

**DEMİSTER SHAFER TEORİSİ KULLANILARAK
TEDARİKÇİ SEÇİM UZMAN SİSTEMİ
UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
End. Müh. Hakan ÇERÇİ OĞLU
509011202**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 Aralık 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Ocak 2004**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ali ERCENGİZ (İ. T. Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Halil TOKLU (Gazi Ü.)
Prof. Dr. Seyidali Akhiev SEYİ DOĞLU (İ. T. Ü.)**

OCAK 2004

ÖNS ÖZ

Çalışmaları boyunca değerli yardımları ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali ERCENGİZ'e, çalışmamı konum bulmamı yardımcı olan ve bu konuda çalışmaya yönlendiren Sayın Prof. Dr. Gazanfer ÜNAL'a, çalışmalarımı boyunca manevi desteklerini eksik etmeyen aileme, ve benden yardımımı eksik etmeyen başta hocam Sayın Prof. Dr. Bilal TOKLU olmak üzere tüm Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Hocalarıma ve tüm çalışmam arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim. Bu çalışmamın bilime ve ulusa katkısı olmasını dilerim,

Hakan ÇERÇİ OĞLU

Ocak 2004

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. UZMAN SİSTEMLER	3
2.1. Uzman sistemlerin Tarihsel Gelişimi	4
2.1.1. Genel Amaçlı Problem Çözücü	4
2.1.2. Uzman Sistemlerin Öncüleri	4
2.2. Uzman Sistemin Ana Bileşenleri	6
2.2.1. Kullanıcı Arayüzü	6
2.2.2. Çıkarım Mekaniizması	7
2.2.3. Bilgi Tabanı	7
2.2.4. Diğer Bileşenler	8
2.3. Uzman Sistem Geliştirme Süreci	8
2.3.1. Problem Alanının Seçilmesi	9
2.3.2. Bilgi Çıkarımı	10
2.3.3. Bilgi Temsili	12
2.3.4. Bilginin Kodlanması	13
2.3.5. Değerlendirme, Test Etme, Onaylama	13
2.3.6. Bakım ve Güncelleştirme	14
2.4. Uzman Sistemlerin Kullanım Alanları	15
3. BELİRSİZLİK	17
3.1. Belirsizliğin Gösterilmesi	18
3.2. Delile Dayalı Sonuç Çıkarımı	19
4. DEMPSTER-SHAFFER TEORİSİ, ANALİTİK HİYERARŞİ PROSES VE DS/AHP	21
4.1. Dempster-Shafer Teorisi	21
4.1.1. Dempster-Shafer Teorisine Giriş	24
4.1.2. Dempster-Shafer Teriminin Tanımlanması	26
4.1.2.1. Temel Oasılık Tanımları	27

4.1.2.2. Belief ve Plausibility Fonksiyonları	28
4.1.2.3. Delillerin Birleştirilmesi	33
4.2. Analitik Hiyerarşi Prosesi DS teorisi Yaklaşım	38
4.2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi	38
4.2.1.1. Hiyerarşi Geliştirme	38
4.2.1.2. İkili Kıyaslamalar	39
4.3. DS/ AHP Metodu	42
5. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ	51
5.1. Tedarik Zinciri	51
5.1.1. Tedarik Zincirinin Tanımı	51
5.1.2. Tedarik Zincirinin Fonksiyonları	53
5.1.3. Tedarik Zincirinin Yapısı	54
5.1.4. Tedarik Zinciri Çeşitleri	55
5.2. Tedarik Zinciri Yönetimi	56
5.2.1. Tedarik Zinciri Yönetiminin Tanımı	56
5.2.2. Tedarik Zinciri Yönetiminin Fonksiyonları	57
5.2.3. Tedarik Zinciri Yönetiminin Yapısı	58
5.2.3.1. Tedarik Zinciri Yazılımının Evrimi	58
5.2.3.2. Yazılım Çeşitleri	59
5.2.4. Tedarik Zinciri Kararları	62
5.2.4.1. Yerleşim Kararları	62
5.2.4.2. Üretim Kararları	63
5.2.4.3. Envanter Kararları	63
5.2.4.4. Nakliye Kararları	63
5.3. Tedarikçi Değerlendirme Karar Süreci	64
6. UYGULAMA	72
6.1. Problemin Tanıtımı	72
6.1.1. Delillerin Birleştirilmesi	74
6.2. Programın İncelenmesi	77
6.3. Bilginin Gösterilmesi	78
6.4. Programın İşleyişi	78
6.5. Örnek Uygulama	82
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	85
KAYNAKLAR	86
ÖZGEÇMİŞ	90

KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
DS	: Dempster-Shafer Teorisi
DS/ AHP	: Dempster-Shafer Analitik Hiyerarşi Prosesi
bpa	: Temel Olasılık Ataması (Basic Probability Assignment)
YZ	: Yapay Zeka
US	: Uzman Sistemler
ERP	: Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning)
SCP	: Tedarik Zinciri Planlaması (Supply Chain Planning)
OMS	: Sipariş Yönetim Sistemleri (Order Management Systems)
WMS	: Depolama Yönetim Sistemleri (Warehouse Management Systems)
MES	: Üretim Uygulama (Manufacturing Execution Systems)
TMS	: Nakliye Yönetim Sistemleri (Transportation Management Systems)

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. İki Delil parçasının birleştirilmesi	25
Tablo 4.2. m_{onma} ve $m_{\text{rtına}}$ bpa'larının atanması	36
Tablo 4.3. m_{onma} ve $m_{\text{rtına}}$ fonksiyonları birleşiminden oluşan kanıtların atanması	37
Tablo 4.4. m_{onma} ve $m_{\text{rtına}}$ fonksiyonları birleşiminden oluşan kanıtların Bel ve Pls ölçüleri	37
Tablo 4.5. AHP tercihleri için ikili kıyaslama dereceleri	40
Tablo 4.6. DS/ AHP için ikili kıyaslama dereceleri ...	44
Tablo 4.7. Konfor kriteri için başlangıç bilgi matrisi	45
Tablo 4.8. Kriter öncelik değerleri	45
Tablo 4.9. Öncelik derecesinin etkisinden sonra konfor kriteri için bilgi matrisi	46
Tablo 4.10. Fiyat, yakıt ve stil kriterleri için bilgi matrisi	46
Tablo 4.11. Karar alternatifleri ve θ için öncelik değerleri	47
Tablo 4.12. Tüm kanıtların birleştirilmesi sonucundaki arababa bpa'ları	49
Tablo 4.13. Arabaların altkümesi için inanç (Bel) ve (Pls) değerleri	49
Tablo 6.1. Örnek DS/ AHP tablosu	73
Tablo 6.2. Normalize DS/ AHP tablosunun oluşturulması	73
Tablo 6.3. Örnek İçin Bpa oluşturulması	74
Tablo 6.4. 2. kriter için derecelendirme ve bpa değerleri	74
Tablo 6.5. 3. kriter için derecelendirme ve bpa değerleri	75
Tablo 6.6. 4. kriter için derecelendirme ve bpa değerleri	75
Tablo 6.7. 1. kriter ve 2. kriterin birleştirilmesinden oluşan bpa değerleri	76
Tablo 6.8. MANAŞ tedariği değerlendirme kriterleri	83
Tablo 6.9. MANAŞ örneği için program sonuçları	84

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 4.1 : $m(A)$ 'lerinin gösterimi.....	34
Şekil 4.2 : $m(B)$ 'lerinin gösterimi.....	34
Şekil 4.3 : İki belief Fonksiyonunun birleşimi.....	35
Şekil 4.4 : AHP metodunu gösteren örnek hiyerarşi	39
Şekil 4.5 : Değiştirilmiş araba seçimi modeli hiyerarşisi (DS/ AHP).....	43
Şekil 5.1 : Üretim Yönetimi sistemlerinin Çelişimi.....	52
Şekil 5.2 : Tedarik zincirinin Fonksiyonları.....	53
Şekil 5.3 : Tedarik zinciri.....	54
Şekil 5.4 : Temel Tek Safhalı Tedarik Zinciri.....	55
Şekil 5.5 : Çok Safhalı Tedarik Zinciri.....	56
Şekil 5.6 : Tedarik Zinciri Yönetimi Fonksiyonları.....	57
Şekil 6.1 : Giriş formu	79
Şekil 6.2 : Kriter ayarları formu	79
Şekil 6.3 : Derecelendirme formu	81
Şekil 6.4 : Sonuç ekranı	82

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 5.1 : Tedarikçi Değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler.....	68
Çizelge 5.2 : Esas olan Tedarikçi Değerlendirilme kriterleri.....	70

SEMBOL İSTESİ

Θ...	: Hipotez uzayı
Bel	: Belief (inanç) fonksiyonu
Pls	: Plausibility (inanılabilirlik) fonksiyonu
Co m	: Commonality (serbestlik) fonksiyonu

DEMİSTER SHAFER TEORİSİ KULLANILARAK TEDARİK Kİ SEÇİM UZMAN SİSTEMİ UYGULAMASI

ÖZET

Çok kriterli ve uzman görüşlerinin farklı olduğu karar verme problemlerinde en son karara ulaşmak güçtür. Çünkü bir uzmanın çok kriterli değerlendirme yapması belirsizlik içeriktir. Karar verici tarafından verilecek nihai karar, uzmanın değerlendirmesinin belirsizliklerini de yansıtacaktır. Bu nedenle problem nihai karara özgü belirsizliğin nasıl indirgenebileceğidir.

Bu problemin çözümü için elimizdeki çalışmada Demister-Shafer teorisinin temel olarak alındığı ve çok amaçlı karar verme problemlerinde popüler bir yöntem olan Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) ile bütünleştirilmiş DS/AHP yöntemine başvurulmuştur. Bu yöntemin faydası olarak geleneksel AHP yönteminde kriter sayısı ve alternatif sayıları arttığında oluşan işlem sayısının bu yöntemde azaltılması olarak verilebilir. Tabii ki bu yöntemin elde uygulanarak çözümü uzun ve zahmet verici olabilir. Bundan dolayı karar vericiye yardımcı olmak amacıyla karar problemine öneriler üreten bir uzman sistem programı oluşturulmuştur. Bu uzman sistem değerlendirme tabanlı problemlere cevap vermektedir.

Günümüz işletmelerinin popüler konularından olan Tedarik zinciri yönetimi içerisinde en önemli yeri tutan ve sistemin sağlıklı işlemesi için temel işlevi gören Tedarikçi Seçimi konusu bu sistemi çalıştırılması için uygun bir alandır. Buradaki kriterlerin ve alternatiflerin uygulamadaki fazlalığı bu konuda çabuk çözüm verecek araştırmaları zorunlu hale getirmektedir.

Çalışmamızın birinci bölümünde çalışmanın amacı ve kapsamı hakkında bilgilerin bulunduğu Giriş bölümü, ikinci bölümde uzman sistemlerin genel yapısı ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Üçüncü bölümde belirsizlik ve belirsizliğin çeşitleri ve karar problemine etkileri anlatılmıştır. Dördüncü bölümde Karar mekanizmasını oluşturan Demister-Shafer teorisi, AHP ve bunların bütünleştirilmesinden oluşan DS/AHP metodu hakkında kısaca bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde ise uygulama yapacağımız konu olan Tedarikçi seçimi konusuna giriş yapılacaktır. Altıncı bölüm olan uygulama bölümümüzde programın işleyişi, temel formlar ve fonksiyonlar hakkında örneklerle açıklama yapılacak ve son olarak da yedinci bölümde literatürün geliştirilebilmesi için sonuç ve düşünceler verilecektir.

AN EXPERT SYSTEM PROTOTYPE FOR SUPPLIER SELECTION BY USING DEMPSTER-SHAFER THEORY

SUMMARY

It is hard to reach the final result, on Decision Problems which has multiple criteria and all experts have different ideas on them. Because an evaluation of an expert in multi-criteria environment includes ambiguity. The last decision taken by the expert, will include and show the uncertainty of expert. So the main problem of this type decisions is how to decrease the uncertainty.

To solve the problem faced, DS/AHP method, which uses the popular multi-criteria Decision tool AHP and Dempster-Shafer Theory with its combination of evidence, is applied. The DS/AHP method increases the huge number of criteria, alternatives and the calculations occurred on them, when compared with the traditional AHP method. The calculations of this method would be tiring if they were calculated manually. Thus, an expert system prototype, which produces groups of suggestions to support the decision maker, is constructed. This prototype works on evaluation based problems. The knowledge base is constructed on these binary evaluations.

The most important reason for usage of this application on Supplier Selection problem in Supply Chain Management, is its larger number of criterias and decision alternatives. The applications on this problem includes a large variety technics, including Data envelopment analysis, Cluster analysis, Case based reasoning methods, Linear programming i.e. Application of our method takes place in heuristic methods which makes pairwise comparison and expert system prototype. But this technic makes comparisons between focal sets that includes ambiguity.

So this work gives a new vision on Supplier selection problem. In normal AHP method we should make comparison between all decision alternatives, and all criterias even if we have no information about some of them. But in DS/AHP expert system prototype, a less amount of comparison is made.

In the first section an introduction section which explain the goal of this work is given, then in the second section, a small data about expert systems and its variations. The third section gives us information about uncertainty and its relation with decision problems. In the Fourth section the inference mechanism of the expert system AHP and DS/AHP technics and DS theory is explained. With the fifth section we introduce the Supply chain Management and Supplier Selection problem which is our application area. At the Sixth section the application, its components, the mechanism and application with examples are given. And in the Seventh and the last section the contributions to the literature and some future works which could be done are placed.

1. GİRİŞ

Bilgisayar ve iletişim teknolojilerinde ortaya çıkan hızlı gelişmeler sonucunda içinde yaşadığımız çağa Bilgi Çağı adı verilmiştir. Gelişmeler bilginin ve bilgiyi işleyen sistemlerin önemini gitgide artırmaktadır. Bilgi rekabet etmede çok önemli bir silah haline gelmiştir.

İş dünyasında insanlar sıkça kapsamlı veya basit şekilde kararlar almak durumundadırlar. Bilgi teknolojileri bu karar alma safhalarında, beyin gücü sağlayarak insanlara yardımcı olabilir. Yarınki iş dünyasının kazananları “beyin olarak büyük, kütle olarak küçük” organizasyonlar olacaktır.

Uzun yıllardır bilgisayarlar insanlardan çok daha hızlı bir şekilde işlem yapabilme kapasitesine sahiptirler. Bilgi teknolojileri sayesinde iş dünyası günlük işlerini manuel olarak yapma zorluğundan kurtulmuştur ve şimdi bilgi teknolojileri insanlığa beyin gücü ve düşünce işlevlerini bir çok yol vasıtasıyla sunmaktadır.

Organizasyonlar da kişiler gibi kapsamlı veya basit kararlar almak durumundadırlar. Bu kararlar arasında işgücünü artırmak, çalışma saatlerini artırmak, değişik hammaddeler kullanmak, veya yeni bir ürünün üretimine geçmek gibi kararlar vardır. Bilgi teknolojileri bu kararların bir çoğunda veya tamamında insanlara yardımcı olabilir. Bilgi teknolojilerinin sunduğu artırılmış beyin gücü, insanlara hemkarar almalarında yardımcı olur, hemde bu kararları çok daha hızlı bir şekilde almalarını sağlar.

Uzman sistemler, kişi uzmanlığını naklit edilmesi yolu ile geliştirilen ve bilgisayarların geliştirilmesi ile beraber başlayan yapay zeka kavramının bir koludur. Bir uzman sistem belli bir alana ait uzmanlık bilgilerini bilgisayar ortamında temsil eder ve bu bilgileri problemleri çözmek için kullanır. Bu bakımdan insan uzmanının sınırlı sayıda ve elde edilmesi güç ve pahalı olması, uzman sistemlerinin popülaritesini artırmaktadır.

Yapay zeka ve uzman sistem kavramları daha çok önümüze ki mya, biyoloji, matematik ve mühendislik alanlarında çıkmaktadır. Fakat son on sene içerisinde yönetimi ve işletme faaliyetlerini içerisine de girmiştir.

İşletme biliminin son yıllarda gelişen bir yöntemi olan Tedarik Zincirleri Yönetimi kavramı her geçen gün bir adımda öne çıkmakta ve yeni bakış açıları getirmektedir. Tedarik Zinciri Yönetimi, bir firma ile tedarikçilerinin dağıtım organizasyonundan, müşterilerine kadar olan ilişkisini içermektedir.[1] Dünya üzerindeki küreselleşme eğilimi, firmaları ürünlerini daha maliyet etkin bir şekilde üretmeye ve rekabet gücünü artırmaya zorlamaktadır. Bu sebeple artık geleneksel olarak bir ürünün baştan sona aynı fabrikada üretilmesi fikri yerini bir kısım bileşenlerin daha ucuz, daha kaliteli, ve buna benzer aranan kriterlere uygun üretim yapabilen tedarikçilerden alınması fikrine bırakmıştır.

Tedarik Zincirleri Yönetimi kavramı içerisindeki bir alan da tedarikçi seçimidir. Tedarikçi seçimi satınalma müdürlerinin; uygun parça, malzeme veya ürünü zamanında teslim alabilmesi ve rekabet sağlayabilmesi için çok dikkat etmesi gereken en önemli konulardan birini oluşturmaktadır. Tedarikçi seçimi konusunda birçok analitik, sezgisel, ve hibrit yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasından çalışmamızda biz uzman sistem yardımıyla kriterler arasında ağırlıklandırma ve bu kriterlerin de alternatifleri birbiri ile ikili kıyaslamalar ile seçime yardımcı olduğu tedarikçinin seçimini gerçekleştiren bir hibrit sistem prototipi geliştirilmesini amaçlanmıştır.

Bu hibrit sistemde uzman sistem kullanılması nın amacı problemlerde kriter sayısının ve ürün sayısının bir süre sonra insan hafızasını zorlayıcı boyutlara ulaşması ve tüm alternatiflerin her kriter için belirli olmasından dolayı zaman ve enerji kaybının engellenmesidir.

2 UZMAN SİSTEMLER

Yapay zeka kavramının bir uygulama dalı olan uzman sistemler hakkında çeşitli araştırmacıların çok çeşitli yaklaşımları olmuştur. Buna göre problem çözme yöntemlerine farklı bir anlam yükleyen bilgi ve bilginin temsili ön plana çıkarak; problemlerine yönelik özel alan bilgisinin programlama yöntemleri ile temsil edilmesi sonucunda uzman sistemler büyük önem kazanmıştır.

İngiliz Bilgisayar Topluluğunun içerisindeki Uzman Sistem Uzman Grubunun yapmış olduğu tanımlamada da; uzman sistemin bir süreç üzerinde karar verme veya tavsiye bulunma yeteneklerinin bir bilgi tabanı bileşenine dayalı olarak bilgisayarla bütünleştirilmesi olarak verilmiştir. Temel bileşenlerden birinin de talep olduğu durumda, sistemin çıkarım mekanizmasını sorgulayıcının ilgilendiği alanda daraltma kabiliyeti olarak ifade etmişlerdir.[2]

Bir diğer tanım olarak; [3], “yüksek beceri düzeyinde, insan uzmanının tecrübe ve uzmanlığını gerektiren, karmaşık problemleri çözebilen gelişmiş bilgisayar programlarıdır.” denmiştir.

Turban [4]; normal olarak insan uzmanlığı gerektiren problemlerin çözümü için bir bilgisayar yardımı ile insan bilgisini kullanan sistemleri, uzman sistemler olarak tanımlamıştır.

Yukarıdaki tanımların çoğu uzman sistemlerin bir bilgisayar programı olarak algılanması gerektiğini ileri sürülmüştür. Bu tanımlara karşı [5]; özel bir alanda problem çözümü için insan uzmanının uzmanlık sunan bir model ve bu modelle ilişkin yöntemleri ve bunların birbirleriyle etkileşimlerini uzman sistem olarak tanımlamıştır. Bundan dolayı uzman sistemlerin asıl bileşeninin bilgi tabanı olduğu ve en fazla üzerinde durulması gerekli konu olduğunu ifade etmiştir.

2.1. UZMAN SİSTEMLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Yapay zeka kavramı ilk olarak 1884 yılında Charles Babbage adlı bilim adamının makinelerinin zeki davranışları üzerine yapmış olduğu çalışmalarla başlamıştır denilebilir. Babbage'ın geliştirmiş olduğu ilk programlanabilir hesap makinesi, bir bilgisayarda kullanılan bellek ve işlemcinin ayrılması fikrini de ilk defa ortaya çıkarmıştır.[6]

Uzman sistemler ise 1960'ların ortalarında YZ topluluğu tarafından geliştirilmiştir. Yapay zekanın bu dönemi, güçlü bilgisayarlar tarafından gücü katlanmış birkaç çıkarım kuralının bir uzman ve hatta süper insan performansına ortaya koyabileceği düşüncesi ile bastırılmıştır. Bu yönde bir örnek olarak Genel Amaçlı Problem Çözücü (General-purpose problem solver) verilebilir. [4]

2.1.1. Genel Amaçlı Problem Çözücü

Nevell ve Simon tarafından 1973'de Mantık Teorisi Makinesinden (Logic Theory Machine) geliştirilen bu prosedür, “zeki” bir bilgisayar oluşturma denevidir. Bundan dolayıdır ki Uzman sistemlerin bir öncüsü olarak kabul edilmiştir. GAPÇ, belirli bir başlangıç durumunu, istenilen bir hedef duruma dönüştürmek için gerekli basamaklardan çıkarım yapısını ile uğraşmıştır. Yani Uzman sistemlerin inşası ile kural tabanlı düşünülmesini sağlamıştır.[4]

GAPÇ, benzer programlar gibi yazılımlarının beklentilerini tam olarak karşılayamamıştır. Fakat bunun yanında benzer programlar birçok avantajlar sağlamıştır. Örneğin, PROLOG Robinson'un otomatik teoremi spata na dayanan bir YZ programlama dilidir. LISP çevirmileri ve “Çöp Toplayıcılar” (Garbage Collectors) da genel problem çözme metodolojisi alanındaki çalışmalara dayanmaktadır.

2.1.2. Uzman Sistemlerin Öncüleri

Genel olarak yapay zekanın başlangıç tarihi olarak bir tarih oluşturulmasa da, 1956 yılında John McCarthy'nin Dartmouth Üniversitesindeki konferansta yapay zekadan bahsetmesi ile ilk yerini bulmuştur. Daha sonra 1957 yılında ilk yapay zeka

programlama dili olan LISP'i (List Processing Programming) geliştirmesi bir diğer dönüm noktasını oluşturmuştur. Bu dilin en belirgin özelliği, karmaşık nesne ve mantıksal ilişkileri sayısal olmayan bir şekilde işlenmeye imkan tanıması olarak görülmektedir. Bu amaçla geliştirilen sistem donanım olarak "LISP makinası" veya "sińgesel işlemci" adıyla anılmaktadır. Sińgesel işlemci, yapay zeka program geliştirme ve yürütme işlemlerini desteklemek için özel olarak geliştirilmiş bir bilgisayar sistemidir. [7]

Bu dönemlerde geliştirilen sistemler, insan düşünce yapısını amaçlayan ve özel alan bilgisine yönelen bir yapı içerdiğinden genelden özele inenemiş ve bu da sistem geliştiricilerini hayal kırıklığına uğratmıştır.[4]

1960 ve 1970'li yıllarda bu genellikten doğan sıkıntının problem hakkındaki özel alan bilgisinin tam olarak temsil edilmesinden kaynaklandığını keşfetmişlerdir. Bunun zerine, daha çok problem alanı ile ilgili özel ve yüksek kaliteli bilgi sağlanması yoluna gidilmiştir.[8] Bu durum bazı dar alanlı problemleri çözmeye yönelik uzmanlık gerektiren özel amaçlı programların geliştirilmesini sağlamıştır.[2]

DENDRAL isimli sistem, ilk defa özel ve yüksek kaliteli bilginin kullanıldığı sistem olarak geçmektedir. Bu sistem 1960'lı yılların sonunda Stanford niversitesinde E. Feigenbaum tarafından geliştirilmiştir. Sistemin amacı kimyasal bileşiklerin tanımlanması ve de moleküllerin kimyasal formüllerinin ve kütle spektografına ait verilerin verildiği durumda kimyasal bileşiğin yapısını ıkaraktır. DENDRAL'ın daha gelişmiş uygulaması olan META-DENDRAL'de bilgi tabanı daha fazla genişletilmiştir. [9] 1960'larda MT'de sińgesel temsil ile karmaşık problemlerin çözüme ulaştırılabil-dięi MACSYMA isimli uzman sistem geliştirilmiştir. (5)

1970'lerde Model Eřleřtirmeli (Pattern Matching) veya retim Kuralı diye ifade edilen sińgesel programlama teknikleri ortaya çıkarılmıştır. Bu yöntem alan bilgisinin bilgisayar programı olarak nasıl ifade edilebileceği ve nerelerde kullanılabileceği ile ilęlenmiştir.[4]

Bu alanda ilk çalışma, kandaki bakteri ve enfeksiyonların tanımlanması ve bunlara önerilecek tedavi yöntemlerinin bulunması amaçlı MYCIN adlı uzman sistem 1970lerin ortalarında yine Stanford niversitesi tarafından geliştirilmiştir. Bu sistem hem

mantıksal açıklamalara yer verilmiş ve hem de özel problem alanına uygun kontrol mekanizmaları işletilmiştir.[7]

Bilgisayar sektörüne yönelik olarak 1978 yılında DEC ve Carnegie- Mellon Üniversitesi ortaklığı ile geliştirilen XCON uzman sistemi olmuştur. Bu sistem müşterilerinin istekleri doğrultusunda VAX isimli bilgisayarların donanımlarını belirlemeye yönelik olarak geliştirilmiştir.[9]

1970'li yıllarda yine günümüzde de çok sıklıkla kullanılan ve geçerliliği kaybolmamış olan PROLOG Alan Colmerauer tarafından geliştirilmiştir. Bu programlama dili, tümdengelim metodu kullanılarak sorulara cevap verilmesini sağlayan ve çıkarım işlemlerini gerçekleştiren bir yapıya sahiptir. Bu dönem araştırmacıların genel problem çözücülerden, özel alan bilgisine sahip olan sistemlere geçmesini sağladığından tarihi bir öneme sahiptir. [7]

Uzman sistemler 1980 ve daha sonraki dönemde araştırma safhasından günlük ticari kullanıma geçmiştir. Buna Japonya'da gerçekleştirilen 5. Nesil projesi ve de ABD'de gerçekleştirilen Savunma sanayi, elektronik ve bilgisayar alanlarında örnekler verilebilir.

1990'lı yıllardan günümüze uzman sistemlerin daha çok diğer bilgisayar yazılımları ile bütünleşik olarak hizmet vermesi amaçlanmıştır. Bu yönde uzman sistemlerde sanal gerçeklik ve hipermedya destekli kullanıcı arayüzleri geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun yanında öğrenme ve çıkarım mekanizmaları oluşturma işlemlerinin otomatize edilmesi çalışmaları daha çok önem kazanmıştır.[4]

2.2 UZMAN SİSTEMİN ANA ELEMANLARI

Bilgi yakalama ve deneysel öğrenmenin sağlanabilmesi için her uzman sistemde bulunması mutlaka gerekli olan üç ana bileşen vardır. Bunlar; kullanıcı arayüzü, çıkarım mekanizması ve de bilgi tabanı olarak sıralanabilir.

