

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEĞER AKIŞ HARİTALARINDA BELİRLENEN DARBOĞAZLARIN
ÇÖZÜMÜ İÇİN BAYES AĞLARI İLE SENARYO ÜRETİMİ:
ÇAMAŞIR MAKİNASI FABRİKASINDA BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özcan AKÇAOĞLU

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEĞER AKIŞ HARİTALARINDA BELİRLENEN DARBOĞAZLARIN
ÇÖZÜMÜ İÇİN BAYES AĞLARI İLE SENARYO ÜRETİMİ:
ÇAMAŞIR MAKİNASI FABRİKASINDA BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Özcan AKÇAOĞLU
(507101219)**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gülgün KAYAKUTLU

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **507101219** numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ozcan AKÇAOĞLU**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**DEĞER AKIŞ HARİTALARINDA BELİRLENEN DARBOĞAZLARIN ÇÖZÜMÜ İÇİN BAYES AĞLARI İLE SENARYO ÜRETİMİ: ÇAMAŞIR MAKİNASI FABRİKASINDA BİR UYGULAMA**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Gülgün KAYAKUTLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Umut ASAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Serol BULKAN
Marmara Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **06 Haziran 2012**

ÖNSÖZ

Tez çalışmasını sürdürdüğüm sürece her adımda tüm bilgi birikimi ve sabrıyla bana yol gösteren Sayın Hocam Doç. Dr. Gülgün Kayakutlu'ya en candan teşekkürlerimi sunarım.

Sadece bu çalışma sırasında değil, her zaman yanımda olan, desteklerini hayatım boyu unutmayacağım değerli B/S/H/ çalışanı Savaş Tat ve Çamaşır Makinası Fabrikası Lojistik Departmanı çalışanlarına, tezin oluşturulması sırasında desteklerinden ötürü arkadaşlarım Nurettin Özdemir ve Burcu Sarıgül'e teşekkürü borç bilirim.

Şu anda bulunduğum noktaya gelebilmemde her zaman desteklerini arkamda hissettiğim aileme, adını sayamayacağım tüm arkadaşlarıma, dostlarıma ve hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2012

Özcan Akçaoğlu
(Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı.....	3
1.2 Çalışmanın Yapıldığı Sektör.....	3
1.3 Çalışmanın Aşamaları.....	4
2. DEĞER AKIŞ HARİTALANDIRMA	7
2.1 Değer Akış Analizi Kavramı.....	7
2.2 Değer Akış Haritalama Nedir?.....	9
2.2.1 Değer akış haritalama literatür taraması.....	11
2.2.2 Değer akış haritalama metodunun önemi ve gerekliliği.....	13
2.2.3 Değer kavramı.....	14
2.2.4 İsrar kavramı.....	15
2.2.5 Değer akışı haritalandırmanın avantajları ve dezavantajları.....	16
2.2.6 Değer akış haritalamanın uygulandığı sektörler	17
2.3 Değer Akış Haritasının Çizilmesi	18
2.3.1 Ürün ailesinin seçimi	19
2.3.2 Değer akış yöneticisi ve ekibi	19
2.3.3 Değer akışında kullanılan ölçütler ve gerekli bilgiler	20
2.3.4 Mevcut durum haritasının çizimi	22
2.3.5 Mevcut durum değer akış haritasının analiz edilmesi	33
2.3.6 Gelecek durum haritasının çizilmesi	33
3. BAYES HARİTALARI.....	35
3.1 Bayes Ağlarına Giriş	35
3.2 Bayes Teoremi	37
3.3 Bayes Ağları Literatür Taraması	41
3.4 Bayes İnanç Ağlarının Yapısı	43
3.4.1 Belirsizlik içeren durumlarda bayes yaklaşımı	47
3.5 Bayes Ağı Geliştirme Algoritmaları.....	48
3.5.1 Kesin çıkarsama algoritmaları.....	49
3.5.2 Yaklaşık çıkarsama algoritmaları.....	50
3.6 Bayes Ağları Oluşturma Aşamaları.....	51
3.7 Bayes Ağlarında Zincir Kuralı	52
3.8 Bayes Ağlarının Uygulama Alanları	53
3.9 Bayes Ağlarının Sağladığı Avantajlar	53
3.10 Bayes Ağlarının Dezavantajları	55

3.11 Netica Bayes Ağı Modelleme Programı.....	56
4. UYGULAMA.....	65
4.1 Problemin Belirlenmesi / Problemin İlgili Alanı	67
4.2 Nitel Modelin Oluşturulması	72
4.2.1 Verilerin toplanması.....	73
4.2.2 Modelde değişkenler arasındaki ilişkilerinin belirlenmesi.....	76
4.2.3 Bayes ağı grafiksel modeli	80
4.3 Bayes Ağ Modelinde Kullanılan Değişkenler	82
4.3.1 İşletme kaynakları değişkenleri	82
4.3.2 Çözüm alternatifleri değişkenleri.....	84
4.3.3 Darboğazları oluşturan süreç değişkenleri	88
4.4 Nicel Modelin Oluşturulması	89
4.4.1 Değişkenler arası koşullu olasılıkların belirlenmesi	89
4.4.2 Koşullu olasılıkların belirlenmesi için anketlerin hazırlanması	91
4.4.2.1 İşletme kaynakları mevcut durum olasılıkları anketi	91
4.4.2.2 Çözüm alternatifleri olasılık değerleri anketi	92
4.4.2.3 Darboğaz süreçler olasılık değerleri anketi	93
4.4.2.4 Anketlerin Uygulanması ve Değerlendirilmesi.....	94
4.4.3 Modelin netica programına girilmesi	95
4.5 Senaryo Analizleri.....	100
4.5.1 Mevcut durum senaryo analizi.....	101
4.5.2 En iyimser durum senaryo analizi.....	106
4.5.3 En Kötümser Durum Senaryo Analizi	110
4.6 Duyarlılık Analizleri	116
4.6.1 Bütçe değişkeni duyarlılık analizi.....	117
4.6.2 Yeni makina yatırımı değişkeni duyarlılık analizi.....	119
4.6.3 Serigrafi darboğazı duyarlılık analizi.....	122
4.6.4 Kazan üretim hattı darboğazı duyarlılık analizi.....	125
4.6.5 Fabrika stok alanı darboğazı duyarlılık analizi.....	127
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	131
5.1 Modele İlişkin Çıkarımlar	135
5.2 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler.....	136
KAYNAKLAR.....	139
EKLER	145
ÖZGEÇMİŞ.....	171

KISALTMALAR

BSH	: Bosch-Siemens Ev Aletleri
VSM	: Value Stream Map
DAH	: Değer Akış Haritalama
BA	: Bayes Ağları
FIW	: Factory İstanbul Washing Machine
C/o	: Change Over
EPE	: Üretim Parti Büyüklüğü
C/t	: Cycle Time
GO	: Makine Kullanım Oranı
DAG	: Directed Acyclic Graph
OEE	: Overall Equipment Efficiency

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	: Değer akışı haritalama ile ilgili literatür çalışmaları.....	12
Çizelge 2.2	: DAH ana sembol tablosu (Rother ve Shook, 1998).....	23
Çizelge 2.3	: DAH yardımcı sembol tablosu (Rother ve Shook, 1998).	27
Çizelge 3.1	: Üretim oranları.....	40
Çizelge 3.2	: Bayes ağları ile ilgili literatür çalışmaları.	42
Çizelge 4.1	: Serigrafi alanındaki ana makinelerin VSM tablosu.	69
Çizelge 4.2	: Kazan enjeksiyon makineleri bilgi tablosu.	71
Çizelge 4.3	: İlişkiler matrisi başlangıç kısmı.	78
Çizelge 4.4	: Malzemede değişim için koşullu olasılık tablosu.	90
Çizelge 4.5	: İşletme kaynakları mevcut durum olasılık değerleri.....	92
Çizelge 4.6	: Çözüm alternatifleri olasılık tablosu örneği.	93
Çizelge 4.7	: Darboğaz değişkenleri olasılık tablosu anketi.	94
Çizelge 4.8	: Proseste değişim olasılık kombinasyonları.	98
Çizelge 4.9	: Netica'ya girilecek koşullu olasılık değerleri hazırlama tablosu.....	99
Çizelge 4.10	: Kaynakların durumuna göre senaryolar	100
Çizelge 4.11	: Mevcut durum için işletme kaynaklarının ilk olasılıkları.	103
Çizelge 4.12	: En iyi senaryoda işletme kaynaklarının olasılıkları.	107
Çizelge 4.13	: En kötü senaryoda işletme kaynaklarının olasılıkları.	111
Çizelge 4.14	: Senaryo analizleri ortak sonucu.....	115
Çizelge 4.15	: Darboğaz çözüm beklentilerine göre duyarlılık analizleri.	116
Çizelge 4.16	: Bütçe değişkenine göre duyarlılık analizleri.	117
Çizelge 4.17	: Bütçe değişkenine göre duyarlılık analizi.	118
Çizelge 4.18	: Yeni makina yatırıma göre duyarlılık analizi.	119
Çizelge 4.19	: Yeni makina yatırımı değişkenine göre duyarlılık analizi.	122
Çizelge 4.20	: Serigrafi darboğazı çözümüne göre duyarlılık analizi.	123
Çizelge 4.21	: Kazan üretimi darboğazı çözümüne göre duyarlılık analizi.....	125
Çizelge 4.22	: Kazan hattı darboğazı çözümüne göre duyarlılık analizi.	126
Çizelge 4.23	: Fabrika stok alanı darboğazı çözümü duyarlılık analizi.	127
Çizelge B.1	: İşletme kaynakları-çözüm alternatifleri ilişki matrisi	149
Çizelge B.2	: Çözüm alternatifleri-darboğaz süreçler ilişki matrisi.....	150

