	0,046	0,022	0,011	0,006	0,011	V
5. Vardiya dengesi	0,021	0,011	0,005	0,003	0,001	0,001	Z

Toplam Puan: 0,063

Tip 7 değerlendirmesi ve puan hesaplamaları:

Ana Faktörler ve Alt Faktörler	İş Değerleme Katsayıları					Tip 7	
	Mükemmel (M)	İyi (İ)	Orta (O)	Vasat (V)	Zayıf (Z)	Puan	Maharet Faktörü
1. Esneklik							
1.1. Malzeme Esnekliği	0,015	0,008	0,004	0,002	0,001	0,008	I
1.2. Süreç Esnekliği	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001	0,006	I
1.3. Sıralama Esnekliği	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,013	M
2. Kalite							
2.1. Güvenirlilik	0,042	0,022	0,011	0,005	0,003	0,042	M
2.2. Uygunluk	0,024	0,012	0,006	0,003	0,002	0,024	M
2.3. Süreç kalitesi	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000	0,006	M
2.4. İlk yapışta doğruluk	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,007	I
3. İmalat zorluğu							
3.1. Ürün özelliği	0,205	0,106	0,052	0,026	0,013	0,205	M
3.2. Ekipman	0,017	0,009	0,004	0,002	0,001	0,017	M
3.3. Kapasite	0,054	0,028	0,014	0,007	0,003	0,054	M
4. Hacim	0,089	0,046	0,022	0,011	0,006	0,022	O
5. Vardiya dengesi	0,021	0,011	0,005	0,003	0,001	0,021	M

Toplam Puan: 0,425

Tip 8 değerlendirmesi ve puan hesaplamaları:

Ana Faktörler ve Alt Faktörler	İş Değerleme Katsayıları					Tip 8	
	Mükemmel (M)	İyi (İ)	Orta (O)	Vasat (V)	Zayıf (Z)	Puan	Maharet Faktörü
1. Esneklik							
1.1. Malzeme Esnekliği	0,015	0,008	0,004	0,002	0,001	0,002	V
1.2. Süreç Esnekliği	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001	0,003	O
1.3. Sıralama Esnekliği	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,013	M
2. Kalite							
2.1. Güvenirlilik	0,042	0,022	0,011	0,005	0,003	0,005	V
2.2. Uygunluk	0,024	0,012	0,006	0,003	0,002	0,006	O
2.3. Süreç kalitesi	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000	0,003	I
2.4. İlk yapıda doğruluk	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,002	V
3. İmalat zorluğu							
3.1. Ürün özelliği	0,205	0,106	0,052	0,026	0,013	0,013	Z
3.2. Ekipman	0,017	0,009	0,004	0,002	0,001	0,017	M
3.3. Kapasite	0,054	0,028	0,014	0,007	0,003	0,014	O
4. Hacim	0,089	0,046	0,022	0,011	0,006	0,011	V
5. Vardiya dengesi	0,021	0,011	0,005	0,003	0,001	0,003	V

Toplam Puan: 0,092

Tip 9 değerlendirmesi ve puan hesaplamaları:

Ana Faktörler ve Alt Faktörler	İş Değerleme Katsayıları					Tip 9	
	Mükemmel (M)	İyi (İ)	Orta (O)	Vasat (V)	Zayıf (Z)	Puan	Maharet Faktörü
1. Esneklik							
1.1. Malzeme Esnekliği	0,015	0,008	0,004	0,002	0,001	0,002	V
1.2. Süreç Esnekliği	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001	0,011	M
1.3. Sıralama Esnekliği	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,013	M
2. Kalite							
2.1. Güvenirlilik	0,042	0,022	0,011	0,005	0,003	0,022	I
2.2. Uygunluk	0,024	0,012	0,006	0,003	0,002	0,012	I
2.3. Süreç kalitesi	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000	0,003	I
2.4. İlk yapıda doğruluk	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,003	O
3. İmalat zorluğu							
3.1. Ürün özelliği	0,205	0,106	0,052	0,026	0,013	0,052	O
3.2. Ekipman	0,017	0,009	0,004	0,002	0,001	0,009	I
3.3. Kapasite	0,054	0,028	0,014	0,007	0,003	0,014	O
4. Hacim	0,089	0,046	0,022	0,011	0,006	0,046	I
5. Vardiya dengesi	0,021	0,011	0,005	0,003	0,001	0,011	I

Toplam Puan: 0,198

Tip 10 değerlendirmesi ve puan hesaplamaları:

Ana Faktörler ve Alt Faktörler		İş Değerleme Katsayıları					Tip 10	
		Mükemmel (M)	İyi (İ)	Orta (O)	Vasat (V)	Zayıf (Z)	Puan	Maharet Faktörü
1. Esneklik								
	1.1. Malzeme Esnekliği	0,015	0,008	0,004	0,002	0,001	0,001	Z
	1.2. Süreç Esnekliği	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001	0,001	V
	1.3. Sıralama Esnekliği	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,002	V
2. Kalite								
	2.1. Güvenirlilik	0,042	0,022	0,011	0,005	0,003	0,005	V
	2.2. Uygunluk	0,024	0,012	0,006	0,003	0,002	0,003	V
	2.3. Süreç kalitesi	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000	0,001	V
	2.4. İlk yapıda doğruluk	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,001	Z
3. İmalat zorluğu								
	3.1. Ürün özelliği	0,205	0,106	0,052	0,026	0,013	0,013	Z
	3.2. Ekipman	0,017	0,009	0,004	0,002	0,001	0,001	Z
	3.3. Kapasite	0,054	0,028	0,014	0,007	0,003	0,007	V
4. Hacim		0,089	0,046	0,022	0,011	0,006	0,011	V
5. Vardiya dengesi		0,021	0,011	0,005	0,003	0,001	0,001	Z

Toplam Puan: 0,047

Tip 11 değerlendirmesi ve puan hesaplamaları:

Ana Faktörler ve Alt Faktörler		İş Değerleme Katsayıları					Tip 11	
		Mükemmel (M)	İyi (İ)	Orta (O)	Vasat (V)	Zayıf (Z)	Puan	Maharet Faktörü
1. Esneklik								
	1.1. Malzeme Esnekliği	0,015	0,008	0,004	0,002	0,001	0,004	O
	1.2. Süreç Esnekliği	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001	0,006	I
	1.3. Sıralama Esnekliği	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,003	O
2. Kalite								
	2.1. Güvenirlilik	0,042	0,022	0,011	0,005	0,003	0,005	V
	2.2. Uygunluk	0,024	0,012	0,006	0,003	0,002	0,003	V
	2.3. Süreç kalitesi	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000	0,002	O
	2.4. İlk yapıda doğruluk	0,013	0,007	0,003	0,002	0,001	0,003	O
3. İmalat zorluğu								
	3.1. Ürün özelliği	0,205	0,106	0,052	0,026	0,013	0,026	V
	3.2. Ekipman	0,017	0,009	0,004	0,002	0,001	0,004	O
	3.3. Kapasite	0,054	0,028	0,014	0,007	0,003	0,028	I
4. Hacim		0,089	0,046	0,022	0,011	0,006	0,022	O
5. Vardiya dengesi		0,021	0,011	0,005	0,003	0,001	0,005	O

Toplam Puan: 0,112

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında aycuma'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Muğla'da tamamladı. 2001 yılında girdiği Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden Haziran 2006'da mezun oldu. 2006-2008 yılları arasında, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. Temmuz 2006'dan beri Ford Otomotiv Sanayi A.Ş. Gölcük Fabrikası'nda Araç Üretim Sistemleri Mühendisi olarak görev yapmaktadır.