2.2.1. Kullanıcı Ara Yüzü

Kullanıcı ara yüzü, uzman sistem ile kullanıcının iletişimini sağlayan ortamdır. Bu ortam kullanıcıdan alınan girdileri sistemin kullanabileceği şekle getirip, sistem çıktısını ise kullanıcının anlayabileceği çevirmeyi amaçlamaktadır. Bu işlemlerin rahatlıkla

yapılabilirliği için esnek bir yapının oluşturulması gerekmektedir.[9] Bu ara birimleri sanal gerçeklik, grafiksel arabirimler, çerçeveler, menüler veya istemciler (MS-DOS, OS'2, UNIX istemcileri gibi) olarak sıralanabilir. Diğer taraftan kullanıcının kendi dilinde iletişim sağlayabilirliği için doğal dil işlemlerinin de etkin kullanımı uzman sistemin kullanımı yaygınlaştıracaktır.

Kullanıcı arabiriminin performansı aynı zamanda uzman sistemin performansını da etkiler. Bilgi tabanı çok iyi hazırlanmış, çıkarım mekanizması etkin olan bir uzman sistemde kullanıcının Uzman sistem ile iletişimi yetersiz ise Uzman sistemin performansından iyi yönde bahsetmek imkansızdır.[10]

2.2.2. Çıkarım Mekanizması

Çıkarım mekanizması uzman sistemin sonuçlarına ulaşılabilirliği içinde değişik hipotezleri test etmeye yarayan ve bunda da arama stratejilerini kullanmaya imkan veren kontrol sistemidir.[11] Bu sayede yeni bilginin belirlenmesi veya bir problemin çözümü, bilgi tabanında yer alan uzmanlık bilgisinin, çalışma belleğindeki mevcut bilgiler ışığında ilerletilmesi ile gerçekleştirilir.

Kural tabanlı sistemlerde, bir kuralın koşul bölümü ile diğer bir kuralın sonuç bölümünü karşılaştırmak yolu ile kurallar arasında bir zincir oluşmasını sağlayan çıkarım mekanizması, bir problemin çözümü için veri ve bilginin etkileştiği bir ortam sağlamaktadır. Bu nedenle, kontrol mekanizması, bilgisayar işletim sistemine benzer bir şekilde bilgi tabanının içeriğinin kullanımı düzenler ve örgütler. Öe yandan, çıkarım mekanizması, diğer işletim sistemleri, veri kaynakları ve kullanıcılar ile uzman sistemler arasında ara yüzey kurulmasını da sağlar.[10]

2.2.3. Bilgi Tabanı

Bilgi tabanı uzman sistemi için özel bir anlam taşıyan temsili bilgilerden oluşur. Bu bilgiler, Uzman sistemdeki problem alanındaki gerçekleri, ilişkileri, problemi tanımlayan verileri, kuralları ve problem çözümü için gerekli metodları, fikirleri içerir. Bilgi tabanında Eğer-İse kuralları ve bu kuralları yönlendirecek özellikler mevcuttur. [7] Uzman sistemin bir uzman gibi hareket edebilmesini ancak bilginin çok iyi temsili sağlayabilecektir.

2.2.4 Diğer Bileşenler

Bu üç ana bileşenin yanında uzman sistemin diğer önemli bileşenleri de;

a. *Çalışma belleği*: Bu bellek kullanıcı tarafından girilen durumları ve bu durumlar sonucunda bulunan kuralları hafızada tutmaya yarayan bileşendir.[8]

Bazı bilgi tabanlı uzman sistem uygulamalarında çalışma belleği bilgi tabanının bir parçası olarak yer almaktadır.

b. *Bilgi edinim bileşeni*: Uzman sistemin verimli bir şekilde çalışabilmesi için bir bilgi edinme aracına sahip olması gerekmektedir. Bu bilgiler insan uzman başta olmak üzere yazılı, görsel veya işitsel olmak üzere çeşitli kaynaklar yardımı ile elde edilebilmektedir.[12] Son yıllarda ise bilhassa sinir ağıları yöntemleri başta olmak üzere değişik öğrenme yöntemleri kullanılarak, aradaki insan operatörü kaldırma ve bilgisayarlara kendi kendilerine öğrenmeleri yönünde çalışmalar geliştirilmektedir.

c. *Açıklama alt sistemi*: Problem çözümü ve uzmanlığın ortaya çıkarılmasında, çıkarımın nasıl yapıldığı ve hangi aşamalardan geçtiğini görebilmek önem taşımaktadır.[5] Bu sayede, uzman sistemin sorgulanmasının nedeni, elde edilen sonuca nasıl ulaşıldığı, belirli bir alternatifin seçilme sebebi ve de istenilen bir sonuç için ne gibi kuralların atışlanması gerektiği gibi bilgiler göz önüne getirilebilmektedir.[6]

2.3. UZMAN SİSTEM GELİŞTİRME SÜRECİ

Uzman sistemler, genel programlama dilleri veya uzman sistem dilleri kullanılarak, uzman sistem kabukları kullanılarak, ya da problemleri özel uzman sistem paketleri kullanılarak geliştirilebilmektedir. Fakat maliyet etkeni genel dillerde daha fazla iken özel paketler hem zaman hem de maliyet açısından daha avantajlıdır.[5]

Uzman sistemlerin tüm bileşenlerinin en baştan oluşturulması gerekli değildir. Uzman sistemlerin oluşturulabilmesi için geliştirilmiş uzman sistem kabukları adı verilen hazır yardımcı programlar vardır. Bu programlar genel olarak bir çıkarım mekanizması, iletişim elemanı ve de bilgi mühendisinin kural tabanı geliştirilmesinde yardımcı olacak uzman sistem geliştiricisinden oluşmaktadır. Bu programlar sayesinde bilgi mühendisi en önemli bileşen olan bilgi tabanı üzerine daha çok ilgi gösterebilecektir.[8]

Uzman sistem geliştirme sürecinde takım çalışmasının güzel bir örneği görülmektedir. Bu çalışmada içerisinde uzman kişiler ve bilgi mühendisleri esas rolü üstlenmektedirler. Müşteri ve uzman kişiler geliştirme işlemi boyunca iletişimi halinde bulunmaktadır. Süreç boyunca yapılan çalışmalar uzman kişilere, müşteriye, yönetime gösterilerek doğrulanması yapılır. Yetersiz noktalar düzeltilir. Uzman sistem geliştirme sürecinin her evresinde müdahale edilebildiğinden zaman kaybının önüne geçilmiş olur ve sonuçlar değerlendirilerek beklentilere göre kıyas edilir. [7]

Uzman sistemlerin geliştirilme süreci diğer yazılım geliştirme süreçlerinden aşağıdaki konularda ayrılır.

- a. Genel programlara göre, uzman sistemlerin uygulanabilirlik ve yapılabilirliği bakımından daha fazla belirsizlikler mevcuttur.
- b. Uzman sistemler diğer genel programlara yaklaşımlarına göre daha eksik tanımlıdır.
- c. Uzman sistemler gerçek hayatla devamlı etkileşim halinde bulunmalı ve bilgileri devamlı güncelleştirilmelidir. [8]

Geliştirme süreci problem seçimi, bilgi çıkarımı, bilginin modellenmesi ve gösterimi, bilginin kodlanması, test etme ve değerlendirme ve de uygulama ve bakım evreleri olmak üzere çeşitli aşamalardan geçmektedir. [9]

2.3.1. Problem Alanının Seçilmesi

Uzman sistem oluşturulmasındaki ilk aşama problemin tespiti, uzman sistemin amaçlarının belirlenmesi ve yararlanılacak kaynakların tespit edilmesidir. Bu evrede kullanılacak dil veya uzman sistem kabuklarına da karar verilebilmektedir.

Uzman sistem probleminin seçimi kendi içerisinde de üç bölüme ayrılabilir;

- a. Problem konusunun uzman sistem geliştirilmesi için uygunluğu ve problemlerinin belirlenebilirliği
- b. Bu problemin için bir uzman kişinin bulunabilirliği
- c. Kaynak alanındaki personel kriterleri

Bu kriterlere göre, uzman sistemin uygunluğu için görevin sembolik işlem sürecine sahip olması, testlerin üzerinde uygulanabilir olması, problemin kolay çözülebilir olması, kullanımına sıklıkla başvurulması, uzmanlık bilgisi hakkında yazılı kaynakların mevcut olması, görevin sadece karar kabiliyetini gerektirmesi, ve problemin çözümü üzerinde uzmanların hemfikir olması gerekmektedir.

Diğer taraftan uzman seçimi kriterleri olarak da önümüze; konu hakkında bir uzmanın mevcut olması, varsa uzmanın işbirliğine açık olması, uzmanın açık fikirli olması, uzmanın sahip olduğu bilginin deneyim durum ve yargılara dayalı olması, bu konu hakkında uzman başka kişilerin de bulunması gelmektedir.

Bu alanda çalışan kişilerle ilgili kriterler ise, problemin olduğu konuda bir uzman sisteme ihtiyacın bulunması, gerekli finansal desteğin bu görev için tahsis edilmiş olması, üst yönetimin de projeye inanıp destek vermesi, bu alanda çalışanların uzman sisteminin kullanımından gerçekçi beklentilerinin olması ve de uzman sistemin politik hassasiyet ve tartışmaya yol açıcı olmasıdır.[8]

Bu kriterler göz önüne alınarak en uygun problem alanı belirlenir ve problemin özellikleri tespit edilir. Bilgi mühendisi problem sahası ile ilgili bilgi toplar, durumu gözden geçirir. Bu aşama bilgi edinme hızına ve bilgi mühendisinin problem sahası hakkında sahip olduğu bilgiye göre değişir. Uzman sistemden beklentiler ve hedefler bu evrede ortaya konur.

Bilgi mühendisinin hazırlayacağı bir rapor ile bu evre sona erer. Bu raporda problem tanımlanır. Eğer uzman kişi bu tanımla, sahayı yeterli bir biçimde bulursa ikinci aşamada olan bilgi çıkarım evresine geçilir. Aksi durumda tatmin edici sonuç ortaya çıkana kadar araştırma devam edilir.

2.3.2. Bilgi Çıkarım

Bilgi çıkarım, belirlenen problem için potansiyel çözüm uzman bilgisinin bilgi kaynağından bir programhale dönüşümü için bir bilgi tabanı oluşturma prosesi dir.[12] Bilgi çıkarım, yani uzmandan bilgi tabanı için uzmanlık bilgisi almadan önce bilgi mühendisinin konuyu tanıması gereklidir. Bunu gerçekleştirebilmek için, hazırlanmış dokümanların incelenmesi ve konuya haki mdiğer uzmanlarla görüşme yapılması bilgi

mühendisinin temel bir bilgi alabilmesinde önemli rol oynamaktadır. Böylece bilgi mühendisi, uzmana gerekli soruları sorabilecek ve de konuyu daha iyi anlayabilecektir.[8]

Uzmanlık bilgisi, karşılıklı görüşmeler başta olmak üzere, gözlem yapma, anketler, eğitimseminerleri, ve benzeri analitik yöntemler gibi çeşitli biçimlerde derlenebilir. Bunlardan karşılıklı görüşmede yapılandırılmış veya yapılandırılmamış olmak üzere bazı yöntemler görülmektedir.

- Tanınmış görevler metodu- uzmanın genellikle yaptığı görevlerin analizi;
- Kısıtlı bilgili görevler- uzman tarafından genel olarak yapılan, fakat hakkında uzmanın tipik özelliklerini veremediği görevler;
- Sınırlandırılmış süreçli görevler- uzman tarafından genel olarak yapılan, fakat uzmanın zaman veya diğer kısıtlar altında yapması gereken görevler;
- Katı durumların olduğu metod- uzman için içinde zorlu konuların bulunduğu bir veri grubu ile ilişkili durumlar

Görüşme ile bilgi çıkarma işleminde, bilgi mühendisinin uzmanı bu süreç için işbirliğine razı etmesi; başlangıçta genel sorular sorarak başlaması ve giderek süreci gerektirdiği yönde odaklanmış soruları sorması; uzman üzerinde kendi görüşü yönünde etki yapacak şeylerden kaçınması; ve de son olarak görüşmeleri açık ve birbirini ile yakın konularda sınırlanmalıdır.[8]

Genel olarak insan uzmanın, uzmanlık bilgisinin tensili için vereceği bilgilerin doğruluğu tartışılabilir. Bu da uzmanın bilgisini tamaktaranması, bilgi eksikliği, konu hakkında tam bilgiyi vermekten kaçınması gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır. Bundan dolayı da bilgi tabanı oluşturma süreci, başka uzmanlardan bilgilerin doğrulanması ve araştırılmasından dolayı uzun sürmektedir.

Bu aşamadan sonra edinilen bilgilerin bilgi tabanına dönüştürülmesi yani bilgi tensili işlemi gelmektedir.

2.3.3 Bilgi temsili

Elde edilen bilgi tabanındaki uzmanlık bilgisi, fiil aritmetiği (predicate calculus), çerçeveler (frames), anlam ağları (semantic net works), veya üretim kuralları (production rules) gibi, uzman sistem temsil yöntemlerinden biri veya birkaçı ile temsil edilmektedir.

Kural tabanlı çıkarı meger;

- Belirtilen bilgiler kural olarak tanımlanmışsa,
- Sınıflandırma çoğunlukla kategorilere göre yapılmışsa,
- Metine bağlılık yüksek düzeyde değilse, en çok kullanılabilir metod haline gelmektedir.

Fiil aritmetiği adını verdiği yöntem mantıksal ifade yöntemleri ile “ve, veya, eğer” gibi işlemlerin doğruluğu ve yanlışlığına dayalı olarak geliştirilen yöntemdir. Bu yöntem sıklıkla kullanılmaktadır.

Bir diğer yöntemde bir problemlerin kurallar ve bunlardan yapılan sonuçlar halinde temsil edildiği üretim kuralı temsil biçimidir. Burada bir durumun doğruluğu tanımlandığında, yapılan çıkarımsal sonucu diğer kurallar ve aranan çözüme ulaşılması amaçlanmıştır.

Bahsedilen diğer bir temsil aracı ise anlam ağları diye ifade edilen şebeke yöntemidir. Burada düğümler durumları, ve bu düğümler arasındaki arklarda bu durumlar arasındaki ilişkileri göstermektedir.

Çerçeve tipinde temsilde ise bir durumun tüm özellikleri, bir çerçeve yapının içerisinde gösterilerek sorgulama sonucunda problem hakkında istenilen tüm bilgiler göz önüne sunulmaktadır.[11]

Bu temsil etme yöntemlerinin arasında %90 oranla en çok kullanılan yöntem üretim kuralı yöntemidir.(3) “EĞER durum1 (koşul) oluşur İSE durum2 (sonuç) oluşur.” şeklinde ana mekanizma açıklanabilmektedir. Örnek olarak[8]

Kural 1: EĞER Uuslar arası kargaşa başlar

İSE altın fiyatları yükselir

Kural 2: EĞER enflasyon oranı azalır

İSE altın fiyatları düşer

Kural 3: EĞER uluslar arası kargaşa yedi günden uzun sürerse ve EĞER Ortadoğuda

İSE altın satın al

Bu yapı ile bilgi tabanı ndaki bilgiler arasında koşul sonuç ilişkisi ile verilmiş bir kuralın sonucundan diğer kullanılmış bir kuralın harekete geçmesi sağlanmaktadır. Bu işlem çıkarım mekanizmasını oluşturmaktadır. Buradan hareketle kullanıcı tarafından belirlenen problemi için en uygun sonuç belirlenir. Bunun için ileri yönlü zincirleme veya geri yönlü zincirleme teknikleri kullanılır.[8]

2.3.4 Bilginin kodlanması

Bu aşamada bilginin, bir uzman sistem kabuğu, LISP, Prolog ve benzeri uzman sistem dilleri veya diğer genel programlama dilleri (C, Pascal, VB, vb.) ile programlanmasını içerir.

Bir uzman sistem kabuğu geliştirilmiş bir arayüz ve de çıkarım mekanizması içerir. Bir bilgi tabanı belirli bir problem için geliştirilir ve kısmi bir uygulamayı geliştirilmesi amacıyla uzman sistem kabuğuna bağlanır.

Diğer taraftan uzman sistemi için ayrılmaz parça olan açıklama modülü de uzman sistem kodlanması sırasında göz ardı edilmesi gereken bir parçadır. Bu modül mesajlar, menüler, yazıya uyumlu komutlar, yanlış girişlere karşı kurallar ve bilgi çıkarımını açıklayacak yüksek düzeyde konuşma dilini içerisindedir. Kullanıcının uzman sisteme soru sorma ve bilgi tabanından bilgi çekebilmesi ve sonuçların nasıl elde edildiğini anlaması için uzman sistemin içerisinde açıklama düzeni gereklidir.

2.3.5 Değerlendirme, Test etme, Onaylama

Bu aşamada bilgi tabanı ve değerlendirme birimindeki zayıf noktalar bulunmaya çalışılır. Değerlendirme, genellikle geçmiş problemler üzerinde geliştirilen uzman sistemini işletilmesi ile yapılmaktadır. Test aşaması fonksiyonel ve yapısal olmak üzere iki grupta yapılabilir.

Fonksiyonel testte, Uzman Sistemin problemlerle ilgili cevaplarının doğruluğuna bakılır. Burada bu cevapların uzman kişinin cevapları ile aynı olması gerekmektedir. Buna literatürde Turing testi adı verilmiştir.[8]

Test aşamasında; fazla genellik-özel durumların atlanması, fazla özele inme- konu bütünlüğünün kaybı, geçersiz bilgi- durum ve yaklaşımların bağdaştırılması, kesin olmayan sonuç- verilen yanıtın net bir şey ifade etmemesi, geçersiz çıkarılma bilgi mühendisinin bilgiyi yanlış nakletmesi, kısıtlı bakış- şimdiki, gelecekteki ve geçmişteki olayların ilişkilerinin göz ardı edilmiş olması gibi hatalar gözlenmektedir.(3)

Yapısal testte Uzman sistemi oluşturan bileşenlerin birbirlerine uygunluğuna bakılır.

Test işlemi sonucunda Uzman Sistem doğrulanmadığı takdirde eldeki test sonuçlarına göre gerçekleştirme veya biçimlendirme evresine dönülebilir. İyileştirmeler sonucundaki test aşamalarından sonrada tatmin edici bir sonuç alınamamış ise projenin başına dönülerek düzeltmeler yapılmalıdır.(6)

2.3.6 Bakım ve Güncelleştirme

Her sistemde ihtiyaç duyulduğu gibi Uzman sistemlerinde devamlılığını sağlamak amacıyla Uzman Sistemlerin gelişmelere bağlı olarak güncelleştirilmesi ve bilgi ayıklanması gerekmektedir. Çevrenin dinamik bir yapıya sahip olması, kullanıcıların yeni taleplerini ortaya çıkarmakta, Uzman sistemin değerini ve geçerliliğini koruyabilmesi de devamlı bir bakım ve güncelleştirmeyi zorunlu kılmaktadır.[12]

Uzman sistemin bakım ve güncelleştirilmesi bilgi tabanı yazılım ve donanımın yeni den gözden geçirilmesini gerektirmektedir.

Bilgi tabanına yapılan müdahale bilgi tabanına yeni bilgi ilavesi ve bazı bilgilerin sadeleştirilmesi olmaktadır. Uzman Sistem Kabuğunda geliştirilen bir sistemde değişiklik yapılması istenirse mevcut bilgi tabanı üzerine kural eklemeleri veya bu kuralların değiştirilmesi, programlama dilinde bir Uzman sistem geliştirilmiş ise de yazılımı içerisinde değişiklik yapılmalıdır.[11]

2.4 UZMAN SİSTEMLERİN KULLANILAN ALANLARI

Uzman sistemler; değerlendirme, tahmin, muayene, hata giderimi, tasarım, planlama, görüntüleme, hata ayıklama, tanıma, çizelgeleme, bilgilendirme, kontrol, analiz, hukuksal analiz, bakım kaynak ve bileşen tayini olmak üzere birçok uygulama alanı bulmuştur.[8]

Finans sektöründe; portföy yönetimi amaçlı olarak, ne kadar yatırımın hangi yatırım araçlarına yönlendirilmesi gerektiği uzman sistem tarafından sorulan sorular aracılığı ile piyasa hakkında bilgi edinilerek bulunur. Diğer taraftan sigortacılık alanında risk durumlarına göre poliçe tavsiyesi yapan uzman sistemler kullanılmaktadır.

Tıp alanında ise uzman sistemlerin ilk oluşturulanlarından olan MYCIN gibi uzman sistemler uygulanmıştır. Bu alanda genelde teşhis amaçlı olarak kullanılmaktadırlar. Fakat insan sağlığı çok önemli bir konu olduğundan dolayı doktorların direkt bu teşhisleri kullanmadığı ve insan uzmanlarının esnekliğine ulaşamadıkları görülmüştür.[9]

Diğer bir uzman sistem kullanıma alanı olan tarım sektöründe bitki verimliliği en önemli konudur. Haşerelerle mücadele için hangi ilaçlama tekniklerinin kullanılması gerektiği uzman sistem yardımı ile bulunabilmektedir. Bunların yanında genetikolojisinin geliştiği son yıllarda genlerdeki hastalıkların görülmesi veya gen özelliklerinin verimi artırma amacıyla kullanılması amaçlı olarak uzman sistemler rağbet görmektedir.

Jeoloji alanında da diğer alanlar gibi rağbet gören uzman sistemler, burada yeraltındaki mineral ve madenlerin belirtileri aracılığı ile hangi alanlarda rastlanılabileceği veya deprem konusunda yapılan çalışmalarda belirtilerin birleştirilerek hassas bölgelerin tespiti için kullanılmaktadır.

Bir diğer kullanım alanı ise Kimya sektörüdür. İlk uzman sistemlerden olan Dendral molekül formülü ve kütleli spektrometre analizlerinin sonucuna göre bir bileşimin yapısını bulabilmektedir. Bir bilgi tabanı aracılığı ile bir sentez için ne gibi bir tepki ne yolunun izlenmesi gerektiği ve bunun en uygun yolunun hangisi olabileceği yine uzman sistem tarafından bulunabilmektedir.[10]

Yine enformasyon alanında da uzman sistemler büyük ilgi görmüştür. Bunlar yazılım geliştirme amaçlı kullanılan CASE (Computer Aided Software Engineering), RAD

(Rapid Application Developer) yazılımlarına bütünleşik olarak kullanılmakta, diğer taraftan yardımcı menüleri, hata analiz programları, sistem performansının geliştirilmesi ve de çeviri gibi alanlarda kullanılmıştır.[8]

Endüstri alanında ise uzman sistemlerin kullanıma geniş bir alanda rastlanmaktadır.

Örneğin yapı sektöründe SACON adı verilen betonarme hesabını kolaylaştıran ve binaların yapılmadan önce dayanımlarının test edilebildiği ve geliştirme önerilerinin yapıldığı uzman sistem oluşturulmuştur. Diğer taraftan mimari tasarım aşamasında mimarın yapmış olduğu tasarıma önerilerde bulunan TECTON isimli bir uzman sistem de örnek olarak verilebilir. (7)

Diğer taraftan üretim hatalarının tespiti amaçlı bilgi tabanına dayalı sistemler geliştirilmiştir. Bunlara örnek olarak petrol kuyusu kazısı sırasında matkap sıkışmasının nedenini ortaya çıkarmaya amaçlı geliştirilen SECOFOR verilebilir.

Bir diğer alan ise üretim ve işletmecilik faaliyetleridir. Bunlar içerisinde çizelgeleme, malzeme yönetimi, stok yönetimi, pazarlama, insan kaynakları yönetimi gibi konularda başarılı uzman sistem uygulamaları geliştirilmektedir.[9]

En çok popülerlik kazanan işletme alanlarından biri de süreç kontrolüdür. G2 adı verilen uzman sistem kabuğu Amerika ve Japonya'da kullanılan en popüler süreç kontrol uzman sistemidir. Süreç kontrolü içerisinde süreç değerlendirme, paylaşımı kaynak tahsisi, tesis çizelgelemesi, ayarlama optimizasyonu, sıralı süreç kontrolü ve genel yönetimsel kontrol alanlarında uzman sistemler başarıyla kullanılmaktadır.

Uzman sistemler artık tek başlarına kullanılmamaktadır. Bu sistemleri diğer yazılım programları içerisinde entegre edilmiş biçimde gözlemekteyiz. Bu uygulamalar CAD, CAM, CASE, RAD simülasyon programları, karar destek sistemleri, ve çoğul veri ortamlarında gizli biçimde arka planda gözlemekteyiz.[8]

3. BELİRSİZLİK

Günlük hayatta karşıma çıkan problemlerdeki bilgilere her zaman güvenemeyiz. Bunun nedeni, bu bilgilerin genellikle belirsiz olmasıdır. "Belirsizlik" terimi uzman insanların hemen hemen hergün kendilerine sordukları soruların bir kümesine karşılık gelir. Eğer bütün kesinlikler bilinmezse ne yaparız? Tahmin edilemeyen olayları nasıl açıklayabiliriz? Birçok uygulanabilir durumlarda; kesin, tam ve tutarlı gerçeklere dayanan problemlerle karşılaşmak güçtür. Örneğin, mevcut bilgi eksik olabilir, karar probleminin gerçekleri değişken olabilir, önemli veriler kaybolabilir, problemin ifadesi çok anlaşılabilir vb. Bütün bu durumların hepsi karar verme ortamını oluşturur.

Belirsizlik, gözlenen bilginin eksik veya belirsiz olmasından kaynaklanan insan bilgisinin bir hâlidir veya belki de belirsizlik bilgi kazanım sürecinde ortamda mevcut bulunan gürültüden kaynaklanır. Çeşitli uzmanlık alanlarında çalışanlar belirsizliğin problem çözmede temel bir engel teşkil ettiğinin farkına varmışlardır. Belirsiz bilginin üstesinden gelebilmek için çeşitli belirsizlik hesaplamaları geliştirilmiştir.

Yapay zekâ teknolojisinde geçtiğimiz yıllarda yapılan araştırmalar ve geliştirmelerin bir kısmı, sistemlerde belirsizliğin temsili ve çözümlemesi alanında yapılmıştır. Sistemlerdeki belirsizliğin çok yönlü nedenleri vardır [13]. Bu nedenleri şöyle açıklayalım

İlk neden bilginin güvenilirliği ile ilgilidir. Belirsizlik olayları sırasında gözlenen bilgi mevcut olabilir. Çünkü gözlem yaparken kullanılan aletlerin hatalı veya güvenilirliğinin zayıf olması belirsizliğe neden olur. Bilgi tabanındaki zayıf bir inancın sonucunda da bu çeşit bir belirsizlik çıkabilir.