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Değer akışı haritalandırma adımları (Rother ve Shook, 1999).	19
Şekil 3.1	: Bayes ağı örneği.	36
Şekil 3.2	: Düğüm ve ilişki örneği.	43
Şekil 3.3	: Basit bir bayes ağı örneği olasılık değerleri.	44
Şekil 3.4	: Bayes inanç ağında bulunan düğüm, ok ve olasılık tablosu.	45
Şekil 3.5	: Seri bağlantı.	46
Şekil 3.6	: Yakınsayan bağlantı.	46
Şekil 3.7	: Iraksayan bağlantı.	46
Şekil 3.8	: Tüm öğelerini içeren şekilde bir Bayes ağı modeli.	48
Şekil 3.9	: Bayes ağı oluşturma aşamaları.	51
Şekil 3.10	: Koşullu olasılık tablosu örneği.	56
Şekil 3.11	: Netica programı ana ekranı.	57
Şekil 3.12	: Netica araç çubuğu ve kısayollar.	58
Şekil 3.13	: Netica’da düğüm ikonları ve ilişki oku.	58
Şekil 3.14	: Düğüm özelliklerinin eklendiği ekran.	59
Şekil 3.15	: Basit bir bayes ağı gösterimi.	60
Şekil 3.16	: P düğümüne ait koşullu olasılık çizelgesi.	61
Şekil 3.17	: Basit bir bayes ağının olasılık değerleri.	62
Şekil 3.18	: Basit bir bayes ağının olasılık değerleri.	63
Şekil 3.19	: Basit bir bayes ağının olasılık değerleri.	63
Şekil 4.1	: Bayes Ağı oluşturulurken gerçekleştirilen aşamalar.	66
Şekil 4.2	: Fabrikada darboğaz oluşturan süreçler.	68
Şekil 4.3	: Bayes ağı için oluşturulan öncül model.	73
Şekil 4.4	: Bayes ağı modeli.	81
Şekil 4.5	: Bayes ağ modelinin Netica’ya girilmiş hali.	96
Şekil 4.6	: Mevcut durum senaryosu için düzenlenmiş Bayes ağı.	105
Şekil 4.7	: Mevcut durumda darboğaz çözüm beklentileri.	106
Şekil 4.8	: En iyimser durum senaryosu için düzenlenmiş Bayes ağı.	109
Şekil 4.9	: En kötümser durum senaryosu için düzenlenmiş Bayes ağı.	113
Şekil A.1	: Değer akış haritası	147
Şekil D.1	: Bütçe değişkeni yüksek durumu için Netica modeli.	161
Şekil D.2	: Bütçe değişkeni düşük durumu için Netica Modeli.	162
Şekil D.3	: Yeni makina yatırımı yapılması durumu için Netica modeli.	163
Şekil D.4	: Yeni makina yatırımı yapılmaması durumu Netica modeli.	164
Şekil D.5	: Serigrafi darboğazı yüksek çözüm beklentisi Netica modeli.	165
Şekil D.6	: Serigrafi darboğazı düşük çözüm beklentisi Netica modeli.	166
Şekil D.7	: Kazan hattı darboğazı yüksek çözüm beklentisi Netica modeli.	167
Şekil D.8	: Kazan hattı darboğazı düşük çözüm beklentisi Netica modeli.	168
Şekil D.9	: Fabrika stok alanı yüksek çözüm beklentisi Netica modeli.	169

Şekil D.10 : Fabrika stok alanı düşük çözüm beklentisi Netica modeli..... 170

DEĞER AKIŞ HARİTALARINDA BELİRLENEN DARBOĞAZLARIN ÇÖZÜMÜ İÇİN BAYES AĞLARI İLE SENARYO ÜRETİMİ: ÇAMAŞIR MAKİNASI FABRİKASINDA BİR UYGULAMA

ÖZET

Günümüzde giderek artan rekabet ortamı, küreselleşme olgusu ve teknoloji alanındaki büyük gelişmeler bulunduğu sektöre bakılmaksızın tüm şirketlerin üzerindeki zorlayıcı unsurların etkisini sürekli artırmaktadır. Şirketler gittikçe sertleşen piyasa koşullarında fark yaratabilmek ve hayatlarını sürdürebilmek için faaliyet gösterdikleri sektörler göre değişen çözümler üretmektedirler. Rekabet koşullarının en sert şekilde yaşandığı sektörlerin başında gelen üretim sektöründe faaliyet gösteren firmalar daha hızlı ve daha düşük maliyetli üretim yapmak, üretim maliyetlerini minimize ederek karlılık seviyelerini artırmak için çaba göstermektedirler. Üretim sektöründe verimliliğin ve üretim kapasitesinin artırılması için toplam kalite veya yalın üretim teknikleri gibi güncel teknikler kullanılır. Bu yöntemlerin başarılı olması içinse verimliliği düşüren etmenlerin neler olduğu kesin olarak saptanmalı, problemler tanımlanmalı ve analitik çözümler üretilmelidir.

Değer akış haritalama tekniği, üretim firmaları için önemi son yıllarda daha da iyi anlaşılan yalın üretim yöntemlerinden biridir. Üretimde yer alan tüm malzeme ve bilgi akışını ve ürünlerin ortaya çıkması için gerçekleştirilmesi gereken süreçleri gösteren değer akış haritaları, firmaların kaynaklarını verimsiz kullanmalarına sebebiyet veren süreçlerin incelenmesinde ve iyileştirilmesi gereken proseslerin tespit edilmesinde önemli katkı sağlayan bir yalın üretim metodolojisidir.

Değer akış haritalama tekniğinde birbirini etkileyen süreçlerin ilişkileri analiz edilerek, gelecek senaryoları ile daha etkin bir çözüm üretilebilir. Bayes ağları, karar verme süreçlerine destek olmak için çözüm alternatifleri arasındaki ilişkileri görselleştiren bilişsel haritaları kullanır. Bilişsel haritalama tekniğini temel alarak oluşturulan bir bayes ağı modeli, çözüm alternatiflerini temsil eden düğümler, kaynakları temsil eden düğümler ve problemleri sembolize eden düğümlerden oluşmaktadır. Bayes ağlarında yer alan bu düğümlerde kesinlik içeren her tanımlama modelin oluşturulmasını ve incelenmesini kolaylaştırmaktadır. Kısıtlı kaynak değişkenlerini de değerlendirmeye alan bayes modeli oluşturulup incelendikten sonra karar alma süreçlerine fikir sağlayıcı veriler elde edilebilir.