Örnek: X kişinin bir Rolls Royce sürdüğü bilgisi verilsin. Biri bu kişinin zengin olduğu çıkarımını yapabilir, fakat bu kesin bir sonuç değildir. Çünkü X kişisi arabayı çalmış olabilir veya- bir özel şoför olabilir.

Belirsizliğin ikinci türü, kural gösterimini dilinin kesinlik taşınamasından kaynaklanır. Doğal dildeki çeşitli çok anlamlılıklar, biçimsel dile çevrilirken nadiren açıklanır. Bunun sonucunda, biçimsel dilde tam olarak, ifade edilemeyen kurallar, yanlış yorumlanabilirler. Meselâ, bilgi tabanlı sistemi oluşturan uzman, harâreti (ateş) 37.5° C veya üstünde bir sıcaklık olarak kabul edebilir oysa ki sistemin kullanıcısı veya başka bir uzman, harareti 38.0° C veya üstünde bir sıcaklık olarak alabilir.

Belirsizliğin üçüncü türü, eksik bilgiye dayanarak sonuç çıkarılması yapıldığı zaman ortaya çıkar. Bu durumda, gerçekleri ve varsayımları kısmen eşleştirmeliyiz (yaklaşık örüntü eşleme).

Belirsizliğin dördüncü türü farklı uzmanlardan veya farklı bilgi kaynaklarından toplanan bilgilerden doğar. Birden fazla uzmanın görüşlerini ortak görüşteki bir bilgi tabanına birleştirmek zor, karmaşık ve bazen de imkânsızdır. Bütün uzmanlar benzer sonuçlar çizdiğinde, genellikle fikir birliği elde edilebilir. Uzmanlar çelişkili görüşlere sahip olduklarında, birleştirilmiş bir sonuç elde etmek zorlaşır.

Kurallardan kaynaklanabilecek belirsizlikler şunlardır: Çelişkili kurallar tutarsızlıklar meydana getirirler. Aynı durumlar altında aynı sonucu veren gereksiz kurallar, sonucun belirsizliği için fazla şişirilmiş bir değer bulabilir, ilk kuralın varsayımının bir ikinci kuralının altkütmesi olduğu bir alttoplamlı kural, bir sonuç için olduğundan fazla değer biçilmiş bir belirsizlik üretebilir.

3.1. Belirsizliğin Gösterilmesi

Herhangi iyi bir uzman sistem belirsizlikle uğraşabilir çünkü hemen hemen her uygulamaya alanı kesin olmayan, eksik veya ölçülenmeyen bilgiler içerir. Uzman sistemlerde belirsizlik gösterilmesi ve çözümlemesi için sayısal ve sembolik olmak üzere çeşitli metodlar geliştirilmiştir. Bu metodları şöyle gruplandırabiliriz

Sayısal:

Bayesyen (olasılıksal yaklaşım) metod
Dempster-Shafer teorisi
Bulanık (fuzzy) küme teorisi (possibility theory)
Myci'n ve Emyci'n Hesabı (Certainty Factors)

Sembolik

Formal: Non-Monotonic mantık

Heuristic: Coherlin "endorsements" teorisi

Bayesyen metotta belirsizlik, olasılık olarak görülür ki burada olasılık bağıntılı sıklık olarak düşünülebilir. Olasılıklar $[0, 1]$ bir marağındaki sayısal değerlerdir, "1" sayısı, herhangi bir olayın daıma meydana geldiğini; "0", o olayın asla meydana gelmediğini ve aradaki bir değer de olayın bazen meydana geldiğini anlamı taşıır.

De mpster-Shafer teorisi nde belirsizlik, "belief" aralığı olarak görülür. Bu "belief" aralığı $[0, 1]$ aralığının bir alt aralığıdır. Meselâ bir hipotezin doğruluğı hakkında hiç bilgi yoksa, bu hipoteze $[0, 1]$ aralığını atayarak, belirsizlik di kkat e alınmış olur. Aralığın alt sınırı hipotezin desteklenme derecesini, üst sınırı ise hipoteze atanması mümkün maksimum destek derecesini gösterir.

Bulanık küme yaklaşımında belirsizlik, küme üyeliğinin bir derecesi olarak görülür. Üyelik dereceleri $[0, 1]$ aralığındaki sayısal değerlerdir. "1", nesnenin seçilen kümenin üyesi olduğunu; "0", üyesi olmadığını ve ara değer de nesnenin kısmi üye olduğunu söyler.

Mycin/Emycin hesabında belirsizlik, bir doğrulama derecesi olarak görülür. Doğrulama dereceleri $[-1, 1]$ aralığındaki sayısal değerlerdir, "1", delilin hipotezi doğruladığını; "0", doğrulayan delilin doğrulanmayan delille dengede olduğunu; "-1", delilin hipotezi doğrulanmadığını ve bir ara değer de hipotezin delil tarafından kısmen doğrulandığını (veya kısmen doğrulanmadığını) gösterir.

3.2 Delile Dayalı Sonuç Çıkarım

Delile dayalı sonuç çıkarım(evidential reasoning) bir hipotezin lehinde veya aleyhinde deliller toplayıp bunların birleştirilmesiyle yapılır. Bu çıkarım yöntemindeki esas problem delillerin çoğı zaman kesin ol maması, eksik veya bulanık ol masıdır. Mesela, bir gözlemi uçan bir objenin askeri bölgeden yaklaşık 50 nil uzaklıkta olduğunu ve yere yakın uçtuğunu söylesin. Fakat uçan objenin türü hakkında bilgi ver mesin. Delile dayalı sonuç çıkarımbu ve benzeri türde problemleri çözmediğinden cazip bir yöntem olarak görülür [14].

Bu çıkarımı yöntemiyle çalışmalar şu üç yöntemle yapılmıştır: Bayesyen olasılık teorisi, Dempster-Shafer delil teorisi ve Bulanık küme teorisi. Bu üç teorinin de kendi alanlarında güçlü ve zayıf oldukları yönler vardır.

Bayesyen olasılık teorisi iyi geliştirilmiş bir karar verme teorisi dir, fakat kesin olasılık hükümlerini gerektirir. Bu yüzden kesin olmayan bilginin gösterilmesi ve çözümlemesi yönünden zayıftır. DS teorisi olasılık teorisine dayanır. Delilin tam kesin olmayan haliyle uğraşır. Zayıf yönlerinden birisi, bu teoriye ait karar teorisinin hâlâ bir araştırma konusu olmasıdır. Bulanık küme teorisi ise "sıcaklık yüksek" veya "hava çok soğuk" gibi bulanık bilginin gösterilmesi ve çözümlemesiyle uğraşır.

4. DEMPSTER-SHAFER TEORİSİ, ANALİTİK Hİ YERARŞİ PROSES VE DS-AHP

4.1. DEMPSTER-SHAFER TEORİSİ:

Dempster-Shafer teorisinin temelleri, üst ve alt olasılıklar için bir sistem geliştiren A.P. Dempster'in [15,16] çalışmasına dayanmaktadır. Bunu takiben öğrencisi olan G. Shafer'in [17] 1976'da yazmış olduğu "A Mathematical Theory Of Evidence" (Matematiksel Kanıt Teorisi) adlı çalışmada daha kapsamlı olarak inanç fonksiyonlarını anlatmıştır. Özellikle YZ ile ilişkili olarak oluşturulmasına rağmen, Shafer'den bir süre sonra Garvey [18, 19], Barnett [20] ve Dillard [21] bu konuya ilgi duymuşlar ve teoriyi, yapay zekâ ve uzman sistemler alanına uygulamışlardır.. Özet olarak kanıtsal çıkarımı için oluşturulmuş nümerik bir methodur. Özellikle kanıttan çıkarımyapılması için dizayn edilmiş ve DS teorisi inanç fonksiyonlarına dayanan ve genellikle bu tekniklerden oluşmuş bir teridir.) [22].

DS teorisine ilgi artmasına rağmen, mühendislik dallarıyla uğraşanlar arasında tam olarak yaygın değildir. Bunun birkaç sebebi vardır. Bunlardan biri teoriyi açıklamak ve doğrulamak için gereken örneklerin eksik oluşudur. Buna ek olarak ilk uygulamalar yapay zekâ dünyasında sınırlı kalmış ve mühendislik alanında uygulanmasını geciktirmiştir.

Olasılık teorisi 17. yy da ortaya çıktığından beri, belirsizliğin temsilini de içeren bu alandaki çeşitli görüşler-geniş ölçüde tartışılmıştır. Geleneksel method, belirsizliği mevcut hipotezlere eşit olasılıklar vererek halletmeye çalışır. Fakat bu yaklaşım hipotezlerin eşdeğer olduğunu kabul etmek demektir ve verilerde belirsizlik olması durumuyla çelişkilidir. Odukça tartışılmış diğer bir nokta da bir hipotezin meydana gelme olasılığı bilindikten sonra hipotezin değili nin olasılığının sabitlenmesidir yani $p(A) + p(\neg A) = 1$ alınmasıdır.

Shafer'in iddiası şuydu: Bir hipotezi kısmen destekleyen bir delil, onun olumsuzunu da kısmen desteklediği şeklinde yorumlanmamalıydı. D-S teorisi bütün mümkün hipotezlerin kuvvet kümesiyle çalışarak bu problemlerle uğraşır ve belirsizliğin açıkça ifade edilebilmesini sağlar. Dahası D-S teorisi bir hipotezin meydana gelme olasılığı bilindiğinde değilinin olasılığını sabitlemez.

Klasik olasılık teorisindeki örnek uzayında (Ω) sadece A, B ve C olayları olduğunu varsayalım. Biz $p(A)=0.3$ ve $p(B)=0.6$ olduğunu bilelim. Klasik olasılık teorisi buradan C'nin olasılığını 0.1 olarak bulur çünkü $p(\Omega)=1$ ve $p(A)+p(B)+p(C)=p(\Omega)$ dir. Maalesef bu, insan muhakemesini temsilinde doğru bir sonuç vermez, çünkü bir insan için üç farklı olaya aynı ölçüde inanıp inanmamak mümkündür. Böylece A ve B'nin olasılığını bilmiyoruz C'ninkini bulabilmeimizi gerektirir. DS teorisi bir hipoteze karşı olan bir delili, onun olumsuzunu destekleyen bir delil olarak görür. Böylece bir hipotezi doğrulamayan bir delil, o hipotez dışındakileri doğrulayıp onaylayan bir delildir. DS teorisi bir hipotezin değili ile uğraşırken küme notasyonu kullanır.

İnsan muhakemesinin temsilinde klasik olasılığın eksiklerinin üstesinden gelme girişimlerinden birinde, Dempster bilgisizliğe karşı genelleştirilmiş bir belirsizlik teorisi önermiştir. Daha sonra Shafer tarafından genişletilen bu teori Dempster-Shafer Delil Teorisi olarak bilinmiştir. Teori şu görüşe dayanır: Ayrık olasılık kütleleri klasik olasılık teorisinde gerektiği gibi bölünmez, tek üyelere tahsis edilmektense Θ 'nın bütün alt kümelerine tahsis edilmelidir.

Bu teori, araştırmacıların olasılık teorisi ile çalışırken karşılaştıkları iki zorluktan kaynaklanmıştır: Belirsizliğin gösterilmesi ve bir olayla, onun olumsuzuna (değiline) ayrılan subjektif “belief”ler toplamının 1'e eşit olması gerektiği fikri. Bu teori bilgisizliği ve belirsizliği ayırt etmeye çalışır. DST modelinin en temel özelliği olasılığımız veya inanç ölçütlerimizin toplamı 1 olacak şekilde zorlanması gerekliliğinden kurtarılmasıdır. Verilen bir önermeye destek veremeyen inancın tersine destek vermesi gibi bir zorunluluk (gereklilik) yoktur. Bilgisizlik kesinlikle belirsizlikten farklıdır ve farklı bir şekilde incelenmelidir.

Özellikle bilgisizliğin daha iyi olarak anlaşılabilmesi açısından [22]'deki Cardiff örneğini ele alalım.

a önermesi, “Kings caddesi, Cardiff’te yaşıyorum” olarak ifade edilmiştir.

“a”ya olan Bayesyen inançla, $P(a)$ nasıl oluşturulabilir? Öncelikle, Θ ile gösterilen bir Mühakeme Çerçevesi (Frame of Discernment) oluşturulmalıdır ve a ifadesini tanımlayan ve Θ ’nın bir alt kümesi olan A kümesi belirlenmelidir. Bundan sonra da Bayesyen bir inanca ulaşmak için “Yetersiz Karar Prensiplerinin” kullanılması gereklidir. Fakat buradaki problem Cardiff’te ne kadar yol sayılabildiğine bağlı olarak bir sürü “Mühakeme Çerçevesi”, (Θ) tanımlanabilir. Eğer sadece iki yol tanımlanabiliyorsa, o zaman $\Theta = \{x_1, x_2\}$ ve de $A = \{x_1\}$ ’dir. “Yetersiz Karar Prensipleri”, “Mühakeme Çerçevesi” içerisinde eşit olarak nesnel olasılığı dağıttığından dolayı $P(A) = 0.5$ olarak belirlenecektir. Eğer Cardiff’te tamını 1000 yol varsa, o zaman $\Theta = \{x_1, x_2, \dots, x_{1000}\}$ ve yine $A = \{x_1\}$ ve x_i ’ler diğer yolları tanımlamaktadır. Bu durumda “Yetersiz Karar Prensipleri” $P(A) = 0.001$ sonucunu verir.

Bu çerçevelerden belki sonuç alınabilir, fakat A ’ya atanan olasılık önemli bir şekilde seçilen çerçeveye bağlıdır. Bundan dolayı, Bayesyen inanç sadece verilen bilgi ve kişinin bilgi altyapısına bağlı değil, aynı zamanda “Mühakeme Çerçevesi”nin bağımsız seçimine de bağlıdır. Konuya başka yönden bakmak açısından, belirsizlik ve bilgisizliğin ayırt edilmesi gereklidir. Yaptığımız tartışmalar olasılığın sadece kendisi değil aynı zamanda nispi öneminin nesnel tahminlerin ölçümünü ile de ilgilidir. Bu konu karar ağacı üzerinde verilen bir seviyede toplam “1” olacak şekilde belirli ağırlıklar gerektiren, AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) gibi karar destek modellerinde ön plana çıkmaktadır.[23]

İlerideki 4.1.1 bölümünde de görülebileceği gibi, bu durum bize “Mühakeme Çerçevesimizi” (Frame Of Discernment) daha esnek bir şekilde oluşturma ve analiz etmeye imkan vermektedir. İncanın toplam atanma değeri bizim bilgimizin (knowledge) seviyesine göre oturmasını sağlamaktadır.

DST’nin ikinci temel fikri, belirsizliğin sayısal ölçütlerinin, hipotezlerin örtüşen küme ve altkümelerine, olaylara veya teoremlere ve hatta bireysel hipotezlere atanabileceğidir. Bunun gösterilebilmesi için, [22]’den alınmış olan katil zanlısı tanımlanması bilgisi kullanılarak geliştirilmiş ifade kullanılacaktır.

Örneğe göre; Bay Jones öldürül müştür, katilin ünlü üç suikastçıdan biri olduğu (Peter, Paul ve Mary), buradan elimizde hipotez kümesi, “Muhakeme çerçevesi” olarak $\Theta = \{\text{Peter, Paul, Mary}\}$ meydana geldiği ortaya çıkmaktadır. Elimizdeki tek kanıt, bir şahidi narkadan gördüğü kadarıyla %80 erkek olduğudur. Yani, $P(\text{erkek}) = 0,8$ ’dir. DST teriminin ojisinde ele alınan belirsizlik ölçütleri (bpa) “Basic Probability Assignment” (Atanan temel olasılık) olarak bilinmektedir. Buradan elimizdeki odak eleman $\{\text{Peter, Paul}\}$ kümesine, m_1 olasılığı olarak 0,8 bpa atanmıştır. $m_1(\{\text{Peter, Paul}\}) = 0,8$ ve diğer taraftan kalan olasılık hakkında hiçbirşey bilinmediğinden bu kalan kısım tüm “Muhakeme Çerçevesi” kümesine atanacaktır. $m_1(\{\Theta\}) = 0,2$

Belirtilmesi gereken ana noktalardan biri de “singleton” kümelere olan atamaların aynı zamanda birden çok ifadeden oluşan kümelere olan atamalar gibi işleyebileceğidir. Böyle bir duruma geleneksel Bayesyen çerçeve içerisinde izin verilmemektedir, bunun yanında ifadelerden oluşan gruplar için öncül olasılıklara Bayesyen atama yapmak mümkündür. (Geleneksel olasılık teorisi kesişim olasılıkları ile uğraştığından dolayı) Bu analizlerden de anlaşılabileceği gibi, DST, Bayesyen teorisinin bir genelleşmesidir. Uygun olmayan öncül olasılıkların atanması problemi önlenmekte ve uygun olmayan olasılıklar hakkında tahminde bulunmamaktadır. [24]

4.1.1. Dempster-Shafer Teorisi ne Giriş:

Akla gelen diğer bir soru bu bpa’lar ile neler yapılabileceğine karar vermek üzerine olacaktır. İlk aşamada verilebilecek cevap iki taraflı olacaktır. Öncelikle genel inancımızı ifade etmek üzere bpa’ları biraraya getirmeliyiz. Bu durumaşağıdaki örnek ile sınılanmıştır. Daha da önemlisi, farklı kaynaklardan gelen bpa’ları birleştirebiliriz. Cı nayet örneğine devam edersek, eğer cı nayet işlendiğinde Peter’ın 0,6 güvenilirlikle jet uçağı ile ayrıldığı yönünde detaylı bir kanıt elde edilmişse, bu durumda $m_2(\{\text{Paul, Mary}\}) = 0,6$ şeklinde bir bpa oluşur. Kalan olasılık konusunda herhangi bir bilgi mevcut olmadığından, bu tüm çerçeveye atanır. $m_2(\{\Theta\}) = 0,4$ [22]

Geleneksel olasılıkların birleştirilmesi, bildiğimiz çarpma kuralı ile sağlanır. DS teorisi yaklaşımında ise, iki kanıtı birleştiren daha karmaşık bir çarpma kuralı gereklidir. Bu çarpmanın nasıl işlediğini örneklerle bağlantılı olarak görebiliriz (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: İki delil parçasının birleştirilmesi

	$m_1(\{\text{Peter, Paul}\})=0,8$	$m_1(\{\Theta\})=0,2$
$m_2(\{\text{Paul, Mary}\})=0,6$	$m_3(\{\text{Paul}\})=0,48$	$m_3(\{\text{Paul, Mary}\})=0,12$
$m_2(\{\Theta\})=0,4$	$m_3(\{\text{Peter, Paul}\})=0,32$	$m_3(\{\Theta\})=0,08$

Basit olarak, iki ifadenin birleştirilmesi sonucu, A ve B gibi iki kesişen küme için, m_1 atamasından A'nın ağırlığının m_1 olduğunda (örn; $m_1(\{A\})=m_1$) ve B kümesinin de m_2 atamasından m_2 olduğunda, bu kümelerin kesişimi için olan birleşik olasılık m_1 ve m_2 'nin çarpımı sonucunda elde edilir. Örneğin;

$$\begin{aligned}
 m_3(\{\text{Paul, Mary}\}) &= m_1(\{\Theta\}) * m_2(\{\text{Paul, Mary}\}) \\
 &= 0,2 * 0,6 \\
 &= 0,12
 \end{aligned}$$

Yeni delil parçası, “Muhakeme Çerçevesi”nin değişen alt kümeleri için daha genişletilmiş olasılık atamaları sağlayacaktır. İnanç seviyelerini bulmak için bu delilleri biraraya getirebiliriz. Bir küme için olan inanç, o kümenin tüm alt kümelerinin tüm olasılıklarının toplamıdır. Bundan dolayı, örneğin;

$$\begin{aligned}
 Bel(\{\text{Peter, Paul}\}) &= m_3(\{\text{Peter}\}) + m_3(\{\text{Paul}\}) + m_3(\{\text{Paul, Peter}\}) \\
 &= 0 + 0,48 + 0,32 \\
 &= 0,8
 \end{aligned}$$

4.1.2 Dempster-Shafer Terminolojisi:

Yukarıda bahsedilen örnekler temel konulara girmeye yardımcı olmuştur. Olasılık teorisinde kullanılanlardan biraz farklı olan DS teorisi terminolojisini inceleyelim

Mevcut delillerimizi e ile gösterelim. Bu e 'lerin kümesi bir S delil uzayı oluşturur. Bu uzaya "Universe of Discourse" (Dialog Uzayı) denir [25]. Hipotez uzayımızı Θ ile gösterelim ve Θ sonlu sayıda hipotezden oluşsun. Bu hipotezlerin alt kümelerinden sadece bir tanesinin doğru olduğunu farzedeceğiz. Bu hipotezler kesişim altında ayrıktır (mutually exclusive) ve birleşim altında bütün Θ 'yi yeniden oluştururlar (mutually exhaustive olmak). Θ ya "Frame of Discernment" diyeceğiz. Θ 'nin DS teorisindeki rolü Ω örnek uzayının olasılık teorisindeki rolüne benzer. Aralarındaki fark DS teorisinde mümkün hipotez sayısı $|2^\Theta|$ iken olasılık teorisinde $|\Omega|$ olmasıdır. Θ 'nin bütün alt kümeleri şöyle tanımlanır:

$$H = \{A\} \ni A \subseteq \Theta$$

Θ 'nin her bir elemanına yani 2^Θ 'nin bir elemanlı alt kümelerine *singlet on* eleman denir. H kümesi boş küme ve Θ 'nin kendisi de olmak üzere 2^n elemanı içerir. Hye nesne uzayı (object space) denir. Verilen bir problemde çözüm Θ 'nin elemanlarından sadece biri olmaktan ziyade Θ 'nin alt kümelerinden biri olabilir. Θ uzayımızdaki hipotezlerin bir altkümelerini de h ile gösterelim [25]

Her delilin W ile göstereceğimiz 0 ile 1 arasında değer alan bir doğruluk derecesi olsun. W ye "data quality measure" (bilgi kalitesi derecesi) denir ve $W = P(e \text{ doğru})$ şeklinde tanımlanır [13]. $W = 1$, j. kaynaktan gelen bilgini kesinlikle doğru olduğunu (e_j delili kesinlikle doğru); $W = 0$ ise e_j 'nin kesinlikle yanlış olduğunu söyler. Elimizde birbiri ile ilgili $X = \text{delil nedir?}$ ve $Y = \text{çözüm nedir?}$ soruları olsun ve bunlar mümkün değerlerini sırası ile delil ve hipotez uzayından alsınlar [26]. e_j , X sorusuna cevap; h_i de Y sorusuna cevap ise diğer bir deyişle e_j , S ye göre doğru olduğunda h_i de Θ ya göre doğru oluyorsa e_j ve h_i uyumludur ve $e_j R h_i$ ile gösterilir. $S \times \Theta$ kartezyen çarpım $e_j \in S$ ve $h_i \in \Theta$ olmak üzere bütün (e_j, h_i) çiftlerini içerir. Bu yüzden S ve Θ arasındaki "compatibility relation" (uyum ilişkisi), $S \times \Theta$ kartezyen çarpımının bir altkümeleri ile gösterilir yani

$$(e_j, h_i) \in R \text{ eğer } \exists R h_i \text{ ise}$$

Bir "compatibility relation" iki uzaydan elemanların eşzamanlı olarak doğru olabileceğini tanımlar, delilden hipoteze bir bağlantı kurar. S ve Θ uzayı arasındaki bir "compatibility relation", S 'nin her elemanına Θ 'nın bir altkümelerini karşı getirerek S uzayından Θ uzayına çokdeğerli bir eşleme olarak gösterilebilir:

$$G: S \rightarrow 2^\Theta$$

öyleki

$$G(e_j) = \{h_i \mid (e_j, h_i) \in R\}.$$

S uzayını Θ uzayına birleştiren "compatibility relation"lar kural formuna getirilebilir [26]: (Frame of discernment (Muhakeme çerçevesi)).

4.1.2.2 Temel Olasılık Tayini:

DS teorisinde kullanılan anahtar fonksiyon, "m" ile göstereceğimiz bir olasılık yoğunluk fonksiyonudur, "m" fonksiyonu sadece Θ 'nın elemanları için değil, Θ 'nın bütün alt kümeleri için tanımlanmıştır (tek elemandan oluşmuş alt kümeleri de içerir (singleton subsets)).

"m" fonksiyonu $m: 2^\Theta \rightarrow [0,1]$ şeklinde bir fonksiyondur yani nesne uzayını (H), 0 ve 1 arasındaki sayılara eşler. Eğer "m" şu özellikleri sağlarsa temel olasılık tayini (basic probability assignment-bpa) adını alır [17]:

1. Boş kümenin temel olasılık sayısı 0 olmalıdır yani $m(\emptyset) = 0$
2. Θ 'nın bütün alt kümelerinin temel olasılık sayıları toplam 1 olmalı
yani $\sum_{A \subseteq \Theta} m(A) = 1$

A , Θ 'nın bir alt kümesi olsun $m(A)$ büyüklüğüne A 'nın temel olasılık sayısı (basic probability number) denir. $m(A)$, tamolarak A hipotezi ne atanan desteklenme derecesini gösterir yani "bir x elemanı A kümesindedir" önermesinin desteklenme derecesini gösterir.

Kuvvet kümesindeki tüm elemanların sayısına imkan tanımak için burada 2^Θ ifadesi kullanılmıştır. Yeni Θ "muhakeme çerçevesi" içerisindeki olabilecek tüm alt kümeler

içerilmektedir. Tümatanm ş olasılıklar toplam 1 olacak şekildedir ve boş küme ye hiçbir olasılık atanmamıştır.(yanlış olduğu bilinen bir hipotez gibi düşünül müştür) $m(x)$, sıfır olmayan ve Θ 'nın bir alt kümesi olan "x", odak eleman olarak adlandırılmakta ve x tarafından tanımlanan ifadeye olan inancın tamolarak gösterilmektedir. İlgiilenen olası ifadeler, "Y nin içindeki y' nin doğru değeri" dir. $y \subseteq \Theta$ ve y' de olası değerleri Θ "muhakeme çerçevesi" ni kapsayan bazı miktarlardır. Bundan dolayı ifadeler altküme v.b gibi şeylerdir. $m(Y)$ 'nin aldığı değer " y' nin gerçek değeri Y içinde, ve Y nin başka uygun bir altkümesinde olmadığına" ifadesine dair bizi minancımızı gösterir. (Y nin bir Z altkümesi, eğer $Z \subset Y$ fakat $Z \neq Y$ olduğu durumda uygun bir altkümesidir.)

4.1.2.3 "Belief ve "Hausibility" Fonksiyonları:

"bpa" temel alınarak diğer güven ölçütleri tanımlanmaktadır.

"Belief" Fonksiyonu: Belief (inanç, güven) ölçütü $Bel: 2^\Theta \rightarrow [0,1]$ şeklinde bir fonksiyondur ve ifade içerisindeki olasılıkların altküme lerinin olasılıkları toplam dan oluşmuştur. $Bel(A)$ fonksiyonu A hipotezini n toplam desteklenen derecesini gösterir. $Bel(A) = 1$, A hipotezine tam bir güvenin var olduğunu gösterir. $Bel(A) = 0$ ise, A hipotezi hakkında bir delilin olmadığını yani A hipotezini desteklemek için hiç veri olmadığını gösterir. Fakat bu ifade A hipotezi yanlış anlamında değildir yani A hipotezinin değil doğrudur sonucu çıkartılmamalıdır.

$Bel: 2^\Theta \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu şöyle tanımlanır [17]:

$$Bel(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B), \forall A \subseteq \Theta \quad (4.1)$$

$m(A)$ 'da Bel cinsinden ifade edilebilir:

$$m(A) = \sum_{B \subseteq A} (-1)^{|A-B|} Bel(B) \quad (4.2)$$

"Belief", bir hipotezler kümesini nlehi ndeki delilin kuvvetini ölçer.

Örneğin eğer Θ ayrık P, Q, U, V ve W kümelerini içeriyorsa ve biz özel olarak $A = \{P, Q, W\}$ alt kümesi ile ilgileniyorsak şunu elde ederiz:

$$Bel(\{P, Q, W\}) = m(\{P, Q, W\}) + m(\{P, Q\}) + m(\{Q, W\}) + m(\{P, W\}) + m(\{P\}) + m(\{Q\}) + m(\{W\})$$

Bayesyen “Belief” Fonksiyonu: Θ uzayında, Bel fonksiyonu şu özellikleri sağlıyorsa Bayesyen "belief" fonksiyonu adını alır:

1. $Bel(\emptyset) = 0$,
2. $Bel(\Theta) = 1$,
3. $Bel(A \cup B) = Bel(A) + Bel(B)$, $A, B \subset \Theta$ ve $A \cap B = \emptyset$ olduğunda

Fonksiyonun Bayesyen olmasıyla özdeş özellikler şunlardır:

1. Bel 'in odak elemanları "singlet on"lardır.
2. 1'den fazla eleman içeren kümelerin “commonality” sayıları 0'dır.
3. $Bel = Pl$, ($Bel(A) \leq P(A) \leq Pl(A)$ olduğundan $Bel = P = Pl$ olur)
4. $Bel(A) + Bel(A) = 1$, her $A \subset \Theta$ için

“Plausibility” (inandırıcılık) Fonksiyonu: $Pl(A)$, A hipotezi ne atılması mümkün maksimum destek derecesini gösterir. $Pl: 2^\Theta \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu şöyle tanımlanır:

$$Pl(A) = \sum_{B \cap A \neq \emptyset} m(B), \forall A \subseteq \Theta \quad (4.3)$$

$Bel(A) = 1 - Pl(A)$ şeklinde tanımlanır. $Pl(S) = 1 - Bel(S)$ dir ve 0'dan 1'e kadar değer alır. Özellikle S lehinde kesin delili miz varsa o zaman $Bel(S)$, 1 olacaktır ve $Pl(S)$ 'de 0 olacaktır. Bu bize $Bel(S)$ içinde tek mümkün değer 0 olduğunu söyler.

DS teorisi, hipotezler kümesini göz önüne alır ve onların her birine bir aralık karşı getirir ki ([“belief”, “plausibility”] = “belief aralığı”). Bir hipoteze inancın derecesi bu aralıkta olmalıdır. “Belief” aralığının büyüklüğü bilgisizliğin derecesini gösterir. Bel ve Pl , çok değerli bir eşlemin neden olduğu alt ve üst olasılıklar olarak yorumlanabilirler.

Bu ölçütler açıkça birbirleriyle bağlantılıdır. Örne;

$$Bel(A) = 1 - Pls(\neg A) \text{ ve } Pls(A) = 1 - Bel(\neg A) \quad (4.4)$$

burada “ $\neg A$ ”, onun tanıyanına yani, “ A değil”e karşılık gelmekte, ve aynı zamanda $Bel(\neg A)$ ’da A ’daki şüpheyi (doubt) ifade etmektedir. Diğer belirli ilişkiler olarak;

$$Bel(A) + Bel(\neg A) \leq 1, \quad Pls(A) + Pls(\neg A) \geq 1 \quad (4.5)$$

verilebilir.

Bu yukarıdaki iki eşitsizlik, Bayesyen yaklaşımda kullanılan geleneksel basit olasılık yoğunluk fonksiyonundan önemli bir miktarda ayrılmaktadır. Aynı zamanda şunu ifade etmeliyiz ki, her bir odak elemanımız singleton (tekil) eleman olduğu durumda, normal olasılık teorisindeki geleneksel Bayesyen analizlere tekrar geri döneriz. Çünkü bu durumda $Bel(A) = Pls(A)$ olacaktır.

“Belief” aralığı sadece bazı hipotezlerinin inanış seviyesini değil aynı zamanda sahip olduğumuz bilginin miktarını ölçer. Farzedelim ki rekabet eden A , B ve C gibi üç hipotezimiz olsun. Eğer elimizde hiç bilgi yoksa bunu, her bir hipotez için gerçek olasılığın $[0, 1]$ aralığında olduğunu söyleyerek gösterebiliriz. Bilgi toplandığı zaman bu aralık daralabilir ve bu da artan güveni gösterir çünkü her hipotezin ne kadar muhtemel olduğunu biliriz. Unutulmalıdır ki bu düşünüş tarzı öncelik olasılığının (prior probability) olaylar arasında eşit dağıtıldığı ve böylece her hipotez için $p(H) = 0.33$ bulan Bayesian yaklaşım ile çelişkilidir.

“Belief” fonksiyonlarının bazı özellikleri:

1. Boş hipotezin “belief”i 0’dır, $Bel(\emptyset) = 0$
2. Θ ’nın “belief”i 1’dir, $Bel(\Theta) = 1$
3. $Bel(A) + Bel(A) \leq 1$
4. Her pozitif tam sayı n ve Θ ’nın alt kümelerinin her $A_1, \dots, A_n$ koleksiyonu için

$$Bel(A_1 \cup \dots \cup A_n) \geq \sum_i Bel(A_i) - \sum_{i < j} Bel(A_i \cap A_j) + \dots + (-1)^{n+1} Bel(A_1 \cap \dots \cap A_n) \quad (4.6)$$

veya

$$Bel\left(\bigcup_{i=1}^n A_i\right) \geq \sum_{\substack{I \subseteq \{1, \dots, n\} \\ I \neq \emptyset}} (-1)^{|I|+1} Bel\left(\bigcap_{i \in I} A_i\right) \quad (4.7)$$

Burada $|I|$, I indeks kümesi nin kardinalitesi dir. Eğer sadece A ve B kümeleri varsa ve $A \cap B = \emptyset$ ise bu özellik şu hale gelir:

$$Bel(A \cup B) \geq Bel(A) + Bel(B)$$

“Plausibility” fonksiyonunun bazı özellikleri:

1. Boş hipotezin “plausibility”si 0’ dir, $Pl(\emptyset) = 0$
2. Θ m n “plausibility”si 1’ dir, $Pl(\Theta) = 1$
3. $Pl(A) + Pl(\neg A) \geq 1$
4. $Pl(A) \geq Bel(A), \forall A$
5. $Bel(A) \leq Bel(B), \forall A \subseteq B$
6. $Pl(A) \leq Pl(B), \forall A \subseteq B$
7. Her pozitif tam sayı ve Θ m n alt kümelerinin her $A_1, \dots, A_n$ koleksiyonu için

$$Pl(A_1 \cap \dots \cap A_n) \geq \sum_i Pl(A_i) - \sum_{i < j} Pl(A_i \cup A_j) + \dots + (-1)^{n+1} Pl(A_1 \cup \dots \cup A_n) \quad (4.8)$$

Bazı "belief" aralıkları ve onların açıklamaları [14]:

1. $[Bel(A), Pl(A)] = [0, 0]$ Hipotezin yanlış olduğuna dair "belief" 'i gösterir.
2. $[Bel(A), Pl(A)] = [1, 1]$ Hipotezin doğru olduğuna dair "belief" 'i gösterir.
3. $[Bel(A), Pl(A)] = [0, 1]$ Hipotezi destekleyen "belief'in olduğunu gösterir.
4. $[Bel(A), Pl(A)] = [0, 0.5]$ Hipotezi destekleyen "belief'i gösterir.
5. $[Bel(A), Pl(A)] = [0, 0.9]$ Hipotezdeki kısmi "disbelief"i gösterir.
6. $[Bel(A), Pl(A)] = [0.4, 1]$ Hipotezdeki kısmi "belief"i gösterir.
7. $[Bel(A), Pl(A)] = [0.4, 0.8]$ Hipotezdeki kısmi "belief"i ve "disbelief"i gösterir.

DS teorisiyle ilgili diğer bazı önemli tanımlar şunlardır:

Θ 'nın bir altkümesi olmak üzere:

A 'nın belirsizliği (uncertainty of A): $U(A) = Pl(A) - Bel(A)$

Focal(odak) elemanlar: Θ 'nın A alt kümeleri $m(A) > 0$ özelliğini sağlıyorsa bunlara Bel destek fonksiyonunun focal elemanları denir.

"Disbelief"(doubt) fonksiyonu: $D(A) = Bel(\neg A)$ Bu, kişinin A 'nın tümeneyeni ne kadar inandığını bir ölçüsüdür.

İç(core): Bir "belief" fonksiyonunun focal elemanlarının birleşimine onun içi denir.

"Commonality" Fonksiyonu: Θ 'nın elemanlarını noktalar olarak düşündüğümüzde "belief" 'imizi, bir noktadan diğerine hareket eden fakat Θ 'nın altkümlerinde sınırlı olasılık kütleleri olarak düşünebiliriz. $Q: 2^\Theta \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu şöyle tanımlanır:

$$Q(A) = \sum_{A \subseteq B} m(B), \quad (4.9)$$

$Q(A)$ büyüklüğü, A 'nın her noktasında serbestçe hareket edebilecek olasılık kütlelerini ölçer. Diğer bir deyişle Q fonksiyonu, A kümesinin her elemanına ait olabilecek

toplamserbest olasılık kütlelerini ölçmektedir. $Q(A)$ miktarına A nın “commonality” sayısı denir [17]. Q ile Bel ve Pl arasında her $A \subset \Theta$ için şu bağlantılar vardır:

$$Bel(A) = \sum_{B \subset A} (-1)^{|B|} Q(B) \quad (4.10)$$

$$Q(A) = \sum_{B \subset A} (-1)^{|B|} Bel(\bar{B}) \quad (4.11)$$

$$Pl(A) = \sum_{\substack{B \subset A \\ B \neq \emptyset}} (-1)^{|B|+1} Q(B) \quad (4.12)$$

$$Q(A) = \sum_{B \subset A} (-1)^{|B|+1} Pl(B) \quad (4.13)$$

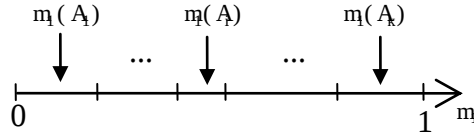
Toplu olarak yukarıdaki ölçütler, bir olay ve onun tümleyeni “ $\neg A$ ” için belirsizliğin ayrıntılı ölçütüyle DS teorisi için sağlar. Ölçüt aralığının uzunluğu ile tanımlanır. $[Bel(A), Pls(A)]$ ($Bel(A) \leq Pls(A)$, [18]) Bu aralık inanç aralığı olarak tanımlanır. $Db(A) = Pls(A) - Bel(A)$, [21] tarafından bir ölçüt olarak önerilmiştir. Bu aynı zamanda A ’nın “gerçek olasılığı”ndan olan sapmayı göstermek için de kullanılabilir. Θ ya atanan ağırlık, bu delil ağırlığı hipotezler arasında kolay ayırt edilemediğinden dolayı, genel belirsizlik olarak sunulabilir [30].

Daha önce bahsedildiği gibi, DS teorisi değişik kaynaklardan gelen kanıt ölçütlerini Dempster’in birleştirme kuralını kullanarak birleştirme yapar.

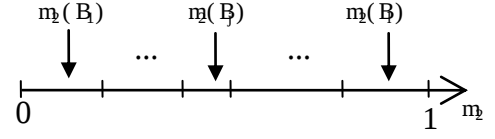
Delillerin Birleştirilmesi.

İki bağımsız bilgi kaynağı mız olduğunu farzedelim. Bu kaynaklardan toplanan delillere iki “belief” yapısı karş geldiğinde “belief” yapıları hipotezler üzerinde tam bir “belief sağlamak için birleştirilmiştir. Dempster-Shafer teorisi birleştirme işlemini, aynı Θ üzerinde tanımlı bu “belief” yapılarını **Dempster’in birleştirme kuralı** yardımıyla ortogonal toplanmalarını hesaplayarak yapar.

Θ üzerinde tanımlı m_1 ve m_2 temel olasılık tayinleri olsun. Bunlara Bel_1 ve Bel_2 fonksiyonları karşı gelsin. $A_1, \dots, A_k$ Bel_1 için, $B_1, \dots, B_l$ de Bel_2 için odak elemanları olsunlar. O zaman $m_1(A_i)$ ve $m_2(B_j)$ 'nin her-biri $[0, 1]$ aralığı üzerinde olasılık kütlelerine (probability masses) karşı gelir. $\sum m(A_i)=1$ olduğundan bir belief fonksiyonu uzunluğu 1 olan bir çizgi ile gösterilebilir, $m_1(A_i)$ temel olasılık sayılarını Şekil 4-1'de, $m_2(B_j)$ 'leri de Şekil 4-2'de uzunluğu 1 olan çizgilerin parçaları olarak gösterebiliriz.



Şekil 4-1 $m_1(A_i)$ 'lerin gösterimi



Şekil 4-2 $m_2(B_j)$ 'lerin gösterimi

İki "belief fonksiyonunun birleşimi" l^2 lik bir alan kaplar. Bu alan bir birim kare ile Şekil 4-3'de gösterilebilir [17]. Öyle ki Bel_1 'in odak elemanlarına düşey şeritler, Bel_2 'nininkilere de yatay şeritler karşı gelsin. $m_1(A_i)$ boyutlu şerit ile $m_2(B_j)$ boyutlu şeritin kesişimi bölgesinin büyüklüğü $m_1(A_i) \cdot m_2(B_j)$ 'dir. Bel_1 ile Bel_2 'nin birleşiminin etkisi tam olarak, $A_i \cap B_j$ 'ye atanmıştır.

Θ 'nın herhangi C alt kümesine bağlanmış toplam olasılık kütlesi şu şekilde tanımlanır:

$$m(C) = \sum_{i,j} m_1(A_i) m_2(B_j), \quad \forall i, j \ni A_i \cap B_j = C \quad (4.14)$$

m_2					
$m_2(B_1)$					
$m_2(B)$					
$m_1(B)$					
	$m_1(A)$	...	$m_1(A)$	...	$m_1(A)$
					m_1

Şekil 4.3 İki belief fonksiyonunun birleşimi

Bu kural kaynakların birbirinden bağımsız olduğunu varsaymaktadır. Eğer m_1 ve m_2 , Bel_1 ve Bel_2 için oluşturulan bpa'lar ve Bel_1 ve Bel_2 bağımsızsa; $m_1 \oplus m_2 : 2^\Theta \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu;

$$[m_1 \oplus m_2](y) = \begin{cases} 0 & y = \emptyset \\ \frac{\sum_{A \cap B = y} m_1(A)m_2(B)}{1 - \sum_{A \cap B = \emptyset} m_1(A)m_2(B)} & y \neq \emptyset \end{cases} \quad (4.15)$$

şeklinde tanımlanır.

Yukarıdaki formülde paydada olan ve kaynaklar arasındaki çatışmayı (çelişkiyi) gösteren ve birleştirmede normalizasyon faktörü olarak direkt ele alınan “k” ile gösterilen $\sum_{A \cap B = \emptyset} m_1(A)m_2(B)$ önemli bir özelliktir. Bu ölçüt normalizasyon yapıldığında boş kümelere atanan ağırlığı göstermektedir. Bu değeri birleştirmenin

kalitesinin değerlendirilmesi için kullanmak oldukça önemlidir: yüksek olduğunda (güçlü çelişki durumunda $k \approx 1$), birleştirmenin anlam olmayacaktır ve şüpheli sonuçlar ortaya çıkaracaktır.

Birçok inanç fonksiyonunu birleştirmek istediğimizde, bunu basitçe, ilk önce ikisini birleştirmek ve sonucu üçüncü ve diğerleri ile birleştirerek yapabiliriz. Birleştirme kuralını daha detaylı bir şekilde anlayabilmemiz için aşağıdaki geniş örnekten faydalanabiliriz [27].

Farzedelim ki Cardiff’te yarın akşamki hava durumu bugünkü havanın durumundan tahmin edilsin. Havanın şu üç durumdan birisi şeklinde olacağını kabul edelim kar yağışlı, yağmurlu veya kuru. Buradan “muhakeme çerçevesi” $\Theta = \{K, Y, Kr\}$ şeklinde ifade edilsin. İki delilin birleştirildiğini varsayalım

- Bugünkü sıcaklık donma derecesinin altındadır.
- Hava basıncı düşmektedir; mesela bir fırtına geliyor olabilir

Bu deliller m_{donma} ve $m_{firtina}$ şeklindeki temel olasılık ataması (bpa) ile tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2 m_{donma} ve $m_{firtina}$ bpa’larının atanması

	$\emptyset$	$\{K\}$	$\{Y\}$	$\{Kr\}$	$\{K, Y\}$	$\{K, Kr\}$	$\{Y, Kr\}$	$\{K, Y, Kr\}$
m_{donma}	0	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2
$m_{firtina}$	0	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1

Tanımlan, ne m_{donma} ne de $m_{firtina}$ $\emptyset$ ifadesi için bir ağırlık ortaya koymıştır. m_{donma} , Θ ’nın üstel kümesini kalan elemanları arasında $\{K\}$, $\{K, Y\}$ ve $\{K, Y, Kr\}$ elemanlarına daha fazla ağırlık vererek olasılık kütlelerini dağıtmıştır. $m_{firtina}$ fonksiyonu da kütleleri Θ ’nın tümboş küme olmayan alt kümelerine dağıtmıştır, fakat en büyük ağırlığı $\{K, Y\}$ ’a vermiş ve $\{Y\}$ ’a önem vermiştir. $m_{birlestirme}$ fonksiyonunu m_{donma} ve $m_{firtina}$ fonksiyonlarının birleşiminden meydana gelen kanıtları gösteren fonksiyon olarak kabul edelim m_{donma} ve $m_{firtina}$ ’nın birbirinden bağımsız delilleri temsil ettiklerini kabul

ederek $m_{birleştirne}$ Dempster'in birleştirne kuralı ile $m_{birleştirne} = m_{donma} \oplus m_{firtina}$ aşağıdaki tabloda verilmiştir. (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: m_{donma} ve $m_{firtina}$ fonksiyonları birleşiminden oluşan kanıtların atanması

	$\emptyset$	{K}	{Y}	{K $\bar{r}$ }	{K Y}	{K K $\bar{r}$ }	{Y K $\bar{r}$ }	{K Y K $\bar{r}$ }
$m_{birleştirne}$	0	0,282	0,282	0,128	0,180	0,051	0,051	0,026

{K}, {Y} ve {K $\bar{r}$ } elemanlarına hesaplama sonucu atanan ağrılıklar, başlangıç olasılık atamalarına göre daha fazladır. Bunun yanında {K} ve {Y} elemanları, {K $\bar{r}$ } elemanına göre daha fazla ağrılık kazanmıştır. nın üstel knesinin diğer elemanlarının ağrılıklarında görülür bir azalma olmuştur.

Tablo 4.4: m_{donma} ve $m_{firtina}$ fonksiyonları birleşiminden oluşan kanıtların Bel ve Pl lleri

	$\emptyset$	{K}	{Y}	{K $\bar{r}$ }	{K Y}	{K K $\bar{r}$ }	{Y K $\bar{r}$ }	{K Y K $\bar{r}$ }
Bel({küme})	0	0,282	0,282	0,128	0,744	0,461	0,461	1
Pl({küme})	0	0,539	0,539	0,256	0,872	0,718	0,718	1

{K Y} ifadesi iini nancın derecesi (Bel), birleşim delilinde (0,282+0,282+0,180 = 0.744) m_{donma} (0,5) ve $m_{firtina}$ (0,6) fonksiyonlarındaki inanca göre daha yüksektir. {K Y K $\bar{r}$ } ifadesine olan inanc ğal olarak değişme miştir ve 1'e eşittir.

Bel ve Pls fonksiyonlarının eşit olduğu durum “Bayesyen” zel durumunun işaretçisi dir. Daha öncede ifade edildiği gibi bu iki fonksiyonun arasındaki fark belirsizliğin bir ölçütü olarak tanımlanmıştı. Diğer taraftan, Bayesyen durumda, olasılığ 1 olan bir tek ifade dışında tmdurumlar da belirsizliğimiz olduğundan bu çok doğru değildir. Tabii ki

Bel ve Pls arasındaki farkın “tekillik (singlet on)” bir ölçütü olduğunu Bayesyen özel durumuna olan yaklaşımı daha iyi anlatır.

4.2 ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESE DS TEORİSİ YAKLAŞIMI:

4.2.1. Analitik Hiyerarşi Proses

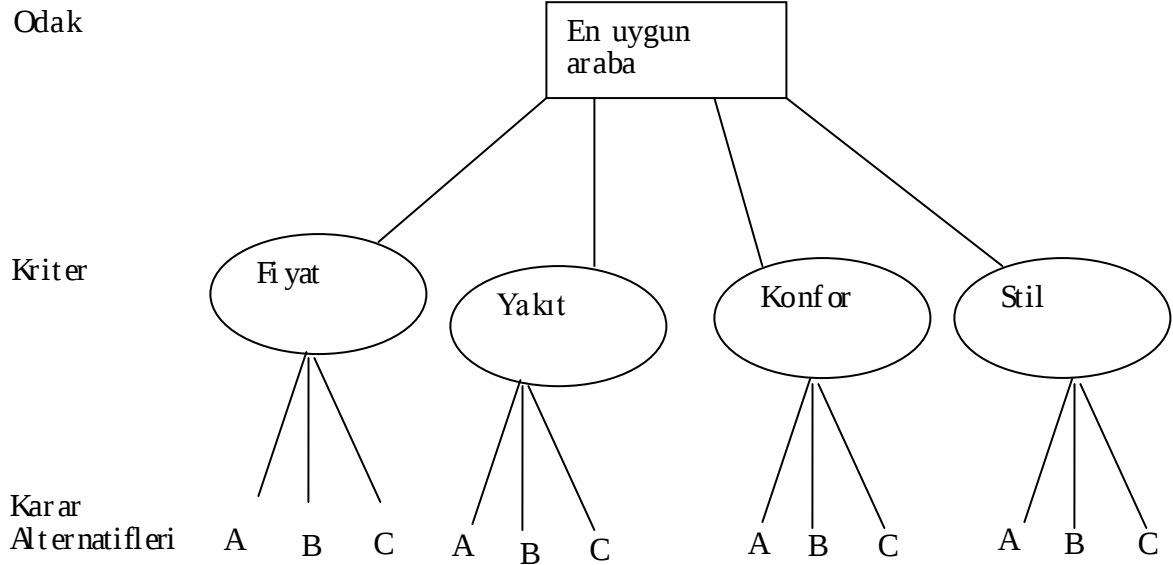
Bu bölümde geliştirilen metod, DS teorisi ile Thomas L. Saaty [23]’nin çok iyi tanıyan yönetim aracı AHP’nin (Analitik Hiyerarşi Proses) birleştirilmesiyle meydana gelmiştir. AHP, çok kriter içeren karmaşık problemlerin çözümü için tasarlanmıştır ve ilk olarak Sudan ulaştırma projesi çalışmasında Saaty [28] tarafından uygulanmıştır. Süreç, karar vericinin ölçütlerin her birinin nispi önemi hakkında hüküm vermesi ve daha sonra ölçütler temelinde karar seçenekleri için göreceli tercihi belirlemesiyle oluşur. Problemi yapıtaşlarına ayıran küçük parçalar halinde parçalayan ve karar vericiyi ikili karşılaştırmalarla değerlendirilmesine yönlendiren ve problemin hiyerarşik olarak elemanlarını gösteren sistematik bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımın temel avantajı, tavsiye edilen karara ulaşmada karar verme sürecine kişisel faktörleri de dahil etmeye izin vermesidir.

AHP hiyerarşi geliştirme ve ikili kıyaslamalar üzerine kurulmuştur:

4.2.1.1. Hiyerarşi Geliştirme:

AHP’de ilk adımlar problemi odak, kriter ve karar alternatiflerinin ters ağaç şeklindeki hiyerarşik gösterimini geliştirmektir. Örnek bir hiyerarşi aşağıdaki şekil 4.2’de verilmiştir. Problemin analizi açısından bu gösterim oldukça faydalı olmaktadır.[23] AHP yaklaşımı, odağa ulaşılması için her bir kriterin göreceli önemi hakkında, karar vericinin belirlediği ağırlıkları alır. Bir diğer seviyede AHP, karar vericiye her bir karar alternatifi için işaret edilecek öncelik veya tercihlerin her bir ölçüte nasıl katılacağını sorar. Önceliklerin oluşturulmasından sonra ki aşama AHP bloklarını inşa etmek için gerekli olan ikili karşılaştırmalardır.[29]

AHP’nin uygulamaları üzerindeki araştırmalar ortaya çıkmaya devam etmektedir.



Şekil 4.4: AHP metodunu gösteren örnek hiyerarşi

Bu örnekte, karar , 3 bilinen araba tipi seçeneği arasından, A B C diyelim(karar alternatifleri) yeni araba almayı içermektedir. Yukarıda kullanılan DS teorisi terminolojisi açısından, $\Theta = \{A, B, C\}$ “muhakeme çerçevesini” oluşturur. Bu arabaları değerlendirmek için bize yardımcı olacak kriterler, Fiyat, Yakıt, Konfor ve Stil’dir ve genel amaç (odak) ise hangi araba almak için en iyi arabadır sorusudur.

4.2.1.2 İkili Kıyaslamalar:

Analitik Hiyerarşi sürecinden elde edilen ana fayda, çok ölçütlü karar verme durumlarında karar kriterlerine atanan “ağırlıkların” büyük ölçüde kişisel değerlendirmelere objektiflik kazandırmasıdır. AHP iki alternatif için nisbi tercihleri 1 ile 9 arasında değişen derecelendirmeye tutmaktadır. Karar verici tarafından verilen bu derecelendirme aşağıda verilen Tablo 4.5’de sayısal olarak gösterilmiştir. Bu 9 dereceli puanlama karşılaştırmalarda rahatlık sağlayacaktır.[26] Bu derecelendirme konusunda Lootsma’nın [30] yapmış olduğu çalışmalarda bu derecelendirmenin 5 ile 11 arasında yapılabileceğini göstermiştir. Fakat çalışmamızda yaygın olarak kullanılan 9 dereceli kıyaslama AHP için gösterilmiştir.