Bu çalışma kapsamında bayes inanç ağları modeli kullanılarak değer akış haritalama tekniğine bağlı olarak belirlenen darboğazların incelemesi gerçekleştirilmiştir. Beyaz eşya üretimi sektöründe faaliyet gösteren bir fabrika da uygulama yapılmıştır. Bunun için, ilk olarak bayes ağlarında işletme kaynakları olarak tanımlanan değişkenler belirlenmiştir. Daha sonra ele alınacak darboğaz süreçler ve bu darboğazlara yönelik çözüm alternatiflerine ait değişkenler belirlenerek bu değişkenlerin farklı olasılık durumları tespit edilmiştir. Darboğaz süreçlerin ortadan kaldırılması için uygulanacak alternatif çözümleri, bu çözümler arasındaki ilişkileri ve koşullu olasılık

tablolarını belirleyebilmek için uzmanlar ile sürekli görüşülmüş ve üç farklı anket uygulaması yapılmıştır. Daha sonra farklı senaryo koşulları altında model incelenerek modelde yer alan değişkenlerin farklı olasılık durumları için darboğaz süreçlerin çözüm beklentisindeki değişimler analiz edilmiştir. Ardından her bir çözüm alternatifinin problemleri alanlar üzerindeki birebir etki derecesini analiz edebilmek için duyarlılık analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar derlenerek gelecek durum akış haritasında kullanılabilecek veriler olarak kayıt altına alınmıştır. Son olarak da, modele dair kısıtlar ele alınarak gelecekte yapılacak çalışmalara öneriler sunulurken bu tekniğin geliştirilebilmesi için değerlendirmelerde bulunulmuştur.

BAYESIAN NETWORK APPROACH FOR SOLVING BOTTLENECKS EXPOSED BY VALUE STREAM MAPS: CASE STUDY IN WASHING MACHINE MANUFACTURING

SUMMARY

Compelling influence of increasingly competitive environment, globalization and the major advances in the field of technology constantly affect all companies regardless of their sector. Companies always try to apply new implementations to sustain their life in today's world. Accordingly, the manufacturing field can be described as one of the most competitive sector in the industry. Companies which operate in the manufacturing sector, strive to increase the level of profitability by minimizing production costs. In the industry there are some advantageous methods to increase the productivity and production capacity such as lean production and total quality management. To imply these methods successfully, the factors which reduce the efficiency should be precisely identified and described and then analytical solutions should be executed.

A value stream is all the actions (both value and non-value added) the required to bring a product, or group of products that use many of the same resources in much the same way, through the main flow essential to every product – from raw material to the customer. VSM is an enterprise improvement technique to visualise an entire production process, representing information and material flow, to improve the production process by identifying waste and its sources. VSM is a pencil and paper visualization tool that shows flow of material and information as a product makes its way through the value stream. The value stream map is created using a predefined set of icons. VSM creates a common language about a production process, enabling more purposeful decisions to improve the value stream.

Value Stream Mapping (VSM) is one of the most widely used Lean Manufacturing tools, which integrates the business wide benefits of a manufacturing company. Using VSM, work flows are linked to show the cycle time, resource utilization and job sequences. This map also demonstrates the bottlenecks and helps defining the problems.

Value Stream Mapping technique gives the researcher an opportunity to analyze the relations of interacting process and it can supply better solutions with future scenarios. Using the cognitive mapping technique will certainly improve VSM results by demonstrating the cause and effect relations among the influential factors for the processes to be leanified. Furthermore, achieving different company based importance for the waste or inefficiency will allow the choice of critical ones and avoid unnecessary time and effort usage. Bayesian Network technique will use the cognitive maps to analyze alternative solutions in order to support the decisions.

Bayesian networks (BN) (also generally referred to as probabilistic networks, causal probability networks, probabilistic cause-effect models) help us to model a domain containing uncertainty. Simply put, Bayesian networks are probabilistic networks derived from Bayes theorem, which allows the inference of a future event based on prior evidence. A Bayesian network consists of a graphical structure, encoding a domain's variables, the qualitative relationships between them, and a quantitative part, encoding probabilities over the variable.

One important aspect of BNs is its graphical structure, which enables us to represent the components of complex probabilistic reasoning in an intuitive graphical format, making understanding and communicating easy for the mathematically unsophisticated. Another important aspect is the quantitative part of BNs, which is able to accommodate subjective judgements (expert opinions) as well as probabilities based on objective data.

Bayesian networks are directed acyclic graphs (DAGs). A graph is defined as a set of nodes (vertices) and a set of edges (arcs) with each arc being a pair of nodes. A directed acyclic graph is therefore a directed graph that has no cycles.

Bayesian networks have had considerable applications in many fields both in academia and industry. Industrial application of Bayesian technology spans several fields including medical and mechanical diagnosis, risk and reliability assessment, and financial risk management. In the academic field, Bayesian networks applied to problems in medical diagnosis, in heuristic search, in ecology, in data mining and also in intelligent trouble shooting systems.

In the literature it can be seen that, there are different types of inference methodology in Bayesian networks. There exist two classes of inference algorithms - one that gives exact solutions and the other that gives approximate solutions. There are several classes of exact inference algorithms and also there are some classes of approximate solutions that we mentioned in the thesis with the main features in order to gather better understanding about Bayesian networks.

Building a Bayesian network is an iterative process and also a trade off between a very detailed and rich model to obtain "accurate" results on the one hand, and the cost and complexity of obtaining the detailed probabilities and maintaining the network afterwards on the other hand.

Quantifying the network basically means assessing the probability distributions for each of the nodes represented in the network. The information for assessing the probability distributions can either be obtained from objective past data, if available, or elicitation of probabilities from domain experts. Both types of data can be used separately or in combination with each other. Objective data are often not available for use in most Bayesian networks. Although some information can be obtained from historical data bases most of these are either insufficient for analysis or not in a form that can be easily encoded into a Bayesian network.

Level of certainties in each node of the Bayesian network will direct the edifice of different decisions. The choice of an alternative can then be justified by the evaluation of principal resources. Conditional scenarios will be achieved as a result of all these analysis.

Some strengths or advantages of Bayesian Networks and Value Stream Mapping tools has been also widely discussed in the thesis. Additionally, it is also mentioned how to pass through these limitations about bayesian networks and value stream mapping to get desired results.

In this study, we propose a model that uses creation of Bayesian belief network to analyze and the bottlenecks as problems based on the Value Stream Mapping. A case study is run for a global white furniture manufacturer. In other words, we firstly designed the value stream map of the company. We then focused on inputs of the bayesian network so, company resources, bottlenecks and alternative solutions are described to be used in the bayesian network modelling of the study. After that, we created the conditional probability tables of the company resources in order to make different kind of analysis under the different situations. In this case, three consecutive surveys are realized among the manufacturing leaders in order to determine the causal factors, alternative solutions and conditional probabilities for the influences.

Several scenarios and sensitivity analysis are prepared and analyzed in the light of the Bayesian network methodology and the results are investigated to support decision making under the different probability condition of each factors. The difficulties experienced during the case study are also discussed and further improvements are proposed in the paper. At the end, we propose some inferences to build the future state map by using value stream mapping and bayesian network approaches together.

1. GİRİŞ

Son yıllarda koşulları giderek zorlaşmakta olan şirketler arası rekabet ortamında tüm firmalar varlıklarını devam ettirebilmek ve diğer firmalar arasında ön plana geçebilmek için mümkün olan tüm yöntemleri kullanmaktadırlar. Firmalar piyasada edindikleri yeri korumak için gerek şirket içinde gerekse firma dışında bir takım çözümler geliştirmektedirler. Özellikle üretim sektöründe bulunan firmalar üretim maliyetlerini düşürerek karlılıklarını korumak ve rakiplerinin önüne geçmek istemektedirler. Firmalar tarafından bir çok farklı teknik kullanılarak verimlilik artırma çalışmaları yapılmakta ve aynı girdi miktarıyla daha fazla miktarda üretim yaparak kapasite artırmanın yolları sürekli olarak araştırılmaktadır. Literatürde yalın üretim teknikleri olarak geçen ve son 20 yılda önemi çok daha artan bu çalışmalara önem veren şirketlerin diğer şirketlerin önüne nasıl geçtikleri görülünce dünya genelinde rekabet gücünü artırmak isteyen şirketler bu tekniklerin uygulanması gerekliliğini daha da benimsemişlerdir.

Üretim sektöründe faaliyet gösteren firmaların verimlilik ve karlılık artırma çalışmalarında son dönemlerde sıklıkla kullanımına başvurdukları yöntemlerden bir tanesi de değer akış analizi tekniğidir. Bir yalın üretim metodolojisi olan değer akış analizi ya da değer akış haritalama tekniği firmaların en sık karşılaştıkları sorunların başında gelen darboğaz süreçlerin tespit edilmesi ve sonrasında bu süreçlerin iyileştirilmesi hususunda büyük avantajlar sağlamaktadır. Üretim şirketleri değer akış haritalama yöntemini kullanarak şirket içindeki tüm malzeme ve bilgi akışlarını proses sıralarını tek bir resimde bir araya getirerek görselleştirebilmektedirler ve üretim sürecinde israf oluşan noktaları kolayca analiz edebilmektedirler. Bu sayede israfların önlenmesi için çalışmalar yapılmakta, şirket verimliliğini artırma yolunda önemli adımlar atılmaktadır.