Tablo 4.5: AHP tercihleri için ikili kıyaslama dereceleri:

Tercih İfadesi	Karşılık gelen derecelendirme
Aşırı derecede uygun	9
Oldukça uygun	7
Kuvvetlice uygun	5
Kısmen uygun	3
Eşit derecede	1

Karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasında, iki sözlü hüküm arasındaki ara değerler kullanılır. Örneğin, “aşırı derecede uygun” ve “oldukça uygun” arasında karar verene göre durumdur, karar verici 8 değerini kullanacaktır.

Verilen derecelere bağlı olarak ikili karşılaştırma matrisi geliştirildikten sonra karşılaştırılan ölçütlerin her birinin önceliğinin ne olacağı belirlenmektedir. Tercihlerin sentezi için geliştirilen algoritma önceliklerin sentezi için geliştirilen algoritma önceliklerinin sentezinin tutarlı bir şekilde tahmin edilmesini sağlar. Tercihlerin sentezi için aşağıdaki adımlar izlenmektedir.[31]

Adım 1: İkili kıyaslama matrisinin her bir sütunundaki değerleri toplanması

Adım 2: İkili karşılaştırma matrisindeki her bir elemanın bu sütun toplamına bölünmesi. Bunun sonucunda kıyaslama matrisi normalize hale gelmiştir.

Adım 3: Normalleştirilmiş matrisin her bir satırındaki elemanların ortalamasının hesaplanması.

İlgili öncelik değerleri, karşılaştırılmış elemanların göreceli önceliklerini tahminini verir.

AHP'nin kilit adımı, ikili kıyaslamalar doğrultusunda önceliklerin konulmasıdır. Son kararın kalitesi, karar vericinin ikili kıyaslamalarda yaptığı tercihlerin tutarlılığına bağlıdır. Tutarlılıktan kastedilen, A karar seçeneğinin B karar seçeneğinden 2 kat önemli (ya da tercih edilen), B karar seçeneğinin C karar seçeneğinden 2 kat önemli (ya da

tercih edilen) olması durumunda A karar seçeneğinin C karar seçeneğinden 4 kat önemli (ya da tercih edilen) olacaktır. AHP tutarlılık oranı hesaplamaları, ikili karşılaştırma tercihlerinin tutarlılığının ölçümüyle sağlanır. AHP tutarlılık testi bütün kıyaslama matrisleri için yapılır. Eğer tutarlılığın derecesi kabul edilebilir ise karar süreci devam eder. Tutarlılığın derecesi kabul edilemez ise, karar verici analiz ilerlemeden önce ilgili ikili kıyaslama kararlarını tekrar kontrol etmeli ve kıyaslamalarını tekrar yapmalıdır.[32]

Bütün ikili kıyaslama matrisleri için tutarlılık kontrolleri yapıldıktan sonra, karar alternatiflerinin öncelik sıralaması aşağıdaki adımlar izlenerek bulunmalıdır:

Adım 1: Her bir kriter için karar seçenekleri temelinde elde edilen öncelik vektörleri birleştirilerek öncelik matrisinin oluşturulması

Adım 2: Kriterler için öncelik vektörü ile öncelik matrisinin çarpılmasıyla karar seçeneklerinin önceliklerinin bulunması

Sonuçta, AHP ile ilgili kriterler temelinde karar vericinin ya da karar vericilerin verdiği önem dereceleri ve tercihlere bağlı olarak ilgili karar seçenekleri sıralanmaktadır.

Karar verici, kriterleri ikili olarak kıyaslayarak her kriter hakkında aralarındaki ilişkiye göre önemleri hakkında görüş belirtmelidir. Fiyat gibi sayısal kriterlerde, fiyatlar kesinlikle bilindiği sürece bu tarzda karşılaştırmalara ihtiyaç yoktur. Ağacın yaprak düğümleri için, karar alternatifleri, olmak, her 4 kriter için birebir ikili karşılaştırma yapılması gereklidir. Her kademede, ağırlıklar vektörü (toplamları 1 olacak şekilde) oluşturmak için ikili karşılaştırmalar normalize edilir. Daha sonra bu ağırlıklar karar alternatiflerinin değerlendirilmesi için sentezlenir.[26]

AHP metodunun bir tartışılacak yanı, sıralamalar değerlendirilmeden önce tüm ikili karşılaştırmaların tamamıyla yapılması gerekliliğidir. Yukarıdaki küçük örnekte her kriter için karar alternatifleri arasında 3 kıyaslama yapılması gereklidir, bu da o seviyede 12 karşılaştırma yapmayı gerektirir. Kriter seviyesinde başka 6 kıyas da kattığı mızda toplam 18 karşılaştırma oluşmaktadır. Alternatif ve kriterler arttıkça karşılaştırma sayıları da hızlı bir şekilde artmaktadır, örneğin, 8 araba arasından yapılan seçim düşünüldüğünde toplam 118 karşılaştırma değerlendirilmesi gerekmektedir.

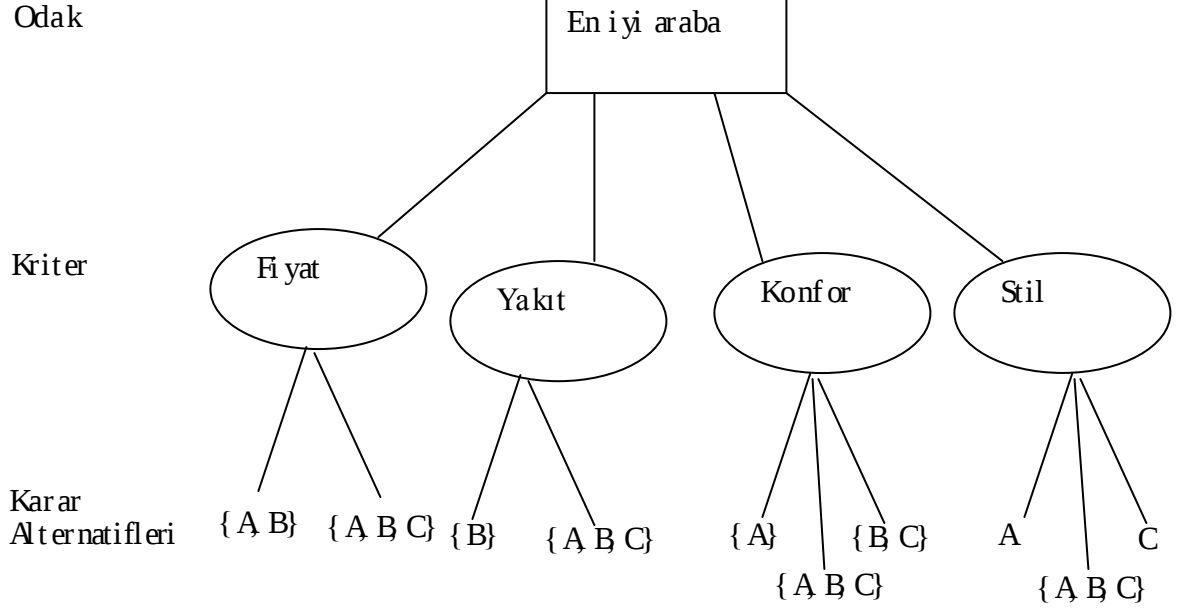
Geleneksel AHP metodundaki karşılaştırma sayısının yüksek olmasının sebeplerinden biri de, her karar alternatifinin birbiriyle her bir karar kriterine göre kıyaslanması ihtiyacıdır. Diğer bir dezavantajı da bu karşılaştırmaların birbirlerine olan bağımlılığıdır. Örneğin, eğer A arabası B'ye tercih edilmişse ve B de C'ye tercih edilmişse, aynı zamanda C de A'ya tercih edilmiş ise bu durum anlaşılacağı gibi tutarsızdır. Bu bağımlılığın anlaşılabilirliği için AHP metodu içerisinde ölçüm ve tartışma yöntemleri mevcuttur. Buna ek olarak araba tiplerine ve mevcut kriterlere göre herhangi bir belirsizliğe izin verilmemektedir. AHP metodunun dezavantajlarını özetlersek;

- Karşılaştırmaların sayısı
- Karşılaştırmaların bağımlılığı
- Model içerisinde belirsizliğin bir göstergesinin olmayışı

AHP'nin uygulanmaları üzerindeki araştırmalar ortaya çıkmaya devam etmektedir.

4.2 DS/ AHP METODU

AHP metodundaki güçlükleri azaltacak bir metoda DS teorisinin destek vereceği anlaşılmıştır. Karşılaştırmaların sayısının düşürülmesi, karar alternatiflerinin tümünün değerlendirilmesi olarak ele alınmalıdır, bunun yerine karar alternatiflerinin grup olarak ele alınması ile sağlanmalıdır. Önerilen metod, her belirli kriterin tarzına göre oluşturulan Θ “muhakeme çerçevesi” ile karşılaştırılan karar alternatifleri grupları hakkındaki uygunluğun ölçütüne dayalıdır. Bu bilgi, belirli karar alternatifleri için uygun olan sayısal veya somut delillerden elde edilir.(Şekil 4.5) (katilin kimliği örneğinde olduğu gibi.[22])



Şekil 4.5: Değiştirilmiş araba seçimi modeli hiyerarşisi (DS/ AHP)

Daha önce de bahsedildiği gibi, DS teorisinin temelleri, Dempster'in kesin olmayan olasılıklar üzerine yapmış olduğu çalışmasına dayanmaktadır. Bu belirsizlik Bel ve Pls arasındaki farklar ile yansıtılmaktadır. Yaklaşımın standart formülasyonları ayrıık hipotez kümeleri içerisindeki ve bu hipotezlerle ilişkili delillerle ilgilenmektedir. Burada, mevcut araba modellerinin ayrıık seçenekler olduğunu varsayalım

Burada, her kriter için karar vericinin uygun bilgini derecesini bildireceği Θ yı da içine alan her kriter için karar alternatifleri mevcuttur. Deliller hakkındaki bilginizdeki belirsizlik hakkındaki tartışmaya devam edilirse, Θ karar alternatifleri grubu olarak (Örn: {A, B, C}) belirsizliğin atanması için fırsat sağlamaktadır. Karar alternatifleri arasında ikili kıyaslama yapmayıp, karar alternatiflerinin gruplarla Θ yı ilişkilendirdiğimize, Θ nın iki özel altkümelerinin bir kriter için ortak bir karar alternatifi olmadıkça, bu kriter için bağımlı problemler mevcut değildir. Örneğin, konfor kriteri için, {A, B} ve {B, C} Θ nın uygun bir yöntemiyle kıyaslandığında, her küme ayrı bir önem seviyesinde olacak şekilde B arabası her iki grupta da yer aldığından, kararlarımızda bir tutarsızlık olacaktır.

Geliştirilmiş olan metod, standart AHP metoduna benzer şekilde işlemeye yardımcı olmaktadır. Karar alternatiflerinin kümelerini kullanmamıza izin vermektedir, alınan

karar cinsinden sonuçlarımız karar analizi kümelerinin bilgi değerlendirilmesini içerecektir. Öncelikle karar alternatifleri seviyesine baktığımızda ve hem somut, hem de soyut bilgiye karar alternatifi gruplarından Öya güven kararına yardımcı olmasına izin verildiğinde, izleyen 5 birim ölçek bilgisinin, bilgi düzeylerinin ayrılması için oluşturulmuştur. (AHP metodundan uyarlanarak) (Tablo 4.6)

Tablo 4.6: DS-AHP için ikili kıyaslama dereceleri

Tercih ifadesi	Karşılık gelen derecelendirme
Oldukça uygun	6
Kuvvetlice/ Oldukça	5
Kuvvetlice uygun	4
Kısmen/ Kuvvetlice	3
Kısmen Uygun	2

AHP, genellikle karar vericinin görüşünü sayısal bir değerle gösterecek şekilde dokuz birimli bir ölçek ile uygulanır. Kolaylık açısından burada beş birimli bir ölçek oluşturulmuştur. Burada eşit tercih edilenlere 1 puanlanması (AHP metodunda olduğu gibi) verilmediğini belirtmek gerekir, bu da muhakeme çerçevesinin karar alternatifleri grupları ile karşılıklı değerlendirilmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. AHP üzerindeki yakın tarihli araştırmalar üzerinde çalışılması gereken özel derecelendirme metodlarını içermektedir. [30]. Buradaki çalışmada, kolaylık açısından doğrusal ölçütler üzerinde durulmuştur. AHP metodunda olduğu gibi bilgi matrisleri her bir kriter için oluşturulmaktadır, Tablo 4.7'de konfor kriteri için bir örnek matris gösterilmiştir.

Tablo 4.7: Konfor kriteri için başlangıç bilgi matrisi

Konfor	{A}	{B, C}	{A, B, C}
{A}	1	0	4
{B, C}	0	1	6
{A, B, C}	1/4	1/6	1

Yukarıdaki bilgi matrisinde, son kolondaki değerler, her satırdaki belirli karar alternatiflerinin Θ ya göre uygunluk ölçütleridir. Örneğin, karar alternatifleri kümesindeki bilgiler kullanılarak {B, C}, Θ ile kıyaslandığında oldukça uygun gözükmektedir. Bilgi matrisinde görülen sıfırlar, karar alternatifleri grupları arasında kanıtlayıcı hiçbir bilginin konulmadığını gösterir (Ön: {A}'dan {B, C}'ye); bu deneme {A}'dan Θ ya ve {B, C}'den Θ ya olan uygunluk bilgisinin araştırılması ile indirekt olarak yapılmaktadır. Tablo 4.7'deki indirekt bilgiye göre {A}'nın, {B, C}'ye göre, Θ ya dan ilişkisine göre çok fazla uygun olduğunu anlaşılır.

Kriter seviyesinde, AHP metodunda olduğu gibi yine ikili karşılaştırma matrisi kullanılır. Gösterimi için kriterin normalize ağırlık vektörü için aşağıdaki öncelik değerleri kullanılmıştır. Bu değerler geçerlilik ölçüsü 0,069 olan karşılaştırma matrisinden gelmektedir. [22] (Tablo 4.8)

Tablo 4.8: Kriter öncelik değerleri

Kriter	Fiyat	Yakıt	Konfor	Stil
Öncelik	0,3982	0,0851	0,2159	0,2988

Bu öncelik değerlerini kullanabilmek için geleneksel AHP metodundan ayrılıyoruz, ve bunun yerine kriter seviyesinden aşağıya, her bir karar bilgi matrisini birleştirerek

oluştururuz. Bunu son kolondaki elemanlarla (bu kolonun son girişi hariç) o kriter için olan önem derecesi ile çarparak elde ederiz. Eğer “p”yi kriter için önem derecesi ve “ x_{ij} ”i belirli bir karar alternatifi grubunun uygunluğu olarak kabul edersek sonuç değeri $(p \cdot x_{ij})$ ’dır. (Benzer şekilde matrisin alt satırındaki sonuç değeri $(1/(p \cdot x_{ij}))$ dur.) Matristeki 0 ve 1 değeri alan elemanları önem değerlerinin etkilemesi önemli bir özelliktir. $p=0,2159$ önem değeri ne sahip olan konfor kriteri için Tablo 4.9 bulunur:

Tablo 4.9: Öncelik derecesinin etkisinden sonra konfor kriteri için bilgi matrisi

Konfor	{ A }	{ B C }	{ A B C }
{ A }	1	0	0,8714
{ B C }	0	1	1,3072
{ A B C }	1,1475	0,7650	1

Aşağıda uygulanan yaklaşım her bir kriteri bağımsız delil parçaları oluşturmak için Dempster birleştirme kuralı uygulanarak elde edilmiştir. Aynı matedü diğer kriterlere de uygulayız ve buradan oluşan sonuç örnek matrisleri önem derecesi karar alternatifi seviyesine kadar devalettirilir. (Tablo 4.10)

Tablo 4.10: Fiyat, yakıt ve stil için bilgi matrisleri:

Fiyat	{ A B }	{ A B C }
{ A B }	1	2,3892
{ A B C }	0,4186	1

Yakıt	{ B}	{ A B C}
{ B}	1	0, 2554
{ A B C}	3, 9160	1

Stil	{ A}	{ C}	{ A B C}
{ A}	1	0	1, 4940
{ C}	0	1	0, 5976
{ A B C}	0, 6693	1, 6734	1

Her bir kriter için bilgi matrislerini kullanarak AHP metodunu takip ederek, normalize bilgi vektörlerini oluşturabiliriz. Kolaylık açısından [23]'de kullanılan metod yerine [31]'de kullanılan temel normalizasyon metodunu kullanılmıştır. [23]'deki methodda ağırlıklar bilgi matrisinin özvektörlerinden oluşturulmuştur. En kolay metod her kriter için yaklaşık değer üretmektedir. (Tablo 4.11)

Tablo 4.11: Karar alternatifleri ve Öiçin öncelik değerleri

	Öncelik
Fiyat	
{ A B}	0, 7050
{ A B C}	0, 2950

	Öncelik
Konfor	
{ A}	0, 2466
{ B C}	0, 3259
{ A B C}	0, 4275

Yakıt	
{ B}	0, 2034
{ A B C}	0, 7966

Stil	
{ A}	0, 3608
{ C}	0, 1891
{ A B C}	0, 4501

Bu öncelik değerlerinin kolonları toplam 1'e tamamlanmaktadır, bundan dolayı bu öncelik atamalarını, temel olasılık atamaları (bpa) olarak düşünebiliriz. Fiyat kriterinde, m_1 'i bpa olarak tanımlarsak,

$$m_1(\{A, B\}) = 0,7050 \quad m_1(\{A, B, C\}) = 0,2950$$

Benzer tarzda Yakıt, Konfor ve Stil için bpa'ları tanımlarsak, sırasıyla m_2 , m_3 ve m_4 olarak;

$$m_2(\{B\}) = 0,2034 \quad m_2(\{A, B, C\}) = 0,7966$$

$$m_3(\{A\}) = 0,2466 \quad m_3(\{B, C\}) = 0,3259 \quad m_3(\{A, B, C\}) = 0,4275$$

$$m_4(\{A\}) = 0,3608 \quad m_4(\{C\}) = 0,1891 \quad m_4(\{A, B, C\}) = 0,4501$$

Karar alternatifleri seviyesinde modeldeki her kriter için temel olasılık atamaları oluşturuldu. Alınmış olan kararlar, karar alternatiflerinin tüm "muhakeme çerçevesi" ile karşılaştırılmasıyla elde edilen bilgilerin uygunluğu üzerine elde edilen bilgilerdir. Bu düşüncenin içerisinde, aynı küme içerisinde hangi karar alternatiflerinin bulunacağına dair yapmamız gereken seçim buna bağlı olarak değişik karar alternatifleri üzerindeki bilgiimizin çeşitlendirilmesi/dağıtılması için karar vermemizdir. Bu kriterleri bağımsız belirli karar alternatiflerinin uygunluğu konusundaki her önermeyi kanıtların parçaları olarak düşünebiliriz. Şimdi artık Dempster'in birleştirme kuralı ile bu parçaları

birleştirecek durumdayız. Sonuç bpa, m_{araba} hesaplanıp aşağıdaki Tablo 4.12’de gösterilmiştir.

Tablo 4.12: Tüm kanıtların birleştirilmesi sonucundaki m_{araba} bpa’sı

	{ A }	{ B }	{ C }	{ A B }	{ B C }	{ A B C }
m_{araba}	0,4309	0,2312	0,0511	0,1650	0,0527	0,0691

m_{araba} ’yı kullanarak, Θ “muhakeme çerçevesi”nin altkümesi için inanç aralığını oluşturabiliriz, seçimiizi sadece bir araba ile sınırlayamayız, en iyi araba inancımız, mümkün alternatifler arasından arabaların bir altkümesinden geldiğini görebiliriz. Aşağıdaki Tablo 4.13 Bel ve Pls değerlerini göstermektedir.

Tablo 4.13: Arabaların altkümesi için inanç (Bel) ve (Pls) değerleri

Arabalar	Bel	Pls
{ A }	0,4309	0,6650
{ B }	0,2312	0,5180
{ C }	0,0511	0,1729
{ A B }	0,8271	0,9489
{ A C }	0,4820	0,7688
{ B C }	0,3350	0,5691

.Lucas ve Van der Gaag [27] Bel ve Pls ölçütlerinin nasıl yorumlanacağı hakkında öneride bulunmuşlardır. Düşündükleri iki örnek;

- Eğer $[Bel(Y), Pls(Y)] = [0.3, 1]$ ise Y hipotezinin uygunluğu konusunda bir kısımdelil mevcuttur.
- Eğer $[Bel(Y), Pls(Y)] = [0.15, 0.75]$ ise Y hipotezinin uygunluğu yanında uygunsuzluğu hakkında delil mevcuttur.

Tablo 4.12'ye baktığımızda, eğer $\{A\}$ odak elemanını düşünecek olursak, A 'nın en iyi araba olması hakkında ve bu hipotezin karşıtı olarak küçük bir miktarda delil mevcuttur. $\{C\}$ için en iyi seçim olmasının karşısında çok kuvvetli delil mevcut olduğu tabloda gösterilmiştir. İlginç bir şekilde $\{A, B\}$ kümesi elemanları içerisinde en iyi arabanın olduğuna dair çok kuvvetli delil vardır. Bu son iki açıklama $Pls(Y) = 1 - Bel(\neg Y)$ özelliğine bağlıdır. (Y Θ 'nın bir alt kümesidir.)

Bahsedildiği gibi, bu belirli arabalar arasındaki farkların bulunmasında daha fazla araştırmanın üstlenilmesi gerektiğini karar vericiye hatırlatan $\{A, B\}$ arabalarının kümesini ni nanç aralığı en önemli noktadır. Bu durumbazı durumlarda benzer olan A ve B 'nin ayrı olarak inanç aralıklarına bakarak kuvvetlenir bundan dolayı özellikle araba seçimi ile ilgili bir açıklama verememektedir. Karar verici sadece kararlaştırılacak araba tiplerinin sayısının azaltılmasını isteyecektir.

AHP metodunda, her karşılaştırma matrisindeki yargıya güveni işaret etmek için tutarlılık ölçütü kullanılır. Bizimdeğiştirilmiş metodumuz için Tablo 4.12'deki sonuçlar Dempster'in birleştirme kuralının bir sonucu olduğundan, tutarsızlık için bir ölçüt hesaplayabiliriz, $k = \sum_{A \cap B = \emptyset} m_1(A)m_2(B)$. Örneğimizde, tüm deliller için tutarsızlık

düzeyimiz $k=0,6893$ 'dür. Bundan dolayı değişik kriterlere göre belirli arabaların uygunluğu üzerindeki yargılarda bir kısımtutarsızlık mevcuttur. (k ne kadar geniş olursa, bizimdeliliğimizde o kadar tutarsızdır.)

Örneğimizden anlaşıldığı kadarıyla DS/AHP metodu adı verilen metod AHP metodundaki mevcut üç problem alanına cevap vermede kullanılmaktadır. Bu metod aynı zamanda araştırmamız gereken alternatiflerin sayısını indirgemekte de kullanabiliriz. Özellikle belirtmek gerekirse, yapmış olduğumuz bu örnekte 6 muhake ve 6 ikili kriter karşılaştırılması yapılmıştır.

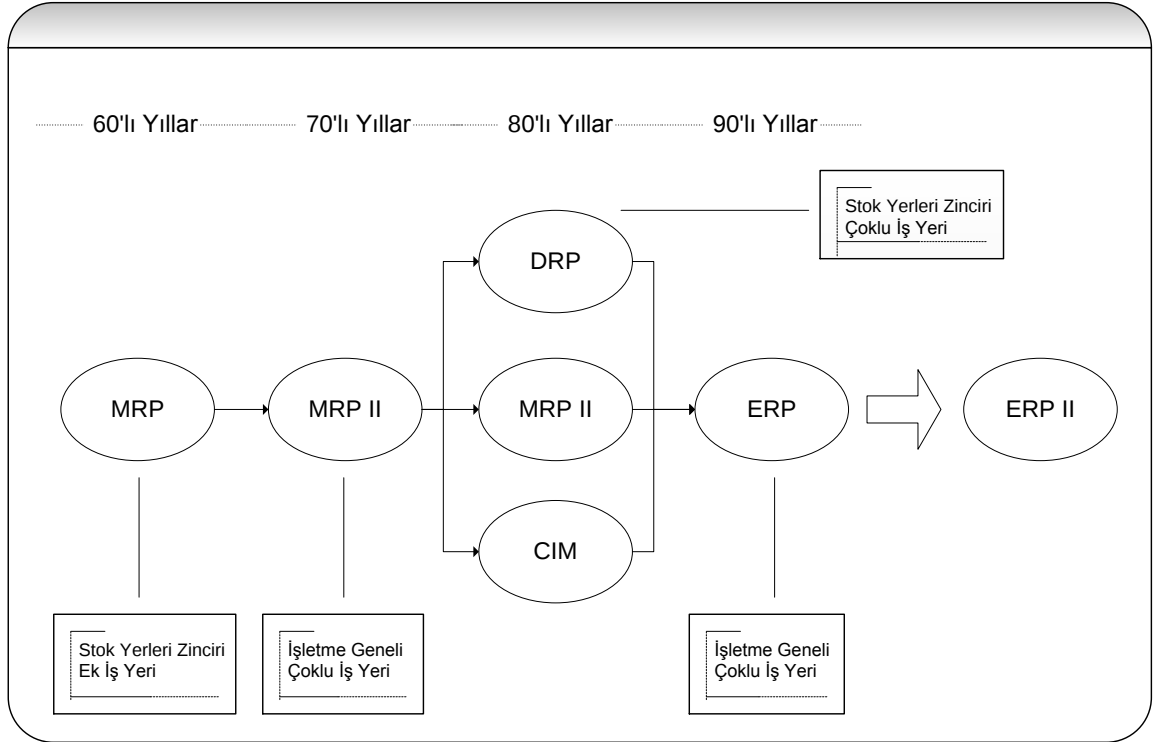
5. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

5.1. TEDARİK ZİNCİRİ

5.1.1 Tedarik Zincirinin Tanımı

Günümüzde işletmeler rekabet güçlerini koruyabilmek ve pazarda daha büyük pay sahibi olabilmek için üç önemli kavram ile karşı karşıyadırlar. Bunlar; "kalite", "fiyat" ve "zaman" dır. Ürün kalitesi arttıkça müşterinin ödeme gücünü zorladığı ya da biraz daha fazla ödeme yapabildiği bilinmektedir. Aynı noktada müşteri için zamanında teslimat ve üretim hızı önemli unsurlardır. Bu faktörler dikkate alındığında, işletmeler, faaliyetlerini ve organizasyon yapılarını daha iyi planlama ihtiyacı hissetmektedirler[33].

Bu ihtiyaçtan doğan İşletme Kaynakları Planlamasının (Enterprise Resources Planning - ERP) kökleri 1960 lı yılların öncesinde kullanılan Malzeme Listesi (Bill of Material - BOM) kavramına dayanmaktadır. 1960 lı yıllarda Malzeme İhtiyaç Planlama (Material Requirements Planning - MRP), 1970 li yıllarda Kapalı Çevrimsel Malzeme İhtiyaç Planlama (Closed Loop- MRP), 1980 li yıllarda Üretim Kaynakları Planlaması (Manufacturing Resource Planning - MRP II) ve Dağıtım Kaynakları Planlaması (Distribution Resource Planning - DRP), 1990 lı yıllarda ise ERP sistemleri geliştirilmiştir. İşletme Kaynakları Planlaması (İKP) tüm adı geçen sistemleri kapsayan bir yapıya sahiptir (34). Bu gelişim Şekil 5.1’de grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 5.1. Üretim Yönetimi Sistemlerinin Gelişimi

Tedarik zinciri, bir veya daha fazla ürün grubuyla ilgili elde etme, üretim ve dağıtım faaliyetlerinden kolektif bir biçimde sorumlu olan otonom veya yarı otonom iş faaliyetlerinden oluşan bir şebekedir.[33]

Diğer bir tanıma göre ise tedarik zinciri, hammaddeleri elde eden, bunları yarı ve tamamlanmış ürünlere dönüştüren ve ardından bir dağıtım sistemi vasıtasıyla bu ürünleri müşterilere teslim eden yapılar şebekesidir.[34]

Nihai müşterilere dağıtılmak üzere hammaddeleri tamamlanmış ürünlere dönüştüren tedarik zinciri, çok safhalı, kapsamında birden fazla görevi olan ve birçok işletmeyi içeren bir süreçtir.

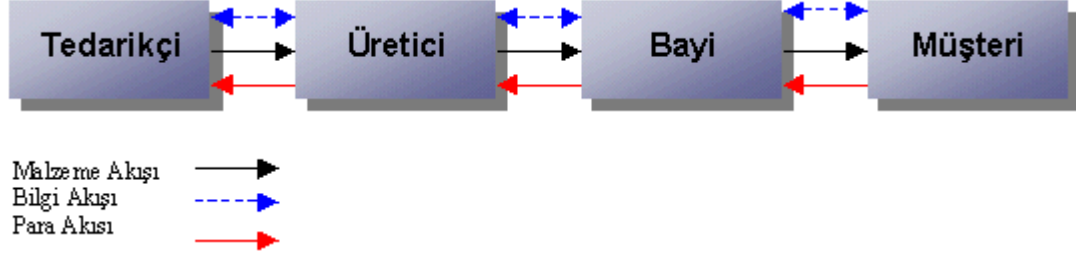
Genel bir tanım olarak tedarik zinciri, hammaddelerin siparişi ve elde edilmesinden, mallerin üretilmesine ve müşteriye dağıtım ve ulaştırılmasına kadar olan kurumsal fonksiyonlarına uzanan bir faaliyetler dizisidir.

Bu noktada, tek bir ürün için basit bir tedarik zinciri örneği verilebilir: Bu zincirde satıcılardan hammadde sağlanır, tek bir adımda tamamlanmış ürüne dönüştürülür, ardından dağıtım merkezlerine, ve son olarak da müşterilere taşınır. Gerçek tedarik

zincirleri ortak bileşenlere, üreti maraclarına ve kapasitelere sahip t a n a n m ı ş bir çok ürünü bul undur ur [35]

5.1.2 Tedarik Zincirinin Fonksiyonları

Bir iş ortamında üç çeşit akış mevcuttur. Bunlar:



Şekil 5.2 Tedarik Zincirinin Fonksiyonları

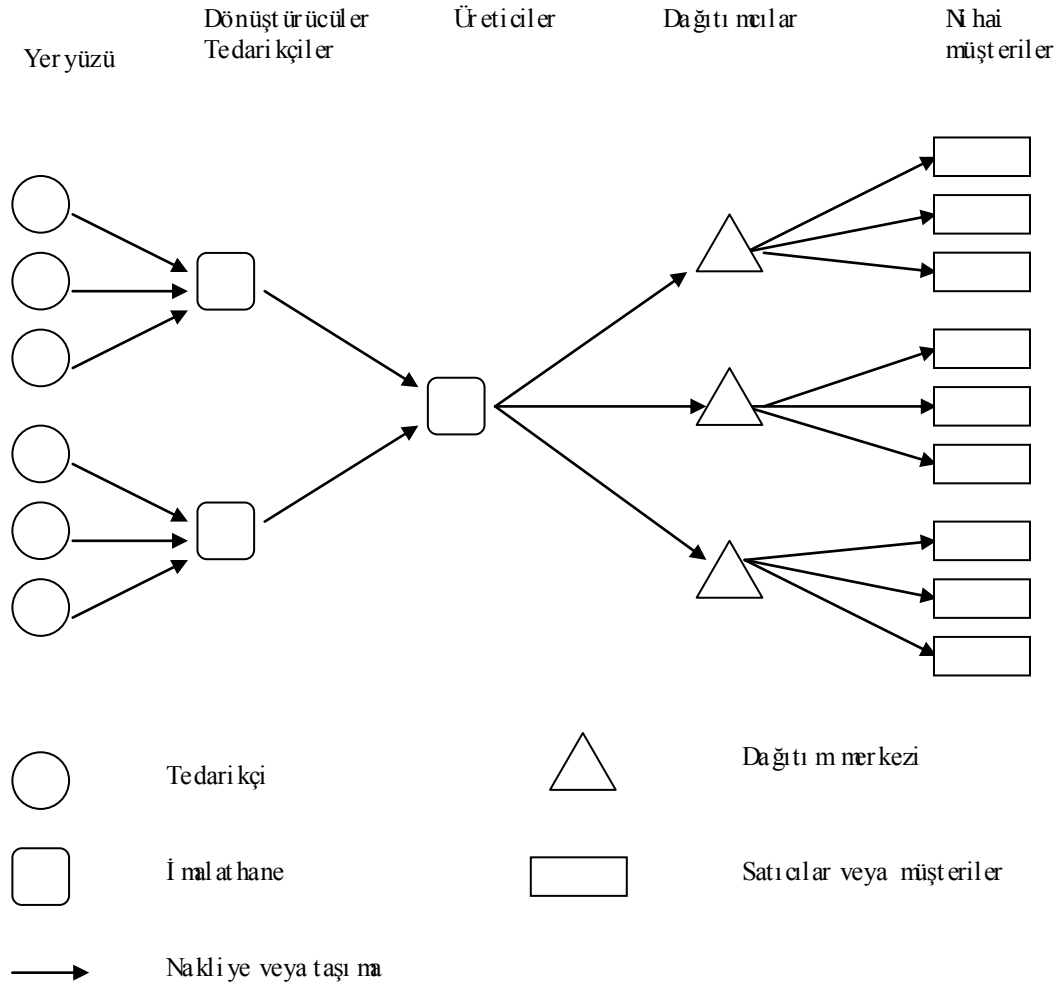
Tedarik zincirindeki pazarlama, dağıtım planlama, üretim ve satın alma organizasyonları geleneksel olarak bağımsız olarak işletilmiştir. Bu organizasyonların kendi amaçları bulunmakta ve bu amaçlar da çoğunlukla çakışmaktadır.

Pazarlamanın yüksek seviyeli müşteri hizmeti maksimum satış amaçları, üretim ve dağıtım hedefleriyle de çakışmaktadır. Birçok üretim işlemi, envanter seviyeleri ve dağıtım imkanları üzerindeki etkisi göz önüne alınmadan, çıktıyı maksimize etmek ve maliyetleri düşürmek üzere tasarlanmıştır. Satın alma kontratları, eski satın alma örneklerinin ötesinde çok az bir bilgiyle müzakere edilmektedir. Bu etmenlerin sonucunda, işletme için tek, bütünsel bir plan bulunmamaktadır, planların sayısı iş çeşitlerinin sayısı kadarır. Bu farklı fonksiyonların bütüleştirilmesi için bir mekanizmaya ihtiyaç vardır. Tedarik zinciri yönetimi, bu tür bir bütüleşmeye ulaşılacak bir stratejidir. Tedarik zinciri yönetiminin tipik olarak, malzeme akışının bütün olarak tek bir firma tarafından sahip olduğu ve her bir kanal üyesinin bağımsız olarak çalıştığı t a m o l a r a k bütüleşmiş firmalar arasında bulunduğu gözlenmektedir. Bu yüzden zincirdeki çeşitli bileşenlerin koordinasyonu, onların etkili bir şekilde yönetilmesiyle sağlanır[36].

5.1.3. Tedarik Zincirinin Yapısı

Tedarik zinciri satılacak mal için gerekli satın alma ve elde etme ile başlar. Ardından, satışların desteklenmesi amacıyla envanter yönetimi ve depo yönetimi yapılır. Ürünlerin müşterilere teslimatıyla son bulur.

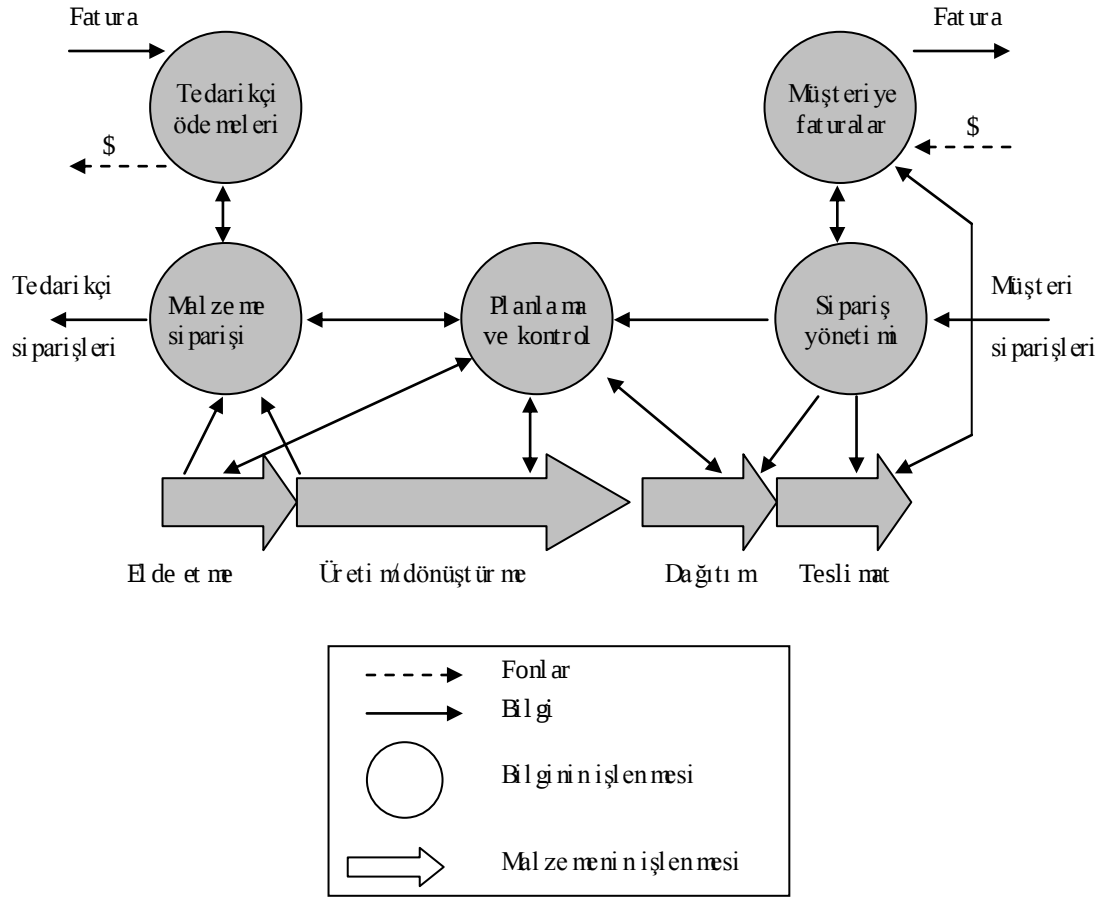
Tedarik zincirinde malzemeler hammaddelerden, bu hammaddeleri yarı mamullere dönüştüren bir üretim seviyesine geçer. Bu yarı mamuller daha sonra tamamlanmış ürünleri meydana getirmek üzere bir sonraki seviyede birleştirilecektir. Elde edilen ürünler dağıtım merkezlerine ve buralardan da satıcılar ve müşterilere aktarılır.[37]



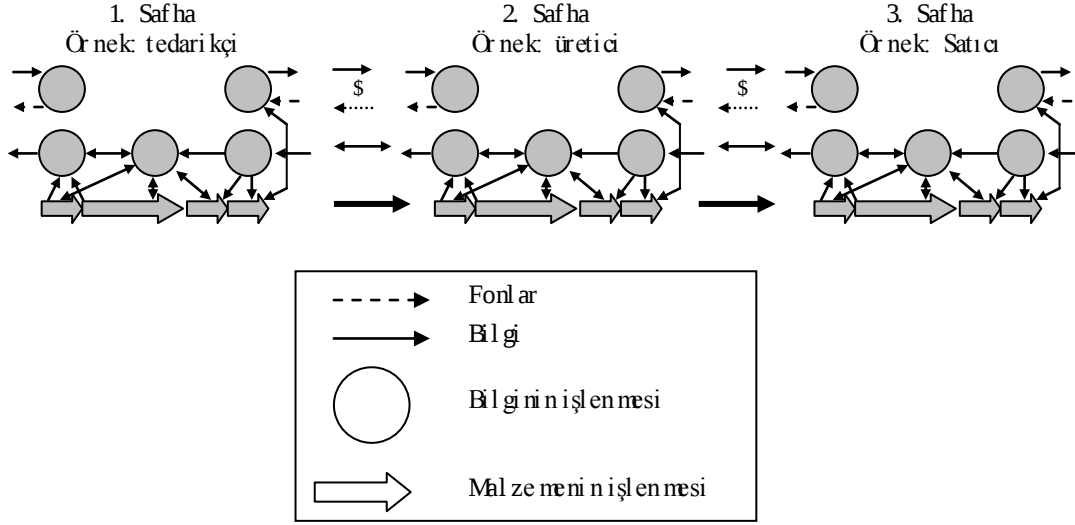
Şekil 5.3. Tedarik Zinciri [38]

5.1.4 Tedarik Zinciri Çeşitleri

Tedarik zincirleri, artan kompleksliğe göre çeşitlilik gösterir. Tek safhalı tedarik zinciri hammaddelerin elde edilmesi, üretim ve dağıtımın malzeme akış fonksiyonlarını birleştirir. Bu çeşit tedarik zincirinde birçok bilgi işleme ve karar verme fonksiyonu bulunmaktadır. Fonların yönetimi de kapsamaktadır, çünkü borçlar ve alacaklar formundaki işletme sermayesi, envanter ve ekipman formundaki çalışma sermayesi kadar önemlidir.



Şekil 5.4 Temel Tek Safhalı Tedarik Zinciri [39]



Şekil 5.5. Çok Safhalı Tedarik Zinciri [39]

Çok safhalı tedarik zinciri yönetimi, daha önce belirtilen tedarik zinciri tanımına daha iyi bir örnektir. Bunlar tipik olarak çok şirketli tedarik zincirleridir, ancak özellikle de tek safhalı tedarik zincirlerinin çoklu kopyalarıdır. Volkswagen çok safhalı tedarik zinciri ne bir örnek sunmaktadır. Üretici, ilerideki sipariş bilgilerini ve gerçek siparişleri elektronik olarak almak üzere satıcılarıyla birlikte çalışmakta ve günlük otomobil üretim planlaması için verileri girmektedir [39].

5.2.1. Tedarik Zinciri Yönetiminin Tanımı

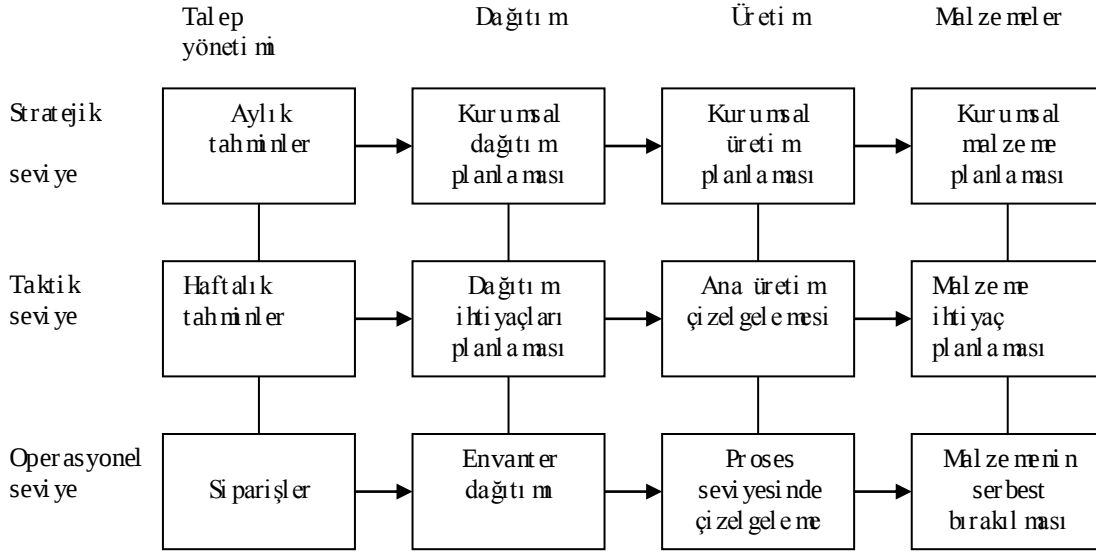
Tedarik zinciri yönetimi, malzeme ve tanımlanmış malların, satıcıdan müşteriye kadar olan akışının potansiyel ara duraklar olarak üretim vasıtaları ve depolar kullanılarak etkili yönetimidir. Buna karşın bu faaliyet, yeni bir kavram değildir. İşletmeler son yıllarda tedarik zincirine uygun yapının verilmesi sonucunda müşteri hizmet seviyelerini iyileştirebileceği, sistemdeki fazla envanterin azaltılabileceğini ve işletme ağındaki gereksiz maliyetlerin kısılabileceğine dikkat etmiştir [40]

Tedarik zinciri yönetimi müşteriye ne mün edecek bir şekilde daha iyi bir şekilde ürün ve hizmet üretip sunmak için genişleyen bir faktörler bileşeni planlama ve kontrol etme amacıyla ileri teknoloji, bilişim yönetimi ve yöneylem araştırmaları matematiği kullanır. İleri seviyede programlar, ilişkisel veritabanları ve buna benzer teknik araçları

kullanır. Teknolojisi karmaşık olsa bile, tedarik zinciri yönetiminin en önemli kavramları ve çalışma teknikleri oldukça anlaşılırdır [39].

5.2.2 Tedarik Zinciri Yönetiminin Fonksiyonları

Tedarik zinciri yönetimi fonksiyonları üç seviyede çalışmaktadır: Stratejik seviye, taktik seviye ve operasyonel seviye.



Şekil 5.5: Tedarik Zinciri Yönetimi Fonksiyonları [39]

Her bir seviye, kararların alındığı sürenin periyodu ve bu periyot süresince alınan kararların sıklığı ile birbirinden ayrılmaktadır. Stratejik seviyede şu tür konular ele alınmaktadır: Üretimin nerede tahsis edileceği ve en iyi kaynak bulma stratejisinin ne olacağı. Taktik seviyede şu tür konular ele alınmaktadır: Tahmin yürütme, planlama, teminin süresi kısa olan malzemelerin siparişi ve üretimi ihtiyaçlarının karşılanması için fazla mesailerin çizelgeleneceği ve çizelgenmeyeceği. Operasyonel seviyede ise şöyle konular ele alınmaktadır: Envanter dağıtım, detaylı çizelgeleme ve bir makine bozulduğu zaman bir siparişin ne yapılacağı.

Tedarik zinciri yönetimi, ayrıca, müşteri ve tedarikçilerle de koordinasyonu gerektirir. Pazar dinamikleri bunu güçleştirir. Müşteriler sık sık değişimler yapmaktadırlar veya

siparişleri iptal etmektedir. Tedarikçiler yanlış malzemeleri sağlayabilenkte veya geç teslimat yapabilmektedir. Temin sürelerini ve envanteri minimize ederken pazarın dinamiklerine hızlı bir biçimde karşılık verecek sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır.[41]

Pazarda olduğu gibi, üretimin tabanı da dinamik bir yapıdadır. Planlanmış olayların gerçekleşmesi çizelgelenmiş faaliyetlerden sapmalara yol açabilir. Üretim kontrol sisteminin, planlı bir üretimi için, üretim hedeflerini optimize edecek yöntemlerle bu olaylara cevap vermesi gereklidir. Olaylar bazı durumlarda, söz konusu kısımda kontrol altında olmayan problemlere yol açabilir. Üretim kontrol sistemi, faaliyetlerini planlama, satış ve pazarlama gibi daha üst seviyelerdeki fonksiyonlarla koordine etmelidir [39]

5.2.3. Tedarik Zinciri Yönetiminin Yapısı

5.2.3.1. Tedarik Zinciri Yazılımının Evrimi

1998 öncesi: Bu tarihe kadar altı çeşit temel planlama ve gerçekleştirme yazılımı bulunmaktaydı. Bunlar Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning ERP), Tedarik Zinciri Planlaması (Supply Chain Planning SCP), Sipariş Yönetimi Sistemleri (Order Management Systems, OMS), Depolama Yönetim Sistemleri (Warehouse Management Systems, WMS), Üretim Uygulama (Manufacturing Execution Systems, MES) ve Nakliye Yönetim Sistemleri'dir (Transportation Management Systems, TMS). Her biri kendi açısından tedarik zinciri ile ilgilidir ve diğer çeşitlerle çok az bağlantısı bulunur.

1998-2001: Güncel geliştirme çalışmaları söz konusu altı yazılım tipinin bağlanması ve bütünleştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Amaç bağımsız sayfalar yerine bütün olarak tedarik zinciri ile ilgili çalışan paket programlar oluşturmaktır. Son zamanlara kadar WMS'nin TMS paketleri ile bağlanması üzerinde durulmaktaydı. Bir sonraki safha ise OMS ile WMS arasında bağlantı inşa edilmesi olacaktır. Bu çabalar rağmen, altı yazılımın her biri de özelliklerini korumaktadır.

2001-2004: Bu altı güncel yazılım tipi ilk olarak bütünleştirildikten sonra, isimleri hala kullanılıyor olacaktır. Bu kısımın, gerçekte elde edilen bütünleşme seviyesini yansıtıyor olacaktır. Bu ayrıca da çeşitli paket programlarının göreceli gücünün sonucu olacaktır.

2004 sonrası: Temel hedef tam olarak bütünleşmiş tedarik zinciri yönetimi paket programlarının üretilmesidir. Bunlar, tedarik zincirinde zaman, maliyet ve işçilere ihtiyaç duyulması için gerekli bütün planlama ve uygulama fonksiyonlarını gerçekleştirecektir. Bunlar karışık ve maliyetli olacaktır ve bazı kişiler bu gün ERP’de olduğu gibi kurulmasının güç olacağını düşünecektir. Ancak, lider işletmeler pazardaki konumlarının muhafaza edilmesi veya iyileştirilmesi için önemli oldukları kanaatine varacaktır.[42]

Gelecekteki tedarik zinciri yönetimi yazılım paketlerinin temel altı bileşeni iki önemli fonksiyonu yerine getirecektir. Bunlardan biri planlama (tahmin ve çizelgeler) ve diğeri de plana dayalı uygulamadır (faaliyetlerin dinamik bir biçimde yönetimi).

5.2.3.2 Yazılım Çeşitleri

ERP ve SCP, planlama kategorisine girerken, MES, WMS ve TMS uygulama kısmındadır. OMS iki kategorinin arasındadır, çünkü planlamanın son adımını ve uygulamanın da ilk adımını oluşturmaktadır. ERP ile planlamaya başlanır. ERP bir işletmenin kurumsal kapsamda finansı, insan kaynakları, satın alma, sipariş verilmesi ve ilgili idari fonksiyonlar üzerine yoğunlaşmıştır.

Birçok paket program ayrıca üretimi yönelik modüller bulundurmaktadır. Gerçekten, ERP genel olarak eski malzeme ihtiyacı planlaması (MRP) ve üretimi kaynak planlaması (MRP II) paket programlarının bir ileri safhası olarak düşünülmüştür.

ERP seçenekleri arasında bazı sipariş ve nakliye yönetimi imkanı dışında depolama kontrolü de eklenmiştir. Buna karşın, sonuçta geleceğin bütünleşik yapısı oluşmuştur. Bunun yerine söz konusu yazılım ERP tedarikçileri dışındaki şirketler tarafından yazılmış ve temel yapıya eklenmiştir.

ERP’nin genel olarak farkına varılan güçlü olduğu konu, ortaklık finanslarının tahmin ve yönetimi olmuştur. Bu, ERP’nin gelecekte avantajı olacaktır. Finansal açıdan etkili olmak için maliyet, gelir, depolama ve üretimi marafları gibi mallar ve envanterler de dahil olmak üzere pasifleri içeren veritabanlarına ihtiyaç vardır. Bu veritabanları siparişlerin ve bunları en yüksek seviyede yerine getirenin ne kadara mal olacağını analizi ve değerlendirilmesi için gerekli bilgileri sağlayacaktır. ERP, bir siparişin yerine

getirilmesinin maliyetini verebilir, tedarik seçeneklerini belirleyebilir ve siparişlerin kârlılığını gösterebilir.

SCP yazılımpaketleri sipariş talebi ile başlayan ve bu talebin ne şekilde ve ne zaman karşılanabileceğini belirleyen analitik araçlardır. Kurumsal seviyede veya birimler seviyesinde planlama yaparlar. Bu belirlemeleri yapmak için bilgilerin bir kısmı bir ERP sisteminden veya başka bir merkezî veritabanından gelebilir.

Son zamanlarda tedarik zinciri planlaması birçok yeni forma dönüşmüştür. SCP orijinal olarak imalat hane tabanına odaklanmıştı ve ileri seviyede planlama ve çizelgeleme olarak bilinmekteydi. Envanter planlaması, tedarik zinciri şebeke tasarımı, üretim planlaması, talep planlaması gibi birçok modül den meydana gelmiştir. Her bir modülün SCP içinde kendi bir yeri vardır ve planlama verimliliğini arttırmak için hepsi bütünleşmiştir.

APS depolama ve dağıtım alanını da kapsayınca yeni modüller ortaya çıkmıştır. SCP'nin operasyonel verimlilikte çeşitli şekilde önemli etkisi vardır. Önde gelen SCP tedarikçilerinden Manugistics aşağıdaki üç örneği sunmaktadır:

- KİMYA devi Rohm & Haas, zamanında teslimatları %85'ten %96'ya yükseltmiştir.
- Yoğurt üreticisi Dannon envanter çevrilerini %30 arttırmış ve envanter seviyelerini %20 azaltmıştır.
- Glaxo Wellcome müşteri servis seviyelerini %97'den %99,5'e yükseltmiştir.