Değer akış haritalama tekniği Rother ve Shook tarafından bir yalın üretim aracı olarak sahip olduğu ürün veya hizmet meydana getirilmesi için gerekli olan tüm faaliyetlerle, bilgi ve malzeme akışının semboller vasıtasıyla gösterilmesi olarak tanımlanmaktadır (1998). Bu tanımdan yola çıkılarak işletmenin tamamını analiz

etme imkanı tanınması ve tek bir seferde işletme genelinde darboğazların tespit edilmesine imkan sağlaması açısından değer akış haritalama tekniğinin önemi özellikler üretim şirketleri için giderek artmaktadır. Değer akış haritalamanın ikinci safhasını oluşturan gelecek durum haritalama ise, mevcut süreçlerde oluşan darboğazların tespit edilip çözülmesiyle yeni değer akış haritasının çizilmesini ve analiz sürecinin yeniden başlamasını ifade etmektedir.

Darboğaz süreçler tespit edildikten sonra bunların en iyi şekilde ortadan kaldırılması için çözüm yolları araştırılmalıdır ve uygun görülen çözümler uygulamaya alınmalıdır. Ancak literatür incelemesi yapıldığında, üretim içerisinde meydana gelen darboğazlara çözüm alternatifi geliştirilmesi için çok çeşitli teknikler ve yöntemler mevcutken işletme içerisinde tespit edilmiş darboğazların çözümünde hangi çözüm yolunun uygulanması gerektiği, yada uygulandığı takdirde ne seviyede bir katkı sağlayacağı veya çözüm yollarının birbirleri ile kıyaslanmasına imkan sağlayacak teknikler çokta yaygın değildir. Tam da bu noktada, bu çalışmada da kullanılacak olan Bayes ağları yaklaşımı incelenmeye alınmıştır.

Bayes ağları birçok değişken ve bunlara ait olasılık durumlarının olduğu bir sistemin incelenmesini ve modelde bulunan değişkenlerin birbirleri üzerindeki etkilerini senaryo analizleri vasıtasıyla olasılıksal olarak gösterimini sağlayan bir yöntemdir. Değer akış haritalama tekniğinde olduğu gibi Bayes ağlarında da görsel bir gösterim mevcuttur ve bu da analiz sürecinin daha kolay hayata geçirilmesini sağlamaktadır. Dolayısıyla, değer akış haritalama tekniği ile bayes ağları yöntemlerinin aynı işletme içinde birlikte uygulanması ile değer akış haritalama çalışması sonunda belirlenen darboğazların çözüm yollarının tespit edilmesi ve bunların arasındaki ilişkilerin belirlenmesi sağlam bir temele oturtulacaktır. Bayes ağları yöntemi ile ayrıca çözüm olarak belirlenen yöntemlerin işletme kaynakları üzerindeki etkisi ve darboğazların çözümüne katkı dereceleri olasılıklar ile belirlenebilmektedir ve değer akış analizinde elde edilen verilerin anlamlı şekilde işlenmesine katkı sağlamaktadır.

Değer akış haritalama tekniğinin önemli bir aşaması gelecek durum değer akış haritasının oluşturulmasıdır. Değer akış haritalamasında tespit edilen darboğazların farklı çözüm yolları ile ortadan kaldırılması sonucu, gelecek durum için değerlendirilmiş fabrika ve müşteri ihtiyaçlarına göre akış yeniden çizilmeli ve tüm bilgiler en güncel halleriyle harita üzerinde yer almalıdır. Gelecek durum haritası çözülmesi beklenen darboğaz süreçlerin çözümünün gerçekleştiği varsayımı altında

yapılacak olan değerlendirmeler için daha sağlıklı ve net değerlendirmeler yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Tüm bu sebeplerden ötürü değer akış haritalama ve Bayes ağlarının birlikte ele alınması ve senaryo analizleri ile darboğazların çözüm yollarının tüm yönlerden değerlendirilmesi, günümüz rekabet koşullarında bir üretim şirketine piyasadaki yerini korumada ve sağlamlaştırmada avantaj sağlayacaktır. Özellikle teknolojik gelişmelerin inanılmaz boyutlara geldiği son yıllarda, şirketler küresel rekabet koşullarına ve yerel pazar gerekliliklerine uyum sağlayabilmek için ellerindeki tüm çözüm alternatiflerini kullanmak ve potansiyellerini en üst seviyede değerlendirmek zorundadırlar.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, bir üretim işletmesinde değer akış haritalama tekniği kullanılarak darboğaz oluşturan süreçlerin tespit edilmesi ve daha sonra bu darboğaz süreçlerin çözüm alternatiflerinin belirlenerek Bayes ağları yöntemiyle modellenmesi ve senaryo analizleri yapılarak darboğazların çözümü için bulunan çözüm alternatiflerinin analiz edilmesidir. Başka bir ifade şekliyle, Bayes ağ modelinde işletme kaynakları olarak belirlenen değişkenlerin farklı olasılık durumlarında, değer akış haritalama yöntemiyle belirlenen darboğazların çözüm alternatiflerinin olasılık değerlerinin bulunması ve çözüm alternatiflerinin farklı olasılık durumlarında darboğaz süreçlerin çözüm beklentilerinin değerlerinin tespit edilmesi için olasılığa dayalı senaryo ve duyarlılık analizlerinin yapılması ve bu analizlerin görsel olarakta gösteriminin sağlanması şeklinde ifade edilebilir. Bu şekilde yapılan değerlendirmeler sonucunda da değer akış haritası üzerinde tespit edilen darboğazlar güncellenerek hazırlanacak olan gelecek durum değer akış haritasının oluşturulması sağlanır.

1.2 Çalışmanın Yapıldığı Sektör

Değer akış haritalama ve Bayes ağları ile modelleme tekniklerinin birlikte analiz edildiği bu çalışma bir çamaşır makinesi fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Çamaşır makinesi üretimi işletmede çok uzun yıllardan beridir devam etmektedir ve yurt içi satış adetleri düzenli olarak yükselmektedir. Türkiye çamaşır makinesi pazarı da

artan nüfus ve refah seviyesi sayesinde son yıllarda kriz yılları hariç büyüme trendini devam ettirmektedir. Sektörde yerli üreticilerden Arçelik pazar payının yaklaşık olarak yarısını elinde tutmaktadır. Bu çalışmanın yapıldığı Bosch-Siemens (BSH) çamaşır makinası fabrikası ise pazarın yaklaşık üçte birlik kısmını elinde tutmaktadır. Sektör uzun yıllardır pazar payları dağılımı açısından oldukça durağan bir görünüm sergilerken, son yıllarda uzak doğulu üreticilerin Türkiye pazarına girmeleri ve pazardan az da olsa bir pay almaları iki büyük üretici firmayı tedirgin olmaya yetmiştir. Sektöre yeni giren bu yeni oyuncular, çok sert rekabet yapmakta, izledikleri etkili fiyat politikaları ile pazarda kendilerine yer edinmeye çalışmaktadırlar. Kısa vadede iki büyük üreticinin pazar paylarını tehdit etmeleri zor gibi gözükse de piyasaya etkileyici bir giriş yapmışlardır ve uzun vadede rekabet koşullarına dayanabildikleri takdirde pazardan hedefledikleri seviyelerde pay alabilme ihtimalleri bulunmaktadır. Piyasadaki bu pazar koşulları BSH çamaşır makinası fabrikasını birçok farklı tekniği kullanarak daha verimli ve karlılığı daha yüksek bir şirket olma arayışına itmektedir.

1.3 Çalışmanın Aşamaları

Çalışma giriş bölümünde genel bilgilerin verilmesi ile başlamaktadır ve toplam beş bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde değer akış haritalama tekniği ile ilgili detaylı bir bilgilendirme yapılmış, mevcut durum haritasının çıkarılmasından ve mevcut durum haritasından gelecek durum haritasına geçişten bahsedilmiştir. Sonraki bölümde, bu çalışmanın ana ilgi alanını oluşturan Bayes ağları yöntemi ile ilgili bilgiler paylaşılmış, Bayes teoremi ve temel olasılık kavramları hakkında bilgi verilmiş ardından Bayes ağları yönteminin uygulama alanlarından, avantajlarından dezavantajlarından bahsedilmiş ve Bayes ağ modelinin kurulup analizinin yapılacağı Netica programının kullanımından bahsedilmiştir. Dördüncü bölüm olan uygulama bölümünde ilk olarak bayes problem belirlenmiş ve problemin ilgi alanını oluşturan darboğaz süreçler hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra Bayes ağının ilk aşaması olan nitel model oluşturulmuştur. Nitel modelin oluşturulmasından sonra değişkenler hakkında bilgi toplanmış ve değişkenler arası ilişkilerin tespit edilebilmesi için anketler uygulanmıştır. Bu aşamadan sonra Bayes ağının grafiksel modeli oluşturulmuş ve nihai modeldeki tüm değişkenlerin ayrıntılı açıklamaları yapılmıştır. Daha sonra değişkenler arası koşullu olasılıklar belirlenmiş ve model Netica

programına aktararak senaryo ve duyarlılık analizleri için program çalıştırılmıştır. En kötü durum, en iyi durum ve mevcut durum koşulları için senaryo analizleri yapılmış ayrıca bazı değişkenleri tek başına inceleyen duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Beşinci bölümde de elde edilen sonuçlara dair açıklamalar yapılmış, modele dair çıkarımlar paylaşılmış ve gelecek çalışmalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

2. DEĞER AKIŞ HARİTALANDIRMA

2.1 Değer Akış Analizi Kavramı

Üretim firmaları geçtiğimiz bir kaç on yıllık süreçte giderek artan miktarlarda müşteri ve rakip baskısına maruz kalmaktadırlar. Müşteri beklentileri sürekli yükselmekte, müşteriler hep daha iyisini talep etmekte ve diğer taraftan da rekabetçi piyasa ortamında rakip şirketlerin baskısı ve zorlayıcı piyasa şartları giderek daha acımasız hale gelmektedir. Şirketler artan müşteri beklentilerini kalite düzeylerini artırarak, teslimat sürelerini düşürerek, üretim maliyetlerini minimize ederek ya da bu üç kavramı birlikte organize ederek karşılamaya çalışmaktadırlar.

1950’lili yıllardan itibaren Dünya endüstrisini ve müşteri üretici ilişkilerini incelemeye aldığımızda, ilk başlarda müşterilerin üreticiler tarafından sunulması almak zorunda olduğunu ve tercih hakkının olmadığını görüyoruz. Yetmişli ve seksenli yıllardan itibaren ise, küreselleşme rüzgarı ve artan teknolojik yeniliklerle birlikte üretici-müşteri ilişkisinin bambaşka bir boyut kazandığını ve artık müşterilerin karar verici pozisyonuna geldiğini ve sadece istediği özellikleri sahip ürünü alma hakkına eriştiğini ve müşteri odaklı bir piyasa yapısının ortaya çıktığını görüyoruz (George, 2002). Kısacası artık müşteriler üretimi yönetmekte ve yönlendirmektedir.

Yukarıda bahsedildiği gibi, değişen koşullar üretim endüstrisinde yer alan şirketleri rekabetçi özelliklerini artırabilmek ve küresel pazarlarda yerlerini koruyabilmek için yeni yöntemler bulma ve uygulama konusunda sürekli force etmiştir (George, 2002). Bazı şirketler üretim alanlarına Çin, Meksika gibi gelişmekte olan ülkelere kaydırarak üretim maliyetlerini düşürme yoluna giderken bazıları yalın üretim ya da yalın düşünce mantığı gibi yeni üretim yöntemlerini benimseyerek ayakta kalmaya ve faaliyetlerine devam etmeye çalışmaktadırlar.

Yalın üretim ya da başa bir ifade tarzıyla yalın imalat veya yalın düşünce mantığı tam da şirketlerin rekabetçi piyasa koşullarına adapte olmaya çalıştığı yıllarda Womack ve Jones tarafından 1990’ların ortalarından itibaren ortaya atılmış ve de kabul görmeye başlamıştır (1996). Yalın düşünce giderek daha fazla sayıda firma

tarafından sorunların çözümünde ve üretim performanslarını artırma konusunda uygulamaya alınmış, Yalın İşletme Enstitü'sünün düzenlediği Yalın Zirve toplantısında özellikle Day, Jones ve Womack'ın en çok üstünde durduğu gibi otomotiv sektöründe ve Payne ve diğerlerinin vurguladığı gibi havacılık ve uzay endüstrisinde temel olarak ele alınmıştır (1999). Yalın düşünce, just in time, hücresel imalat ve world-class imalat gibi bazı temel prensipleri temel aldığı gibi, hataların elimine edilmesi, verimliliğin artırılması ve toplam üretken bakım gibi bir takım araçları da birbiriyle entegre ederek kullanmayı hedefler.

Yalın düşünce terimi, Toyota üretim sistemini ve orada Taichi Ohno tarafından oluşturulmuş bulunan düşünme sürecini tanımlamak amacıyla Womack ve Jones tarafından ilk olarak 1996 yılında ortaya atılmıştır. "The machine that changed the World" isimli kitaplarında Womack ve Jones batılı otomotiv sistemleri ile Japon otomotiv sistemleri arasındaki farkları ve performans değerleri arasındaki uçurumu ortaya koyarken yalın düşünce mantığının da bugün ki popülerliğini kazanmasında ilk adımı atmışlardır. James-Moore ve Gibbons, yalın üretimin temel değerlerini ve kilit yaklaşım noktalarını şu şekilde sıralamışlardır: esneklik, hataların ortadan kaldırılması, optimizasyon, süreç kontrolü ve işgücünün etkin kullanımı (1997). Bahsedilen bu yalın üretim araçlarının sayısı artırılabilceği gibi farklı şekillerde sınıflandırmalar da yapılabilir.

Birçok yazar yalın yaklaşımda kullanılan araçları ve değişik teknikleri ele alan çalışmalar ortaya koymuştur. Bu tekniklerin bir kısmı toplam üretken bakım gibi tüm üretim sistemini ele alırken, bazıları da ürünün değer hareketlerine odaklanarak detaylı bir bakış açısı getirmektedir.

İşte bu noktada, müşteri beklentilerini karşılamak ve rakip firmalar ile rekabet edebilmek için üretim işletmelerinin son yıllarda yaygın olarak kullanmaya başladığı yalın üretim tekniklerinden biri de, bu çalışmanın konusunu oluşturan değer akış analizi tekniğidir.

Değer akış analizi aslında yalın düşüncenin temelini oluşturan değer kavramından hareket eder. Değeri, müşteriye sunulan ürünün oluşması için yapılan, katma değer üreten veya üretmeyen, işlerin tümü olarak tanımlanırsa bu değerün üretim süreci içinde nasıl bir ilerleme gösterdiğini anlamak için, değer akış analizini de tanımlamak gerekir. Buna göre değer akış analizi, düşünceden uygulamaya,

hammaddeden ürünün teslimine kadar olan bütün süreçlerin incelenmesinin gerekli olduğunu savunan bir yalın üretim tekniğidir (Thorsen, 2005).

2.2 Değer Akış Haritalama Nedir?

Değer akışı haritalama, bir sistemin sahip olduğu ürün veya hizmet oluşması için gerekli olan tüm faaliyetlerle, bilgi ve malzeme akışının semboller vasıtasıyla gösterildiği, bir yalın üretim aracı olarak tanımlanabilir (Rother ve Shook, 1998). Yalın üretim felsefesinin, yalın düşünceden sonra en önemli konusu olarak literatürde yer almaktadır. Değer akışı haritası, bir ürünü veya ürün grubunu sipariştten teslimata hazır hale getirmek için gerekli olan malzeme ve bilgi akışlarının içinde yer alan her adımın basit bir diyagram şeklinde ifade edilmesidir.