OMS planlama ve uygulama yazılımının arasındadır. Bir sipariş yönetim sistemi siparişleri alır ve planlama kısmını tanımlamak için kurumsal tabandaki envanterin mevcut olup olmadığını belirler. Söz konusu yazılımdan, MES, WMS ve TMS'ye ilemek üzere siparişlerin önceliğinin belirtilmesi ve optimize edilmesi gibi uygulamaya giren görevleri bazı görevleri yerine getirir. Müşteri servisleri bölümüne bağlantılar da bulunur, çünkü OMS parçaların mevcut olmasına göre beklenen gönderme ve teslimat tarihlerini geliştirebilir.

OMS planlama ve uygulama yazılımlarının bütünleşmesine olan ihtiyacı iyi bir örnektir. Veritabanındaki üst seviyedeki bilgilere ulaşamadıkça karar veremez. Aşağı seviyedeki

uygulama yazılımla bağlantılı olma durumunda, verdiği kararlar işleyebilecekleri yere iletilmez.

Uygulama kısmında MES, WMS ve TMS bulunur. Üçü de kendi açılarından siparişlerin yerine getirilmesi üzerine odaklanmıştır. Örneğin MES parçaların üretilmesini sağlar. WMS bu parçaların depoda bulundurulmasını yönetir. TMS ise siparişleri en uygun taşıyıcılara iletir.

Üretim uygulama sistemleri imalat hane tabanını kontrol eder. MES siparişlerin yerine getirilmesi için müşteri tarafından ihtiyaç duyulduğu zaman tanımlanmış ürünün zamanında meydana getirilmesi için gerekli tüm kaynakları (teçhizat, envanter ve işçileri) yönetir. Bu kaynakların gerektiği şekilde tahsisini, korunmasını, çizelgelemesini ve dağıtımını gerçekleştirir.

Bunların yerine getirilmesi, gerçek zamanlı verilerin kullanıldığı dinamik kontrolü gerektirir. Bu ise, MES'in değişen durumlarla ilgilenmesine olanak verir. Örneğin söz konusu yazılım makinelerin çalışmadığı zamanların eksikliğini çalışma gruplarının rotasyonu ve öncelikleri yeniden ayarlayarak giderir.

MES kullanıcılarının kazandığı faydalar arasında:

- Teslim sürelerinin %20' den fazla azaltılması
- Üretim çevrim zamanının %30 kadar kısılması
- Yarı mül seviyelerinin %30' dan fazla azaltılması bulunmaktadır.

WMS muller üretildikten sonra devreye girmektedir. WMS, MES'e benzer bir biçimde siparişlerin yerine getirilmesi için gerekli kaynakların gerçek zamanlı kontrolünü sağlar. Teslimattan göndermeye kadar olan envanter, insan ve ekipmanı yönetir. Envanterler WMS'nin seçtiği bir noktaya bırakılır. Siparişler, WMS'nin belirlediği en verimli yolla belirgin bir sıra ile seçilir.

WMS'nin kazandırdığı faydalar arasında daha kısa sipariş iyileştirme zamanları, daha yüksek seviyede envanter istikrarı, daha fazla siparişin yerine getirilmesi bulunur. Bir işletmenin tedarik zincirinin son safhası TMS'nin yönetimi altındadır. TMS'nin operasyonel verimlilik dışındaki gerçek potansiyeli, maliyet kazanımlarıdır. Bir işletmenin lojistik maliyetlerinin %70'ini nakliyeyle ilgili olduğu tahmin edilmektedir. Bir TMS ile nakliyat verimsizlikleri, gereksiz maliyetler ve fazla olan işçileri minimize

edilmektedir. Bu söz konusu yazılımın nakliyatı ve nakliyeciyi seçiminin otomatikleştirilmesi sayesinde gerçekleşmektedir (Forger, 1999).

5.2.3. Tedarik Zinciri Kararları

Tedarik zinciri için verilen kararlar iki geniş kategoride sınıflandırılmaktadır: Stratejik ve operasyonel. Stratejik kararlar uzun bir zaman ufkunda verilmektedir. Bunlar, işletmenin stratejisiyle sıkı sıkıya bağlıdır (bazen bu kararlar, işletmenin stratejisinin kendisi dir) ve bir tasarımperspektifinden tedarik zinciri politikalarını yönlendirir. Diğer taraftan operasyonel kararlar kısa vadeli dir ve günlük faaliyetlerde yoğunlaşmaktadır. Bu çeşit kararlardaki çaba, “stratejik” tedarik zincirindeki mal akışının etkin ve verimli bir biçimde yönetilmesi dir.

Tedarik zinciri yönetiminde temel dört karar alanı bulunur:

1. Yerleşim
2. Üretim
3. Envanter ile
4. Nakliye (dağıtım)

Her bir karar alanı hemstratejik hemde operasyonel öğeler içerir.

5.2.3.1. Yerleşim Kararları

Üretim merkezlerinin, stok noktalarının ve kaynak noktalarının coğrafi olarak yerleşimi, bir tedarik zincirinin oluşturulmasında doğal olarak ilk adımdır. Bunların boyutu, sayısı ve konumu belirlendikten sonra ürünlerin nihai müşteriye kadar akabileceği mümkün güzergahlar da belirlenebilir. Bu kararlar, müşteri pazarlarına erişimintemel stratejisini tensil ettiği ve gelir, maliyet ve hizmet seviyesinde önemli bir etkisi olduğu için bir firma için büyük önem taşır. Bu kararlar üretim maliyetleri, vergiler, üretim sınırlamaları, ve buna benzerlerini göz önüne alan bir optimizasyon rutini tarafından belirlenmelidir. Yerleşim kararları temel olarak stratejik olsa da, operasyonel bir seviyeyle de ilişkilidir.

5.2.3.2 Üretim Kararları

Stratejik kararlar, hangi malların hangi malathanelerde üretileceğini, tedarikçilerin malathanelere, malathanelerin dağıtım merkezlerine, dağıtım merkezlerinin müşteri pazarlarına tahsisini kapsar. Bir önceki gibi, bu kararların da işletmelerin gelir, maliyet ve müşteri hizmet seviyelerine büyük etkisi vardır. Bu kararlar üretim araçlarının varlığını farz eder, ancak bu araçlara doğru ve araçlardan olan akışın kesin güzergahını belirler. Kritik başka bir konu ise üretim amaçlarının kapasiteleridir. Bu, büyük bir oranda işletme içindeki dikey bütünleşmenin derecesine bağlıdır. Operasyonel kararlar detaylı üretim çizelgesi üzerinde yoğunlaşır. Bu kararlar temel üretim çizelgelerinin oluşturulması, makinelerdeki üretimin çizelgenmesi ve ekipman bakımını kapsar. Diğer hususlar ise, iş yükünün dengelenmesi ve bir üretim merkeziindeki kalite kontrol ölçütleridir.

5.2.3.3 Envanter Kararları

Bu kararlar envanterlerin ne şekilde yönetileceğini kapsar. Envanterler, hammadde veya yarı mal veya tamamlanmış mal olarak tedarik zincirinin her safhasında bulunur. Temel amaçları tedarik zincirinde bulunabilecek herhangi bir belirsizliğin azaltılmasıdır. Envanterlerin bulundurulması, değerlerinin %20'si ilâ %40'ı arasında bir değere mal olabileceği için tedarik zinciri işlemlerinde etkili yönetimler önemli. Stratejik açıdan hedefler üst yönetim tarafından belirlenmelidir. Ancak birçok araştırmacı envanter yönetimine operasyonel bir açıdan yaklaşmıştır.

Bu kararlar dağıtım stratejilerini ve sipariş miktarlarının ve yeniden sipariş noktalarının belirlenmesi ve her bir stok noktasındaki güvenli stok seviyesinin ayarlanması olan kontrol politikalarını kapsar. Söz konusu seviyeler, müşteri hizmet seviyelerinin temel belirleyicisi oldukları için kritiktir.

5.2.3.4 Nakliye Kararları

Bu kararlarla ilgili yöntem seçme konuları daha stratejiktir. Bunlar envanter kararlarıyla yakından bağlantılıdır, çünkü en iyi yöntem seçimi genellikle belli bir nakliye yöntemi kullanılması maliyetinin bu yöntemle ilgili envanterin dolaylı maliyetinin analizi ile bulunur. Hava nakliyatı hızlı, güvenli olması ve daha az güvenlik stoku sağlanmasıyla

beraber pahalıdır. Bununla beraber, deniz veya tren yolu ile nakliyat daha ucuzdur, ancak belirsizliğin azaltılması için nispeten büyük miktarlarda envanterin bulundurulmasını gerektirir. Bu yüzden müşteri hizmet seviyeleri ve coğrafi konum bu kararlarda önemli rol oynamaktadır. Nakliye, lojistik maliyetlerinin %30'undan fazlasını oluşturduğu için, verimli bir şekilde çalışılması ekonomik olarak faydalı olacaktır. Nakliye miktarları, güzergahların belirlenmesi ve ekipmanın çizelgeleneşi, bir işletmenin nakliye stratejisinin etkili yönetimi için temel konulardır.

5.3 Tedarikçi Değerlendirme Karar Süreci

Tedarikçi değerlendirirken göz önünde bulundurulması gereken en önemli noktalar şunlardır:

- Bir çok ürünün esasını satın alınan materyaller (hammadde ve malzemeler) oluşturur.
- Tedarikçilerden kaliteli materyaller alınması önemlidir.
- Tedarikçi seçimi kritiktir.
- İşletmeler, çoğu kez tedarikçilerine büyük miktarda yatırımı yapar.
- Rekabetçi indirimlerden yararlanmaya çalışmak yerine, akılcı tedarikçi seçimi tercih edilmelidir.[42]

Tedarikçileri değerlendirme yaparken, tek bir mükemmel yol olduğu önyargısı kesinlikle yanlıştır.

Seçim metodu, bir çok türde faktöre dayanmaktadır. Bunlar:

- Sözleşme tek bir kaynağı mı yoksa birden fazla tedarikçi mi içermektedir?
- Fiyat ve kalitenin bağlı önemi nedir?
- Tedarikçi ile uzun vadeli bir ilişki istenmekte midir?
- İşletmenin ve tedarikçilerin birlikte olmalarından oluşacak bağlı güç nedir?

- Tedarikçi tasarımı destek verecek midir, yoksa sadece tedarik mi edecektir?
- Hepsinin üstünde, işletme tedarikçilerin riskini minimize etmek ve değerlerini ise maksimize etmek amacındadır [42].

5.3.1. Tedarikçi değerlendirme ve izlenen prosedür

Tedarikçi değerlendirme de ki amaç yeni bir tedarikçi seçmek yada mevcut bir firma ile olan anlaşmayı iptal etmek değil. Belli bir zaman aralığında ve belli kriterlere bağlı olarak tedarikçinin performansını ölçmektir. Ama unutulmalıdır ki böyle bir sistemin kurulması ile sonuçta beraber çalışma yada çalışmama kararı vermeye destek olacak bilgi sistemi elde edilecektir.

İşletme öncelikle, bir tedarikçi seçerken kendisi için nelerin önemli olduğunu belirlemelidir. Bu bilgi, değerlendirme sürecini sonlandırmaya yarayacaktır [43]. Aşağıda alt başlıklar altında tartışılan tüm durumlar karar vericinin kullanmak zorunda olmadığı fakat karar verme aşamasında bunlarla ilgili bilgi, tecrübe ve öngörüye sahip olunması gereken alanlardır.

5.3.2. Tedarikçi seçiminde kullanılan tedarikçi değerlendirme kriterleri

Tedarikçi değerlendirme ve seçme aşamasında, tüm komponentler için geçerli olan üç ana kriter söz konusudur. Bunlar:

- Fiyat.
- Kalite
- Teslim

olarak karşımıza çıkarlar.

Bunların yanı sıra, kritik komponentler için daha derin bir araştırma yapılması, yani daha farklı kriterler gereklidir.

Bu kriterler ve yanıtlanması gereken sorular ana başlıklar halinde şu şekilde sıralanabilir:

Tedarikçinin Yönetim Yeteneği:

- Tedarikçi firmasının, işletme ile çalışmayı sağlayacak nitelikte bir yönetim anlayışı var mı?

- Tedarikçi firma yönetimi, firmalarını büyütecek yeteneğe sahip mi?

Tedarikçinin Personel Yeteneği:

- Tedarikçi firmada yönetim dışında kalan personel birlikte çalışmayı destekleyecek nitelikte istihdam edilmiş mi?
- Tedarikçi firma çalışanları, kaliteli ürün sağladıkları konusunda işletmeyi ikna etmek istiyorlar mı?

Tedarikçinin Maliyet Yapısı:

- Tedarikçi firma; doğrudan, dolaylı, malzeme ve ek maliyetleri açıkça veriyor mu?
- Bu bilgilerin yeni ürün tasarımları için hayati önemi taşıdığı ve uzun dönemli bir ilişki içinde tedarikçi firmanın bu bilgiyi paylaşmasının hayati önemi taşıdığı farkında mı?

Tedarikçinin Toplam Kalite Yönetimi Felsefesi:

- Tedarikçi firmanın yönetimi felsefesi, işletmenin felsefesi ile uyumlu mu?
- Tedarikçi firma, işletmenin yönetimi felsefesine uyum sağlamaya çalışıyor mu?

Tedarikçinin Proses ve Teknolojik Yeteneği:

- Tedarikçi firma gerekli olan tüm işlemleri yerine getirebiliyor mu?
- Tedarikçi firma, gelecek teknolojik yenilenmelerden geri kalmamayı başarabilecek mi?
- Tedarikçi firma, tasarım yeteneğine sahip mi?

Tedarikçinin Çevre Koruma Yönetmeliklerine Uyumluluğu:

- Bir çok ürün için (plastikler, ahşap, kimyasallar) çevresel kaygılar göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konu olduğundan, tedarikçi firma gerekli önemi veriyor mu?
- Çevresel sorunlar ile ilgili yaşayacağı herhangi bir problemin, işletmeyi etkileyebileceğinin bilincinde mi?

Tedarikçinin Finansal Yeteneği ve İstikrarlılığı:

- Tüm tedarikçiler finansal olarak istikrarlı olmak zorundadır.
- Güçsüz tedarikçiler yeni teknolojilere yatırım yapamazlar.
- Güçsüz tedarikçiler girdi temin edemezler.
- Güçsüz tedarikçiler işletmeye bağlı hale gelebilirler.

Tedarikçinin Üretim Çizelgesi ve Üretim Kontrol Sistemleri:

- Tedarikçi firmasının uyguladığı MRP sistemi işletmenininki ile uyumlu mu?
- Tedarikçi firmasının çizelgeleme sistemi işletmenin ihtiyaçlarına yanıt verebilecek nitelikte mi?
- Tedarikçinin uyguladığı üretim kontrol sistemi zamanında teslim ve ürün kalitesini sağlayabilir mi?

Tedarikçinin Bilgi Sistemleri Yeteneği:

- Tedarikçi firma, elektronik veri değişimi (Electronic Data Interchange-EDI) kullanabiliyor mu?
- Tedarikçi firma, CAD ve CAM veya CAE kullanıyor mu?
- Tedarikçi web ile ilgili çalışma yapıyor mu?

Tedarikçinin Kaynak Temin Etme Stratejileri:

- Tedarikçi firma, kendi tedarik zinciri yönetimsine sahip mi?
- Özellikle kritik tedarikçi firmalar için, tedarik zinciri yönetiminin bir parçası olduklarının bilincindedir mi?

Uzun Vadeli İlişki Potansiyeli

- Tedarikçi firma, uzun vadeli bir ilişkiye girmek istiyor mu?
- Tedarikçi firma uzun vadeli bir ilişki için iyi bir aday mı?

Benzer şekilde, başka kaynaklarda gösterilen tedarikçi performansını belirlemek üzere kullanılabilecek başlıca ölçüm kriterleri Çizelge 4.1' de yer almaktadır (16).

Tedarikçi seçi m kriterleri amaca ve çalışılan sektöre göre değişebilmektedir. Böyle ol masına rağmen aşağıda listelenen kriterler bir tedarikçinin performansının değerlendiril mesinde genel olarak çoğu ihtiyaca cevap verir.

Çizelge 5.1. Tedarikçi değerlendiril mesinde kullanılabilecek kriterler:

Fiyat	Kapasite	Güvenilirlik
İşgücü ile İlişkiler	Şirket Ünü	Stok dışı kal ma sıklığı
Finansal Uygunluk	Hız	Sipariş Çevri m Zamanı
Kalite	Paketleme Oanakları	Kusursuz Siparişler
Tavırlar	Teslim Performansı	Gecikme Zamanı
İşletme Geçmiş	Nakliye Yetenekleri	Ürün Uygunluğu
Eğitim Kaynakları	Tazminat	Uygunluk
Garantiler	Çevrim Süresi	Güvenilirlik (Demandability)
Tesislerin Konumu	Zamanında	Faturalandırma Hataları
Maliyet Hesaplama Prosedürleri	Teslimler	Hakk Talebi/ Uyumsuzluk Sayısı
Bilgi Teknolojileri Kaynakları	Esneklik	Kalite Kontrol
Bilgi Paylaşım	Ürün Çıkış (PO) Doğruluğu	

Şimdiye kadar değinilen aşamalar ve değerlendirme kriterleri literatürde yakın zamana kadar kabul edilen ve kullanılan ölçütlerdir. Bilgi sistemlerinin özellikle Uzman Sistemler ve Karar Destek Sistemlerinin devreye gir mesi ile endüstri ve üniversitelerin ortak çalışmasıyla kriterler ve ağırlıkları üzerinde bazı değişimler ve güncellemeler olmuştur. Yakın bir zamana kadar ulaşılan ve uygulama yapılarak desteklenen, tutarlı sonuçlarla oldukça etkin olan yeni kriterler açıklanmaya çalışılmıştır.

Bugünün endüstrisindeki çalışmalardaki yöneli çok uluslu malatçılardan kaynaklanan, hammaddelerin oranı ve süreç içi stoklardaki artışlara sebep olmuştur. Tedarikçi seçiminin ana konusu, tedarikçinin yeteneklerinin değerlendiril mesinde izlenecek yolun ne olması gerektiğidir. Bu tarz imalatçılar, yüzlerce hatta daha fazlası binlerce tedarikçinin performansını ve yeteneklerini direkt olarak kontrol edemezler ama yine de bu imalatçılar için, hammadde sağlanmasında tedarikçinin yeteneği çok önemli bir noktadır. Buna bağlı olarak, sipariş alındığında talebi karşılamak için tedarikçinin kendi üretimi çizelgesini oldukça sıkı olarak takip etmesi, bu firmalarda çok yaygındır. Bununla birlikte uluslararası üretim çizelgelerini tedarikçiler tarafından

yenilenmesindeki kabiliyet, tedarikçinin performans seviyesi üzerinde çok önemli etkiye sahiptir. Tedarikçi firmaların kalite görüşlerinden, ürün kalitesinden, ve onların zamanında teslimat yapabileceklerinden emin olunamayabilir. Bu nedenle, sistematik bir seçim süreci ile ve onun etkin özelliklerinin bir sonucu olarak, uygun tedarikçiler seçilirken, imalatçı firma potansiyel tehlikeleri değerlendirilmeli ve analiz etmelidir. Gerçekten, karar verme prosesinde, kararlarla ilgili olan değişik kriterler tedarikçi yada ortak seçiminde dikkate alınmalıdır. Dickson'da 1966 yılında Geleneksel Tedarikçi Seçimi'nde kullanılan ve seçim süreci boyunca değerlendirilmede yaygın olarak kullanılan 23 farklı kriter tanımlanmıştır. Bugünse ABD ve Avrupa da halen artan oranda, tedarikçi ilişki bileşenlerine uyarlanma yapılmaktadır. 1980 öncesinde, Tam Zamanında Üretim genel kavramı, ulusal örgütlü Japon tedarikçileri tedarikçi- müşteri ilişkileri ve yönetimi düşüncesi ile tanışmıştır. 1993 yılında Launing ne batıya uyarlanan ilişki yönetimi modeli ne de Japonların modelinin tanımlanması gereken esas özellik olduğunu, ortaklık tanımlanmasında fikirlerin karşılıklı değişimi, bilgi ve fayda, müşterek problem çözümleri, araştırma teknolojisi geliştirme, güven ve inanç, gibi değerlerin etkin bir tedarikçi yada ortak seçim sistemi için yeterli olduğunu ve 50 yıl gibi bir sürede genel bir yaklaşım üzerinde çalışılmayıp şu ana kadar özel durumlar için model geliştirildiği görülmektedir. Artan oranda üzerinde durulan konu, endüstride rekabet avantajını elde etmek için ilişkilerin yönetimidir. 1993 yılında Launing Qomativ sektöründe, 1983 yılında Japonya tekstil endüstrisinde Dore, ve 1992 yılında Sakko yüksek teknoloji endüstrileri, bu endüstrilerde ilişkilerin yönetimi çalışmaları yapılmıştır. Satıcı ve tedarikçi ilişkileri uzun dönemde, daha derli toplu olarak yabancı kaynaklarda "Partnership" olarak yer almıştır.

Pratikte, tedarikçi ile ilgili olarak ortak/tedarikçi seçim kararı verilmesinde tedarikçi de olması gereken özelliklerin, seçim kriterlerinin ve önemini belirtildiği birçok yayın çalışması vardır. 1993 yılında Limerick ve Cumington'a göre; başarılı bir ortak seçim sisteminde, üye tabanlı ve isteğe bağlı bir bilgi paylaşımı, kabul edilebilir teknoloji seviyeleri, amaçlar ve şirketin değerleri arasında bir uyum olmalıdır. 1991 yılında Weber ve ark. ortak seçim sürecinin, nicel ve nitel kategoriler altında sınıflandırılabilirliğini gözden geçirmişlerdir. Bu kriterler üzerinde tedarikçinin performansını özetleyen her bir tedarikçi için toplam skoru sağlayan ve her bir kriter

üzerinde bir ağırlığın yer almasına odaklanan doğrusal bir ağırlıklandırma modeli geliştirilmiştir. 1993 yılında Choo ve ark. yayınlarında bazı endüstriler için satınalma performansını değerlendirmede en önemli özelliğin zamanında teslim ve kalite olmasını önermişlerdir. Tedarikçi ilişkileri yönetiminde maliyetleri optimum yapacak anahtar gerekler, iletişim kalite, tedarik zinciri yönetimi, güven, ileri mühendislik kültür ve gelişmeye açıktır. Tedarikçi seçimiinde 3 ana parametre, maliyet, kalite ve servis hizmetleridir.

Sonuçta, tedarikçi seçimi ve tedarikçi ilişkileri yönetimi sürecinde sadece fiyat dikkate alınmaz. Bununla birlikte, stratejik bir yöntem olması için, kalite organizasyon kültürü gibi faktörlerde değerlendirilmeye alınmalıdır. Seçilen tüm kriterlerin nicel olarak analiz edilebilir olması değerlendirilmede önemlidir.

Daha önce bahsedilen kriterler üzerinde çalışıldığında çeşitli uyarlamalar ile aşağıdaki durum elde edilir. Tedarikçi seçiminin güçlendiğinin gözlemlenmesi ile, önerilen tedarikçi özellikleri literatürde yer alan diğer çalışmalarla bir araya getirildiğinde 3 ana kategoride birleşmişlerdir(19).

Çizelge 5.2. Esas olan tedarikçi değerlendirme kriterleri:

1) Teknik Yetenek
a. Dağıtım
b. Ürün Fiyatı
c. Nakliye Kalitesi
d. Müşteri Servisi
e. Yönetim Yetenekliliği
2) Kalite Görüşü
a. Ürün Geliştirme
b. Süreç İyileştirme
c. Kalite Planlama
d. Kalite Gereklilerini Sağlama
e. Kalite Güvence Sistemi
f. Kalite Personeli
g. Muayene ve Deney Çalışmaları
3) Organizasyon Profili
a. Organizasyonel Kültür
b. Pazarlama ve Satış Hedefleri
c. Finansal Durum

Uygulamanın tedarikçi ilişkileri yönetiminde kullanılacak bir uzman sistem olduğu göz önüne alınarak, tüm bu araştırmalar ve değerlendirme kriterleri üzerinde çalışılmış ve karar destek sistemi veri tabanının destekleyeceği ve bize model oluşturulmasında hammaddede olacak veriler nicel veriler yani ölçülebilir veriler olmalıdır.

6 UYGULAMA

6.1. Problemin Tanıtımı:

Bu uygulamada görüşlerini aldığıımız uzmanlarımızın güvenilirliklerini tam olmasından dolayı daha önce bahsedilen $\mathcal{W}$ doğruluk dereceleri 1 olarak alınmıştır. Yani yaptıkları tercihler aynen kullanılmıştır.

Bizim uygulamamızda kriterlere göre elde edilen sonuçların DS teorisi ile birleştirilmesi esas alınmıştır. Her bir kriter için başlangıçta belirtilen duruma göre derecelendirme sayısına göre 4-9 arasında değerler verilmiştir. Bu derecelendirme skalası sadece Θ (Frame of Discernment) ile verilen odak kümemizi (Frame of discernment'in alt kümelerinden biri olmak üzere) karşılaştırmak ve buna göre sonuçta oluşan temel olasılıkların hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Problemin akışını görebilmek için şöyle bir örnek kıyas verelim

Karar alternatifleri kümemiz, yani $\Theta = \{A, B, C, D, E, F, G\}$ olsun. Ve de değerlendirme yapacağımız değerlendirme için de p kriter ağırlıklarıımız sırayla 0,216, 0,324, 0,27 ve 0,19 olsun. Birinci kriter için $\{A, C\}$ karar alternatifi grubu Θ 'ya göre epey iyi (7p) olsun, $\{B, D\}$ grubu da Θ 'ya göre biraz iyi (4p) olsun, bunun sonucunda dolaylı yoldan biz $\{A, C\}$ grubunun $\{B\}$ grubuna göre biraz iyi (7/4p) olduğunu söyleyebiliriz. Fakat uygulamamızda aynı gruplar kendisi ile kıyaslandığında 1, başka alternatif grubu ile kıyaslandığında 0 tercih değerini alacaktır. Θ 'nın herhangi bir gruba kıyasında aldığı tercih değeri $1/(x * p)$ olacaktır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 6.1) bu örneği görebiliriz

Tablo 6.1: Örnek DS/ AHP tablosu

Kriter Adı: K1	{ A C}	{ B}	Θ
{ A C}	1	0	$7p(7*0, 3)$
{ B}	0	1	$4p(4*0, 3)$
Θ	$1/(7p)$	$1/(4p)$	1

Bu tabloya göre bpa' mızı hesaplayalım İlk önce normalize matrisi mizi oluşturalım Bunun için ilk önce karşılaştırma matrisi mizin sütun toplamlarını alarak(Tablo 6.2), daha sonra da bu toplamlarla her bir grubun aldığı derecelendirme değeri ($x_i * p$) bölünür.