Üretim sistemi içindeki değer akışı, genel olarak malzeme, bilgi ve insan veya proses olarak 3 parçada izlenir. Ancak Toyota Üretim Sistemi (TPS)'ye göre, malzeme ve bilgi akışı, tüm değer akışları içerisinde en önemlisi, hataya ve israfa en yatkın olduğundan, yapılacak bir değer akış analizi çalışması bu iki sistem parçası üzerinde yoğunlaşmalıdır (Womack ve Jones, 1996). Diğer bir açıdan ele alınacak olursa, eğer mükemmel üretim sistemine ulaşmak isteniyorsa, bunun için öncelikli olarak, olması gereken zamanda, olması gereken kalite ve miktarda ürünün müşteriler için hazır hale getirilmesi sıkıntısını gidermek gerekir. Böylece müşteri, talebinin gecikmeden, doğru miktarda ve yüksek kalitede karşılanmasıyla memnun olur. Tüm bunların doğru bir şekilde ayarlanabilmesi için resmin geneline bakmak gerekir. Sistemi bir bütün halinde ele almak, etki düzeyi düşük ayrıntılara boğulmadan, genel manada senkronizasyon bozukluğunu görmek için sistemde akan değeri izlemek gerekir. Sistemdeki değer akışının fotografik olarak izlenebilmesini mümkün kılan yalın vizyon mantığına en uygun tekniklerden biri de değer akışı haritalandırma tekniğidir.

Değer akışının analizinde çok çeşitli yöntemler kullanılabilir. Ancak değer akışı haritalandırma, özellikle just in time üretim sistemlerinin vazgeçilmez bir parçası, hatta yalın üretime geçişte anahtar rol oynadığından, en çok tercih edilen yöntemdir. Kısaca hatırlatmak gerekirse değer akışı, bir ürünün başlangıçtan bitişine kadar katma değerli veya katma değersiz tüm süreçler olarak tanımlanmaktaydı. Değer akışı haritalandırma ise bir ürün ağacı için, tüm bu süreçlerin uluslar arası kabul olmuş sembollerle oluşturulan ortak bir dille kağıda geçirilmiş, tüm sistemin anlık görüntüsünün alınmış hali olarak tanımlanmaktadır (Thorsen, 2005).

Değer akış haritalama, ürünün geçtiği değer akışı boyunca oluşan malzeme ve bilgi akışını görmemize ve anlamamıza yardımcı olan bir kalem-kâğıt ve bilgisayar tekniğidir. Değer akış haritalama ile anlatılmak istenen çok basit bir şeydir; müşteriden tedarikçiye ürünün üretim yolunu izleme, malzeme ve bilgi akışında yer alan her prosesi dikkatli bir şekilde sembollerle çizme işlemidir. Daha sonra, bir dizi kritik anahtar soru sorarak akışın nasıl akması gerektiğini gösteren “gelecek durum” haritasını çizmektir (Tapping ve diğ., 2002). Değer akışı haritalama tekniği, bir ürün ailesi için yapılır. Çünkü müşteriler için alacakları ürün önemlidir. Müşteriler, bir sistemin bütün ürünleriyle ilgilenmeyecekleri için değer haritasında tüm ürünlerin gösterilmesi, müşteri için o ürünün değer olarak algılanmamasına neden olur. Katma değere sahip olan veya olmayan tüm süreçler, haritalamanın bitiminde, net bir şekilde A3 kağıdı üzerinde gözükebilmelidir. Toyota Üretim Sistemine göre, değer akışı haritası, sadece malzeme ve bilgi akışını resmeder. Üçüncü akış tipi olan insan-proses akışı değer akışı haritasında gösterilemez.

Bir değer haritası oluşturulurken değerlendirmeye alınan belli başlı anahtar elemanlar vardır. Bu elemanlar şu şekilde maddelendirilebilir:

- Müşteri
- Ana süreç adımları
- İşlem zamanları
- Tedarikçi,talep ve dağıtım bilgileri
- Bilgi akışı
- Toplam çevrim zamanı olarak sınıflandırılabilirler.

Buradan da anlaşılacağı üzere VSM problemlerin çözülebilmesi için sadece görsel bir kaynak olmakla sınırlı kalmayıp, tedarikçiden müşteriye kadar çevresel etmenlerle de ilgilenen bir tekniktir. Değer akışı haritalama ise şu 4 adımdan oluşur (Rother ve Shook, 1998) :

- Ürün ailesinin seçilmesi
- Mevcut durum çizimi
- Gelecek durum çizimi
- İş planı ve uygulama

Değer akış haritalandırmanın kullanıldığı sektörlerle ve de ihtiyaç duyulan bilgiye göre farklı türleri mevcuttur. Aslında temel mantığı aynı olan bu türlerin arasındaki ufak tefek farklar şirketlerin iş alanlarına, faaliyet türlerine, kurumsal yapılarına veya kullanılacak alana göre değişiklik gösterebilmektedir. Kısaca aşağıdaki gibi maddeler halinde sıralanabilir (Hines ve Rich, 1997).

- Değer ağı haritalandırma
- Bakım değer akışı haritalandırma
- Fiziksel haritalandırma
- Kalite filtreli haritalandırma
- Ürün çeşitliliği haritalandırma
- Tedarik zincir matrisi
- Karar noktası haritalandırma
- Süreç haritalandırma
- Talep haritalandırma

2.2.1 Değer akış haritalama literatür taraması

Literatür taraması kısmında kısaca değer akış haritalandırma metodunun kullanıldığı çalışmalar taranarak bu yöntemin kullanım alanları hakkında genel bir bakış açısı sağlanmaya çalışılmıştır. Hines ve Rich 1997 yılında yaptıkları çalışmada hataların toplam üretken bakımda hataların elimine edilmesi için değer akış haritalamanın yedi maddesini kullanmışlardır. Ayrıca çalışmalarında değer akış haritalandırma araçlarının efektif seçimini yapabilmek için değer akış analizi araçlarını kullanmışlardır. Hines bir başka çalışmasında ise elektronik ve mekanik parça imalatı yapan bir fabrika için tedarikçi ağı oluşturmak için değer akış haritalandırma yöntemini kullanmıştır (Hines ve diğ., 1999). Esain, otomotiv sektörü tedarik zincirinde değer akış haritalama metodunu kullanmıştır (2000). Yine aynı yıl, Brunt İngiltere’de otomotiv endüstrisinde yapılan bir çalışmada süreçlerin yalınlaştırılması çalışmasıyla değer akış haritalarının geliştirilmesi üzerine bir araştırma yapmıştır. Sullivan ve ekibi ise, yalın üretim uygulamalarında ortaya çıkan ekipman değiştirme ve sıralama problemlerinin çözümü sırasında ortaya çıkan engelleri aşmak için değer akış haritalarından nasıl etkili şekilde bilgi sağlanabileceğini gösteren bir çalışma yapmıştır (2002). McDonald ve ekibi ise değer akış haritalama yöntemiyle simülasyon yöntemlerini birleştiren bir çalışma ortaya koyarak yalın üretimin

geliştirilmesi için kullanılabileceğini inceleyen bir çalışma yapmıştır (2002). Seth ve Gupta ise 2005 yılında yaptıkları çalışmada ülkelerinde imalat sektöründe çevrim sürelerinin düşürülmesi ve yalınlaştırma araştırmalarında değer akış haritalama metodunu kullanmışlardır. Huang ve Liu, aynı yıl içinde Çin’de yer alan Tayvan destekli üretim işletmelerinin yalın kontrol mekanizmalarının oluşturulmasında değer akış haritalama yönteminden faydalanmışlardır. Kocakulah ve Upson ise değer akış haritalama tekniği kullanan bir talep giriş sistemini sağlık endüstrisinde uygulamaya çalışmışlardır (2005).

Çizelge 2.1 : Değer akışı haritalama ile ilgili literatür çalışmaları.

Yazar	Yıl	Çalışma
Hines ve Rich	1997	DAH'nın yedi maddesini tanımlamışlardır
Hines ve diğ.	1999	Elektronik ve mekanik parça imalatı yapan bir firmada tedarikçi ağı oluşturmak için DAH kullanmıştır.
Esain ve diğ.	2000	Otomotive sektörü tedarik zincirinde DAH
Brunt	2000	İngiltere otomotive endüstrisinde süreçlerin yalınlaştırılması ve DAH'nın geliştirilmesi üzerine çalışmıştır.
Sullivan ve diğ.	2002	İmalat sektöründe ekipman değiştirme ve sıralama problemlerinin çözümü için bilgi ediminde DAH'ın kullanılabileceğini göstermiştir.
Mc Donald ve diğ.	2002	Simülasyon ve DAH teknikleri birlikte kullanmışlar.
Seth ve Gupta	2005	İmalat sektöründe çevrim sürelerinin düşürülmesi ve yalınlaşma için DAH kullanmıştır.
Huang ve Liu	2005	Tayvan üretim işletmelerinin yalın kontrol mekanizmalarının oluşturulmasında DAH kullanımı
Kocakulah ve Upson	2005	Sağlık sektöründe talep giriş sistemi için Değer Akış Haritalama kullanmıştır.
Braglia ve diğ.	2006	Kompleks ürün reçetelerinin üretimini yalınlaştırmak için DAH yöntemini kullanan bir model oluşturmuştur.
Lummus ve diğ.	2006	Bir klinikte müşteri bekleme sürelerini düşürme ve kalite düzeyi artıma için DAH kullanmıştır.
Abdulmalek ve Rajgopal	2007	Çelik üretim işletmesinde DAH ve yalın yöntemleri birlikte kullanmıştır.
Bevilacqua	2008	Malzeme yönetimi ve düzenlemesi için DAH'tan yararlanmıştır.
Seth ve diğ.	2008	Yağ endüstrisinde üretkenliğin ve kapasitenin artırılması için DAH yönteminden faydalanmıştır.
Lasa ve diğ.	2008	Üretim hatlarının düzenlenmesinde DAH kullanmışlardır.
Pattanaik ve Sharma	2009	Hücrel üretim sisteminin DAH ile tasarlanmış bir üretim sistemine etkilerini incelemişlerdir.

Braglia ve ekip arkadaşları karışık imalat sistemlerinin yalınlaştırılması ve kompleks ürün reçetelerinin üretimini yalınlaştırmak için değer akış haritalama yöntemini kullanan bir model oluşturmuşlardır (2006). Lummus ve arkadaşları, küçük bir klinikte hem kalite düzeyini artırırken hem de müşteri bekleme sürelerini minimum seviyeye indiren çalışmalarında değer akışı haritalandırma yöntemine başvurmuşlardır (2006). 2007 yılında Abdulmalek ve Rajgopal VSM ve diğer yalın

üretim prensiplerinin beraber değerlendirildiği çalışmalarında bir çelik ürünleri üretim işletmesini ele almışlardır. Bevilacqua malzeme yönetimi ve düzenlemesini geliştirmek için kurduğu modelde yine VSM'den etkin şekilde faydalanmıştır (2008). Seth ve ekibi 2008 yılında hazırlamış oldukları çalışma ile üretkenliğin ve kapasite kullanım oranlarının VSM'den faydalanılarak artırabileceğini yağ endüstrisinde yer alan bir firmada yaptıkları çalışmayla ortaya koymuşlardır. Lasa ve ekibi ise VSM'nin üretim hatlarının yeniden düzenlenmesinde etkili şekilde kullanılabileceğini bir vaka çalışması ile göstermişlerdir (2008). 2009 yılında hazırladıkları çalışma ile de Pattanaik ve Sharma hücresel üretim sisteminin yalın ve değer akış haritalama metoduyla düzenlenmiş bir üretim sistemine etkilerini incelemişlerdir.

2.2.2 Değer akış haritalama metodunun önemi ve gerekliliği

Değer akışı haritalama temin süresi, stok seviyesi, katma değer yaratmayan süreçler gibi sayısal değerler üreten birçok teknikten, normal tekniklerle yapılmış her türlü akıştan çok daha iyi sonuç verir. Yalın bir akış yaratabilmek için, sisteminizin nasıl çalışması gerektiğini en sade şekilde ortaya koyan tekniktir. Bu yüzdendir ki yalın tam zamanında üretime geçmek isteyen bir sistemin, mükemmel bir değer akışı haritalandırma yönetimine sahip olması gerekir. Bu teknik, yalın üretimin bel kemiğidir (Gates, 2004). Aslında diğer tüm araçları ve teknikleriyle beraber yalın üretim felsefesinin başarılı sonuç vermesi ve bu sonuçların gözlemlenebilmesi için genel bir bakış vizyonu getiren değer akış haritalama yöntemi şirketler için artık çok önemli bir teknik olmuştur. Kısaca, değer akış haritalama bir üretim sisteminin bir anlık fotoğrafının çekilmesi olarak tanımlanabilir (Satoğlu, 2009). İsrafi ve israf kaynaklarını belirlemek için kullanılan en etkin görsel tekniktir.

Değer akış haritalamanın kullanımındaki faydaları ve gereklilik arz etmesine sebep noktaları da şu şekilde sıralayabiliriz:

- Üretimdeki tek bir procesten, montaj, kaynak gibi, daha fazlasını görmeye yardımcı olur.
- İsraf yaratan noktaların daha net görülmesini sağlar. Haritalama, değer akış yollarındaki israf kaynaklarını görmeye yardımcı olur.
- Üretim prosesleri ile ilgili kullanılabilecek bir standart iletişim tekniği sağlar.

- Akışla ilgili kararlar görünür olduğu için onlar tartışılabilmesine olanak tanır ve sahada alınabilecek olası hatalı kararların önlenmesine katkı sağlar.
- Yalın kavramlar ile teknikleri birbirlerine bağlar.
- Uygulama planı için temel oluşturur. Değer akış haritaları, “kapıdankapıya” bütün akışın nasıl işleyeceğinin tasarlanmasına yardım ederek birçok yalın uygulama için birer plan oluştururlar.
- Bilgi ve malzeme akışları arasındaki ilişkiyi gösterir.
- Katma değer yaratmayan adımlar, temin süresi, kat edilen mesafe, stok seviyesi gibi sayısal değerler üreten birçok nicel teknikten ve yerleşim planları hazırlamaktan daha faydalı bir tekniktir. Değer akışı haritalama, akışı yaratmak için işletmenizi nasıl çalıştırmanız gerektiğini çok detaylı bir şekilde tanımlamanızı sağlayan nitel bir araçtır (Rother; Shook, 1999).

2.2.3 Değer kavramı

Değer; tedarikçilerin ve müşterilerin kesin ve etkili olarak işlevsellik ve performans hakkında iletişim için güvendikleri özel bir terimdir (James vd., 2006). Değer; problemi çözmek için gerçekten gerekli görünen ve o yüzden tüketicinin severek karşılığını ödediği faaliyettir (Womack ve Jones, 2006). Değer, müşterinizin sadakatinin en iyi belirleyicisi, pazar payının ve rekabet gücünün en önemli göstergesidir (Gardner, 2001). Değeri üretici yaratır. Müşteri açısından üreticilerin varoluş nedeni budur. Ancak bir dizi neden, üreticilerin değeri doğru tanımlamalarını engellemektedir. Eğer tüketicinin değer vermediği bir şey yaratır ya da teslim ederseniz emekleriniz boşa gider (Morgan vd., 2007). Doğru olarak inşa edilmiş ve teslim edilmiş müşteri değer teklifleri, iş stratejisi ve performansa büyük bir katkı sağlar (Anderson vd., 2006).

Değer, müşterilerin para ödemeye istekli oldukları ürün dönüşümlerini içeren faaliyetlerdir. Tipik olarak müşteriler; fazla üretim, malzeme beklemleri, ıskarta, yeniden işleme, envanter, fazla işlem ya da kontrol için ödeme yapmak istemezler. Bunların hepsi israftır. İsrafları yok etmeden önce bunları görmeyi öğrenmek gerekmektedir. Eğer israf tanımlanabilirse ancak o zaman yok etmek amaçlanabilir. İlk önce, müşteriler tarafından algılanan ‘değer’ belirlenmektedir (Duggan,2002).

Yalın üretimde başta insan olmak üzere tüm kaynakların en verimli şekilde kullanıp, gereksiz tüm operasyonların, yani maliyetleri yükselten ama katma değer etkisi olmayan tüm faktörlerin adım adım eliminasyonuna dayanır (Okur, 1997).

2.2.4 İsrâf kavramı

Toyota'da Fujio Cho israfı şöyle tanımlıyor; “ Ürüne değer katmak için mutlaka gerekli olan asgari miktardaki ekipman, malzeme, mekan ve işçilik saati dışındaki her şey”. Kısaca söylemek gerekirse, değer katmayan herşey israf olarak tanımlanabilmektedir (Suzaki, 2005). İsrâf, ürün veya hizmetlere değer katmayan, firmanın ana hedefinde ilerlemesine destek olmayan ancak yine de gerçekleştirdiği aktivitelerin tümüdür. Toplam kalite yönetimi ve yalın üretim prensiplerinde temel olarak yedi hata türünden bahsedilmektedir: Fazla üretim, bekleme, gereksiz taşıma, fazla işlem veya yanlış işlem yapma, fazla stoklama, gereksiz hareket ve kusurlu üretim (Ohno, 1996).