Tablo 6.2: Normalize DS/ AHP tablosunun oluşturulması

Kriter Adı: K1	{ A C}	{ B}	Θ
{ A C}	1	0	1, 512
{ B D}	0	1	0, 864
Θ	0, 661376	1, 157407407	1
Sütun Toplamları	1, 661376	2, 157407407	3, 376

Kriter Adı: K1	{ A C}	{ B}	Θ
{ A C}	0, 601911	0	0, 447867
{ B}	0	0, 463519313	0, 255924
Θ	0, 398089	0, 536480687	0, 296209

Buradan da bpa'ların bulunması için her bir satırın aritmetik ortalaması alınmaktadır.(Tablo 6.3)

Tablo 6.3: Örnek için bpa oluşturulması

Grup İsmi (Odak Kümesi)	Aldığı bpa
{A, C}	0,349926
{B}	0,239814
Θ	0,410259

Oluşturduğumuz bu matris ileride bizim Uzman sistemi prototipimiz için veritabanı işlevi görecektir. Buradan elde edilen grupların olasılıkları ve belief aralıkları hangi grubun daha iyi olacağı konusunda bizlere yardımcı olacaktır.

6.1.1. Delillerin birleştirilmesi:

Diğer kriterler için elde edilen bilgi matrislerimiz de aşağıdaki gibidir.

Tablo 6.4: 2. kriter için derecelendirme ve bpa değerleri

Kriter Adı: K2	{B, E}	{A, F}	{C, G}	Θ	Bpa değerleri
{B, E}	1	0	0	9p	0,304044
{A, F}	0	1	0	5p	0,220072
{C, G}	0	0	1	2p	0,124498
Θ	1/(9p)	1/(5p)	1/(2p)	1	0,351386

Tablo 6.5: 3. kriter için derecelendirme ve bpa değerleri

Kriter Adı: K3	{ D E}	{ C F}	Θ	Bpa değerleri
{ D E}	1	0	3p	0,227888
{ C F}	0	1	6p	0,363541
Θ	1/(3p)	1/(6p)	1	0,40857

Tablo 6.6: 4. kriter için derecelendirme ve bpa değerleri

Kriter Adı: K4	{ A B}	{ C G}	Θ	Bpa değerleri
{ A B}	1	0	4p	0,227888
{ C G}	0	1	8p	0,363541
Θ	1/(3p)	1/(6p)	1	0,40857

Birinci ve ikinci kriterlere göre oluşan “m” (bpa) değerleri m_{zi} n birleşimini bulmak için (4.15) numaralı formülü yani Dempster’in birleştirme kuralını uygulamak gerekmektedir. Bunun için Tablo 6.6’da görüldüğü gibi odak elemanların karşılıklı kesişimleri alınır.

Tabloda bir eleman birkaç kere tekrar etmiş olabilir. Bu yüzden bir elemanın temel olasılık sayısı (4.14) numaralı formül kullanılarak bulunur. Kesişim kümesinin temel olasılık sayısı, kesişen kümelerin temel olasılık sayılarının çarpımıdır.

Tablo 6.7: 1. kriter ve 2. kriterin birleşimlerinden oluşan bpa değerleri

Kriter Adı:	({ A C}, 0,349926)	({ B}, 0,239814)	(Θ 0,410259)
K1 +K2			
({ B E}, 0,304044)	$\emptyset$ 0,106392987	{ B}, 0,072914209	{ B E}, 0,124737015
({ A F}, 0,220072)	{ A}, 0,077009	$\emptyset$ 0,052776	{ A F}, 0,090287
({ C G}, 0,124498)	{ C}, 0,043565	$\emptyset$, 0,029856	{ C G}, 0,051076
(Θ 0,351386)	{ A C}, 0,122959	{ B}, 0,084268	Θ 0,14416

Yukarıdaki hesaplamalar sonucunda odak elemanlara atanacak birleşik temel olasılık atamaları bulunmuştur. Bunlardan ayrı hücrelerde olan fakat aynı odak kümesini destekleyenler toplanmıştır. Bir de dikkat edilirse boş kümeye de atama yapılmıştır. Bu boş kümeler kriterlerin atamaları arasındaki çelişkiyi göstermektedir. Bunu gidermek için $\emptyset$, 0,189026 ataması 1’den çıkarılarak üst temel olasılık atamalarına bölünür ve toplanmaları 1’e eşitlenir. Ve sonuçta aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

$m(\{A\})=0,094958$, $m(\{C\})=0,053719$, $m(\{A C\})=0,151619$, $m(\{B\})=0,089909$,
 $m(\{B D\})=0,103909$, $m(\{B E\})=0,153811$, $m(\{A F\})=0,111331$, $m(\{C G\})=0,062981$,
 $m(\{\Theta\})=0,177761$,

Bu işlemler tüm kriterler için devam ettirildiğinde en son sonuç olarak;

A	0,103964
C	0,107835
A C	0,055903
B	0,100122
D	0,021369
B D	0,038312
E	0,031632
B E	0,056711
F	0,150661

A F	0,041048
G	0,019504
C G	0,023222
D E	0,036557
C F	0,058318
A B	0,034246
F G	0,055049
Θ	0,065542

bulunmuştur.

Bu sonuçların daha fazla anlam kazanması için Bel, Pls, ve Q değerleri ile anlamlandırılması gerekmektedir.

	BEL	PLS
A	0, 103964	0, 300703
C	0, 107835	0, 310819
A C	0, 267702	0, 490078
B	0, 100122	0, 294933
D	0, 021369	0, 16178
B D	0, 159803	0, 352859
E	0, 031632	0, 190442
B E	0, 188465	0, 363122
F	0, 150661	0, 370619

	BEL	PLS
A F	0, 295673	0, 41407
G	0, 019504	0, 163317
C G	0, 150561	0, 365869
D E	0, 089558	0, 250123
C F	0, 316814	0, 557578
A B	0, 238332	0, 495848
F G	0, 225214	0, 413344
Θ	1	1

Bu sonuçlara göre iki elemanlı en iyi seçimi $\{C, F\}$ seçeneği olacaktır. Bu kümenin güven aralığı $[0.316814, 0.557578]$ olarak bulunmuştur. Ve genel çelişki katsayısı $k=0.34$ olarak belirlenmiştir. Bu düzeyde bir çelişki oranı orta seviyededir, fakat çok önemli problemlerde seçimin gözden geçirilmesi uygun olacaktır.

6.2 Programın İncelenmesi:

DS teorisi üzerine yapılan araştırmalar sonucunda literatürde teori hakkında çeşitli makale ve uygulamalara rastlanmıştır. Beynon [22], makalesinde DS/ AHP metodunun temellerini atmıştır. Bu makale incelenerek programın yapıları oluşturulmuştur. Bu konu üzerine geliştirilmiş diğer bazı makaleler de programın oluşturulması için işiktir. [24-26]

Programda kriterlerin ve karar verici kişilerin birden fazla olması durumu göz önüne alınmıştır. Bunun yanında kriterler tek bir kişinin farklı kriterler için yaptığı değerlendirmelere göre de sonuç üretebilmektedir.

Yapmış olduğumuz program genel bir çok amaçlı karar verme problemi uzman sistemi prototipidir. Kişiler hangi konuda karar vermek istiyorlarsa, bu konudaki seçimlerini sisteme aktarmakta ve buna göre bir sonuç çıkarmı yapılmaktadır.

6.3. Bilginin Gösterilmesi

Program Borland C++ Builder 5.0 programlama dili ile kodlanmıştır. Buradaki amaç veri yapısının dinamik olması ve bundan dolayı bilgisayar hafızasının aşırı yorulmasından kaynaklanmaktadır. Bilindiği üzere C dilindeki pointerlar ile kodlananağa ve de C dilinin makine diline en yakın dillerden biri olması dolayısıyla hızlı çalışabilmesi, bu tercihi ortaya çıkarmıştır. Aynı zamanda görsel bir dil olması dolayısıyla son kullanıcı açısından daha kolay kullanılabilir ve anlaşılabilir bir yapı ortaya koymaktadır. Altprogramlar tanımlanarak program içeriisindeki karmaşıklıktan kurtulunmuştur.

6.4. Programın İşleyişi

İlk olarak program kullanıcıdan seçim problemi n ismini girmesini ister. Daha sonra bu seçim için eldeki kriterlerin bulunduğu muhakeme çerçevesinin (frame of discernment) girilmesi istenir. Bu isimler arasında “,” ayracı bulunmalıdır. Böylece tanımlanan küme içeriisindeki elemanlar birbirinden ayırt edilir.

Elemanlar girildikten sonra sırasıyla kriter sayısı, derecelendirmede kullanacağımız checkbox sayısı ve de en son olarak her bir kriterde bulunacak en büyük grup sayısı girilir. Tüm bu bilgi girişi Şekil 6.1’deki Giriş Formunda yapılmaktadır.

Hosgeldiniz

Projenin ismi: Sanziman Ted

Discernment isimleri: A,B,C,D,E,F,G,H,I,J
(Use ',' as seperator)

Kriter sayisi: 5

Checkbox sayisi: 6

Grup sayisi: 4

Devam ->

Şekil 6.1: Giriş For mu

Tüm bilgi girişi yapıldıktan sonra “Devam” butonuna basarak yapmış olduğumuz kriter sayısı ve diğer atamalarımıza göre ilk önce Şekil 6.2’deki Kriter Ayarları for mu ortaya çıkacaktır. Bu for mda da bizden kriter isimleri ve de 0..100 arasında kriter ağırlıklarının girilmesi istenmektedir. Buradaki kriter ağırlıkları tamamen kullanıcının vermiş olduğu önceliklere göre belirlenmektedir. Burada da yapmış olduğumuz kriter ismi ve de kriter ağırlıklarını onaylamak için yine bu for mu üzerindeki “Devam” butonuna basarak diğer for ma geçiş yapabiliriz.

Kriter ayarlari

Kriter ayarlarini giriniz

Isim	Agirlik [0..100]
kalite	90
fiyat	70
deneyim	70
finansal altyapi	60
sirket kulturu	45

Devam ->

Şekil 6.2: Kriter Ayarları for mu

Üçüncü formumuz olan değerlendirme formumuzda, kriterlere vermiş olduğumuz ağırlıklar normalize edilerek hesaplanıp, formda bizlere verilmiştir. Şekil 6.3’de görüldüğü gibi bu aşamada eldeki her bir kritere göre belirlenmiş olan odak kümeleri yani, alternatif grupları derecelendirilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus odak kümeleri içerisinde alternatif isimleri arasında “,” ayracının konulmasıdır. Burada yapılan derecelendirme, odak kümesi ile muhakeme çerçevesi (frame of discernment) arasındaki tercihin derecesini vermektedir. Yine bu derecelendirmeye göre grup sayısının belirlenmesi gereklidir. Çünkü her bir odak kümesi birbirinden farklı bir tercih değeri almaktadır. Bundan dolayı da grup sayımız en fazla bu derecelendirme sayısı kadar olmalıdır.

Burada elde edilen matris daha öncede bahsedilen formda tutulmaktadır. Yani farklı kümelerin kıyasında oluşan değer “0”, kümenin kendisi ile kıyasından oluşan derece “1”, ve de muhakeme çerçevesi ile kıyasından oluşan derece de doldurmuş olduğumuz kutucuğun değeridir. Tersine, yani muhakeme çerçevesinin belirlenen kümeye kıyası da “1/ (işaretlenen derece)” kadardır. Buradan birleştirme yapılması ve de belirlenen fonksiyonların hesabı için “hesapla” butonuna basılmalı, eğer işlemin durdurulması isteniyorsa “Çıkış” butonuna basılmalıdır. Burada hesaplanan sonuçlarla tüm kriterlere göre birleşik bpa değerleri ortaya çıkar. Bu hesaplar, “data.txt” adı verilen dosya altında kaydedilir.

Bilgileri giriniz

Project

kalite 0,26 fiyat 0,2 deneyim 0,2 finansal altyapi 0,17 şirket kültürü 0,13

Hesapla

Çıkış

kalite

	Az				Cok
A,D,F,G	☐	☐	☐	☒	☐
C,E	☐	☐	☒	☐	☐
H,I,J	☒	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐

fiyat

	Az				Cok
D,E,F,G	☐	☐	☐	☒	☐
I,J	☒	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐

deneyim

	Az				Cok
A,F,G	☐	☐	☒	☐	☐
C,D	☐	☒	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐

Şekil 6.3: Derecelendirme formu

Buradan oluşturulan sonuçlara göre, daha önce de bahsedilen Bel(4.1), Pls(4.3), k(4.14) çelişki katsayısı ve de Co n(4.9) fonksiyonları, hesaplanır. Şekil 6.4’de verilen Sonuçlar formunda bu fonksiyonların sonuçları verilmiştir. Bu formdaki sol üstteki pencerede, oluşmuş tüm kümeler için Bel, Pls, Co m ve belirsizlik aralıkları (Pls- Bel), değerleri verilmiştir. Bu pencerenin hemen altındaki pencerede ise tüm kriterlerin birbiri ile ikili birleştirme hesapları sonucunda oluşan çelişki “k” miktarları gösterilmiştir.

Diğer taraftan karar vericiye kolaylık sağlamak amacıyla, küme eleman sayılarına göre, ve sırasıyla Bel, Pls ve Co m değerlerine göre sıralama yapılmıştır. Böylece karar verici hangi kümeyle olan inanç daha yüksek ise o yönde karar verebilecektir.

Sonuclar

Grup	BEL	PLS	COMI
{F,G}	0,111347787	0,349233508	0,345
{D}	0,182833328	0,488096445	0,488
{D,F,G}	0,324238240	0,645276548	0,192
{A}	0,026636898	0,203418165	0,203
{A,F,G}	0,183816984	0,397551298	0,158
{A,D,F,G}	0,436379730	0,693594336	0,108
{E}	0,054428674	0,278170377	0,278
{C}	0,081456243	0,237312957	0,237
{C,E}	0,166565671	0,415206760	0,108

K	0	1	2	3
0	0,201976135	0,159364745	0,100367855	0,15007
1	0,159364745	0,172229960	0,139968827	0,22740
2	0,100367855	0,139968827	0,124268548	0,14736
3	0,150079905	0,227400094	0,147368177	0,18865
4	0,095546931	0,118198195	0,101025223	0,16617

BEL degerine gore dizilis

{D}	0,182833328843
{C}	0,081456243991
{E}	0,054428674280
{A}	0,026636896654
{I}	0,020085431635

PLS degerine gore dizilis

{D}	0,488096445798
{E}	0,2781703770160
{C}	0,237312957644
{I}	0,209435522556
{A}	0,203418165445

COMM degerine gore dizilis

{D}	0,488096445798
{E}	0,2781703770160
{C}	0,237312957644
{I}	0,209435522556
{A}	0,203418165445

Şekil 6.4: Sonuç ekranı

6.5 Örnek Uygulama:

Programın uygulandığı problem MANAŞ Otobüs ve Kamyon Üretimi A.Ş.'deki Tedarik Zinciri Uygulaması içerisinde uygulanmıştır. MANAŞ, Türkiye'deki önde gelen otobüs ve kamyon üreticilerinden biridir.

MANAŞ'tan kısaca bahsetmek gerekirse MAN Türkiye A.Ş., 1966 yılında 1/3 sermayesi MAN Nutzfahrzeuge AG'ye ait olarak MAN Kamyon ve Otobüs Sanayi A.Ş. (MANAŞ) adıyla İstanbul'da kurulmuştur. 1984 yılında Ankara'da Kamyon ve motor üretimi tesisleri açılmıştır. 1995 yılına kadar üretim ve idari kısımları İstanbul'da devam etmiştir. 1995 yılında İstanbul fabrikasının satılması ile tüm üretim Ankara'da birleştirilmiştir. Burada belediye otobüsü, şehirlerarası otobüsler ve kamyon üretimine devam etmiştir. . 2002 yılında şirket ismi "MAN Türkiye A.Ş." olarak değiştirilmiştir. 2004 yılı ortalarında yapmış olduğu tevsi yatırımlarını faaliyete geçirerek Avrupa'nın otobüs üretimi müssü olma hedeflenmektedir.

MAN Türkiye personel sayısı 428'ne mur, 1560 işçi olmak üzere toplam 1988 kişidir. Bu sayının içinde 66 kişi İstanbul Satış ve Servis Merkezi'nde çalışmaktadır. 2001 yılı itibarıyla, ekonomik krize ve tüm sektörlerde yaşanan işten çıkartılmalara karşın MAN Türkiye istihdamın %10 oranında arttırarak, personel sayısını 2001 yılında 1878 kişiye, 2002 yılında da 1988 kişiye çıkarmıştır.

Firmada Uygulama alanı olarak üretilen MAN Fortuna yeni nesil otobüslerinin şanzıman dişli grubunun satın alınması da başvurulacak Tedarikçilerin seçimi için kullanılmıştır. Bu seçimi için, 10 firma arasında kıyaslama yapılması istenmiştir. Bu firmaların isimleri sanayi ve bilgi güvenliği açısından verilmiştir. Temsili isimlerle anılacaktır. ($\Theta = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, J\}$) olacaktır.

Firmanın seçimi öncelikleri ve kriterleri sorgulandığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 6.8 MANAŞ Tedarikçi değerlendirme kriterleri

Değerlendirme Kriteri	Kriter Ağırlığı (0.100)
Kalite	90
Fiyat	70
Deneyim	70
Finansal Altyapı	60
Şirket Kültürü	45

Bu kriterlere göre alternatif grupları dikkate alındığında, programın çalıştırılması sonucunda, sırasıyla aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 6.9. MANAŞ örneği için program sonuçları:

Küme	Bel	Pls
D	0.1615	0.4917
D, E	0.3147	0.5897
D, E, G	0.3223	0.6851
D, E, F, G	0.5286	0.7831

Bu sonuçlara göre $\{D, E, F, G\}$ kümesini Belief aralığı en uygun olarak görülenektir. Bu kümenin en uygun olması hakkındaki inanç yüksektir. Fakat buna karşılık olmadığına dair inanç bakımından en düşük durumdadır. Bu seçim bizim alternatiflerimizin sayısını daraltmıştır. Seçeceğimiz tedarikçi, bu grup içerisinde olmalıdır. Bu tedarikçinin kesin belirlenmesi için bu grup içerisinde elinizdeki kriterlere göre tekrar bir AHP uygulayabiliriz veya matematiksel programlama yöntemiyle bu grup içerisindeki tedarikçilere belirlediğimiz sipariş miktarının dağıtımını gerçekleştirebiliriz.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

DS/ AHP metodu yeni modern bir çok amaçlı karar verme yöntemi olarak literatüre girmiştir. Avantajları arasında, değerlendirme yaparken çeşitli kriterlere göre karar alternatiflerini gruplandırabilmesi verilebilir. Aynı zamanda belirsizlik ölçüleri ve kararlar arasındaki çelişkiler ölçülebilir. Yapılan çalışmada DS/ AHP yönteminin uygulandığı, bir uzman sistem prototipi C++ programlama dilinde geliştirilmiştir. Böylece birden fazla uzman ve birden fazla kriterin olduğu problemlerde esnek bir uygulama geliştirilmiştir.

Bu yöntem normal AHP tekniğindeki yüksek karşılaştırma sayısını azaltmış, karşılaştırmalar içerisine belirsizliği de katmış, ve en son olarak da bu karşılaştırmaların bağımlılığını kaldırmıştır. Bu şekilde çelişki miktarını azaltmıştır.

Bu yöntemin uygulandığı alan olarak seçilen Tedarikçi seçiminde yüksek miktarda kriter sayıları ve de karar alternatiflerinin kıyasındaki karmaşıklık ve karşılaştırma sayısında ki üstel yükselmenin bir miktar önüne geçilmiştir.

İleri ki çalışmalarda bu yöntemin geliştirilmesi için sonuç kısmındaki veriler kullanılarak matematiksel programlama ve benzeri yöneylem araştırması teknikleri ile sipariş miktarının karar verilmiş olan tedarikçi grubuna dağıtılması gibi uygulamalar yapılmalıdır. Bunun yanında bu metod günümüz işletmelerinde yaygınlaşmaya evam eden ERP yazılımlar içerisinde bütünleşik hale getirilmelidir. Böylece çıkarım mekanizması daha etkin hale gelebilecek ve tüm güncelleştirmelerden etkilenecek yapılmış olan seçimlerin gözden geçirilmesi sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1]. **Moore, N** 1998, "Supply Chain Management", *Work Study*, Vol. 47, No: 5, pp. 172-174
- [2]. <http://konark.ncst.ernet.in/~aifac/Pub/Expert/>
- [3]. **Prerau, D S**, 1990, "Developing and Managing Expert Systems", Addison Wesley Publishing Company, Massachusetts
- [4]. **Turban, E**, 1999, "Expert Systems and Applied Artificial Intelligence", Macmillan Publishing Company, Newyork
- [5]. **Ignizio, J P**, ,1992 "Introduction To Expert Systems: The Development and Implementation of Rule-Based Expert Systems", McGraw-Hill Inc. NewYork
- [6]. **Turban, E** ,1990, "Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems", , Mac-Millan Publishing Company, New York
- [7]. <http://www.expertise2go.com/webesite/tutorials/ESIntro/>
- [8]. **Liebowitz, J**, 1995, "Expert Systems: A short introduction", *Engineering Fracture Mechanics*, Vol. 50, No. 5/6, pp. 601-607
- [9]. http://www.wtec.org/loyola/kb/c1_s1.htm
- [10]. <http://www.aaai.org/Pathfinder/html/expert.html>
- [11]. **Luger, E G ,Stubblefield WA**, 1992, "Artificial Intelligence Structures and Strategies for Complex Problem Solving", 2nd edition, The Benjamin Cummings Publishing Company Inc. California
- [12]. **Jackson, P** 1999, "Introduction to expert systems", Addison- Wesley Publishing Company, Harlow England

- [13]. **Ken hind S J, Harrison M C,** 1988 “An Analysis of Four Uncertainty Calculi”, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 18, No: 5, September/ October
- [14]. **Yen, J.**, 1990 “Generalizing The Dempster-Shafer Theory To Fuzzy Sets”, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 20, No: 3, May/June
- [15]. **Dempster, AP.**, 1967 “Upper and lower probabilities induced by a multi-valued mapping”, *Ann. Math Stat.*, Vol. 38, pp 325-339,
- [16]. **Dempster, AP.**, 1968 “A generalization of bayesian inference(with discussion)” , *Journal of Royal Statistics Society Series B* Vol. 30(2), pp. 205-247,
- [17]. **Shafer, G.**, 1976 “A mathematical theory of evidence”, Princeton University Press, Princeton,
- [18]. **Garvey, T, Lowrance, J, Fischler, M,** 1981 “An inference technique for integrating knowledge for disparate sources”, In: Proc. 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), Univ. Of British Columbia, Vancouver, Bc,
- [19]. **Lowrance, J, Garvey, T,** 1983 “Dempster-Shafer reasoning: An implementation for multisensor integration”, SI R International, Menlo Park, CA Tech Note 307, Dec.
- [20]. **Barnett, J. A.**, 1981 “Computational methods for a mathematical theory of evidence”, In: Proc. 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), Vancouver, vol.II, , p 868-875
- [21]. **Dillard, R.**, 1983 “Computing confidences in tactical rule-based systems by using Dempster-Shafer theory”, Naval Ocean System Center, San diego, CA Tech Note 649, Sept.
- [22]. **Beynon M, Curry B, Mrgan P.**, 2000” The Dempster-Shafer theory of evidence: an alternative approach to multicriteria decision modelling”, *Omega*, Vol. 28, pp 37-50,

- [23]. **Saaty, T L**, 1980 "The Analytic Hierarchy Process: Planning Priority Setting Resource Allocation", New York, Mc Graw-Hill,
- [24]. **Korvin, A, Shipley, M E**, 1993 "A Dempster-Shafer-Based Approach to Compromise Decision Making with Multiattributes Applied to product selection", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 40, No: 1, pp. 60-67, February
- [25]. **Yang, J. B, Singh, M G**, 1994 "An evidential Reasoning Approach for multiple-Attribute Decision Making with Uncertainty", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 24, No: 1, pp. 1-18, January
- [26]. **Beynon, M** 2002 "DS/AHP method: A mathematical analysis, including an understanding of uncertainty", *Decision Aiding European Journal of Operational Research* 140, pp. 148-164,
- [27]. **Lucas, P, Gaag van der L**, 1991 "Principles of Expert Systems. Reading, MA: Addison-Wesley,
- [28]. **Saaty, T L**, 1977 "The Sudan transport study", *Interfaces*, 8(1),:37-57,
- [29]. **Sarıççek, İ., Dağdeviren, M, Yüzügülü, N**, 2001 "Bir İşletmede Tedarikçi seçimine yönelik bir model ve uygulaması", *Osmanlı Üniversitesi İktisadi İdari Fak. Dergisi*, Vol. XI V, No: 1, 31-46,
- [30]. **Lootsma, F. A**, 1997 "Multicriteria decision analysis in a decision tree". *European Journal of Operational Research*, 101, 442-451,
- [31]. **Taha, H A**, 1997 "Operations Research: An Introduction", NJ, Prentice-Hall International Inc., 6th ed.,
- [32]. **Winston, W L**, 1994 "Operations Research: applications and Algorithms", California, ITP Duxbury Press, 3rd Ed.,
- [33]. **Jayashankar, M S, Smith S, Sadeh, N**, 1998, "Modeling Supply Chain Dynamics: A Multiagent Approach". *Decision Sciences*. 29 no. 3: 607-632, Summer

- [34]. **H L Lee and C Billington**, 1995, "Evolution of Supply Chain Management Models and Practice at Hewlett-Packard Company," *Interfaces*, 25, 5, , 42-63.
- [35]. http://silmaril.smeal.psu.edu/misc/supply_chain_intro.htm
- [36]. **New S J**, 1997 "The Scope of Supply Chain Management Research", *Supply Chain Management* Vol 2, No 1, pp 15-22
- [37]. **Motwani, J, Larson L, Ahuja S**, 1998 "Managing a global Supply Chain Partnership", *Logistics Information Management* Vol 11, No 6, , pp 349-354
- [38]. <http://www.eil.utoronto.ca/profiles/rune/node5.html#supplychain>
- [39]. http://manufacturing.net/magazine/logistics/archives/1998/scm_myst.htm
- [40]. **Moore N**, 1998 "Supply Chain Management", *Work Study* Vol 47, No 5, , pp. 172-174
- [41]. **Üreten S**, 2002 "Üretim İşlemler Yönetimi: Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri", 3. Baskı, Gazi Kitabevi, Ankara,
- [42]. **Choi, T Y, Hartley, J.L**, 1996 "An exploration of supplier selection practices across the supply chain", Technical Note, *Journal Of Operations Management* Vol 14, , 333-343
- [43]. **Boer, L B, Labro E, Morlacchi, P**, 2001 "A review of methods supporting supplier selection", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol. 7, Is. 2, June, pp. 75-89

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Antalya’da doğdu. İlk öğrenimini Isparta Ükü İlkokulunda 1989 yılında tamamladı. Orta okul öğrenimini Isparta Anadolu Lisesi 2nde 1993 yılında tamamladı, lise öğrenimine Isparta Süleyman Demirel Fen Lisesinde devam etti ve 1996 yılında buradan mezun oldu. 1997 yılında girmiş olduğu Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünü 2001 yılında tamamladı. Aynı yıl İ. T. Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Mühendislik Bilimleri Bölümü Sistem Analizi YL programına girdi.

2003 yılında Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Halen bu görevine devam etmektedir.