Ohno'nun belirtmiş olduğu hata türleri kısa başlıklar altında şu şekilde incelenebilir:

- Fazla Üretim: Fazla üretim mudasının iki türü vardır. Birincisi ihtiyaçtan fazla üretim yapmaktır. Bir diğeri ise, gereğinden fazla hızda üretim yapmaktır⁵⁴⁵ Fazla üretim genellikle işler hızlı yapıldığında ortaya çıkar. Böyle olduğunda daha çok hammadde tüketilir ve ihtiyaç olmayan çalışmaya ücret ödenir, dolayısıyla gereksiz stok yaratılır. Bu da ek bir malzeme yönetimi ve stok için mekan gerektirir. Stokları taşıma ve muhafaza için ilave insan, bilgisayar, araç vb. Gerekebilir (Toyota Üretim Sistemi, 2006). Aşırı üretim, ayrıca müşteri isteklerine cevap verme esnekliğini etkileyen akış süresini uzatır (Rother and Shook, 1998).
- Bekleme: İşçilerin; otomatik bir makinanın çalışmasını izleyerek beklemeleri ya da durarak bir sonraki adımı, aleti, malzemeyi, parçayı vb. beklemek zorunda kalmaları, ya da salt eldeki malzemenin tükenmesi, bağlantılı süreçlerdeki gecikmeler, makina arızası ve kapasite darboğazı gibi durumlar yüzünden işsiz kalmalarıdır (Liker, 2005).

- Gereksiz Taşıma: Süreçteki işleri uzak mesafelere taşımak, verimsiz nakliye, ya da malzeme, parça veya bitmiş ürünü depoya sokup çıkarmak ya da süreçler arasında taşıyıp durmaktır (Liker, 2005). Yalın üretimde stoğa fire olarak bakıldığından, taşımaya da hareket halinde stok biriktirme biçimi olarak bakılır (Suzaki, 2005).
- Fazla İşlem veya Yanlış İşlem Yapma: Parçaları işlemde geçirirken gereksiz işler yapmaktır. Alet yetersizliği ve ürün tasarım zaafiyeti nedeniyle verimsiz işler yapmak, gereksiz harekete neden olmak ve hatalı üretmektir. Gerekenden yüksek kalitede ürünler yapmak da bir fire şeklindedir (Liker, 2005).
- Fazla Stoklama: Stok, zamanından önce ve gerekenden fazla üretmek demektir. Stok, üretim sürecinin tümü için “bekleme”yi ifade eder. Stok, hata oranı ve olasılığını artırır. Herhangi bir hata saptandığında, stoktaki hatasız ile hemen takviye edilebilir olması üretime gevşeklik getirerek hatasız üretim çabalarını sınırlar. Müşteri talebine anında yanıt verme olanağını önler, çünkü talep ne olursa olsun, stoktaki ürünün kullanılmasını, satılmasını gerekli kılar. Stok aynı zamanda müşteriye yanıt verme hızını da düşürür (Ohno, 1996).
- Gereksiz Hareket: Çalışanların çalışma sırasında parça, alet vb. gibi şeyleri ararken, bunların yanına gidip gelirken ya da onları bir yere götürüp yığarken yaptıkları fire niteliğindeki hareketlerdir (Liker, 2005).
- Kusurlu Üretim: Hatalı parçaların üretimi ya da bunların düzeltilmesidir. Onarmak ya da yeniden işlemek, eklemek, yerine yenisini koymak için üretmek ve kontrol etmek zamanı ve insan emeğini müsrif bir şekilde kullanmaktır (Liker, 2005). Ayrıca müşteriye teslimden sonra kusur bulunduğu da müşteriyle ilişkiler ve pazar payı da tehlikeye girer.

2.2.5 Değer akışı haritalandırmanın avantajları ve dezavantajları

Değer Akışı Haritalandırmanın, bir teknik olarak neden bu kadar büyük bir öneme sahip olduğu araştırıldığında şu artıları göze çarpmaktadır:

- Malzeme ve bilgi akışının senkronize olarak tek bir görsel kaynak üzerinden görülebilmesini sağlar (Fontanini ve Picchi, 2003).
- İmalatın, tedarik zinciri, dağıtım ağı ve bilgi akışıyla entegrasyonunu sağlar.

- Standart akış şemalarında gösterilmeyen bilgiler(stok, çevrim süreleri vb.) üzerinde mevcuttur. Bu yönüyle görselliğin yanı sıra, ayrıntılara inilerek genel bir endüstri mühendisliği çalışmasının yapılmasına olanak verir.
- Yalın üretimin ilk adımı olarak kabul edilir. Ayrıca genel anlamda hem üretim planlama, hem de sistemin genel olarak ele alınmasına olanak vermesi sebebiyle, yalın düşüncenin sadece üretimle sınırlı kalmamasını sağlar. Böylece sisteme oturtulmaya çalışılan yalın düşünce, kurumsallaşır ve LE (lean enterprise – yalın kurum) halini alır (Khaswala ve Irani, 2001).
- Yalın kavramlar ve teknikleri birbirine bağlar

Her ne kadar büyük avantajlara sahip bir yöntem olsa da, değer akış haritalamanın bazı eksik yönleri de bulunmaktadır. Bu eksiklikler şöyle sıralanabilir:

- Tek bir ürün ailesi için akış yapılabildiğinden, çoklu akışlar için Değer Ağı Haritalandırmaya gerek duyulmaktadır.
- Genel olarak kar, işçilik, işletme, enerji vb. maliyetleri gösteremediğinden, bu yönüyle standart bir iş akışından farkı yoktur.
- Kapasite kısıtlarını, taşıma vb. sorunlar yüzünden olan gecikmeleri, üretim zamanına yansımayan dolaylı yoldan üretimi etkileyen sorunları (ergonomik, iş güvenliği vb) görsel olarak belirtmemesi eksiklik olarak görülmektedir. (Liker, 2004)

2.2.6 Değer akış haritalamanın uygulandığı sektörler

Değer akış haritalama üretim ve hizmet verilebilen bütün işletmelerde uygulanabilir olduğundan çok geniş bir sektör yelpazesine sahiptir. Hastanelerde, ofislerde vb. hizmet üretimi yapan işletmelerde de değer akışı gerçekleştiğinden, değer akış haritalama uygulanabilir (Keyte ve Locher, n.d.).

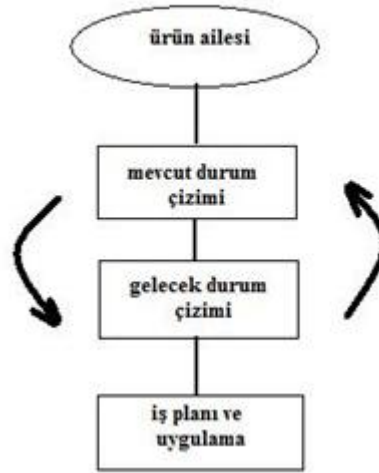
Üretim sektörü, değer akışı haritalarının en çok kullanıldığı alandır. Üretimde değer akışı tedarikçiden öncül malzemenin veya hammaddenin alınmasıyla başlar, işlenerek müşteriye ürün olarak sevk edilmesiyle son bulur. Her türlü bilgi akışı, temin, çevrim, hazırlık, üretim süreleri, katma değerli ve katma değersiz süreler harita üzerinde yer alır. Üretim sektöründe değer akış haritalama uygulamasının en büyük yararı, israfların net bir şekilde görülmesi, böylece takt süresiyle çevrim sürelerinin birbirlerine yaklaşabilmelerinin olanaklı kılınmasıdır.

Değer akışı haritasının kullanıldığı bir diğer sektör ise sağlık sektörüdür. Hastanelerde zaman ve işgücü israfı olmaktadır. Özellikle randevu alımları ve acil serviste olan bekleme, kuyruk vb. israflar hastanelerde hizmetin kaliteli bir şekilde verilememesine neden olmaktadır (Synder ve diğ., 2005). Hastane’de değer akışı uygulaması, üretime göre çok daha zordur. Üretimde parça akışı üzerinden değerlendirmeler yapılırken, sağlık sektöründe işin içine insan girmektedir. Bu nedenle sağlık sektöründeki uygulama, üretim sektöründe gerçekleştirilen haritalandırmadan sonra en büyük öneme sahip 2. uygulamadır (Bushell ve diğ., 2002)

Literatürde geçen 3. Sektör ofis işlerinin yürütüldüğü, hizmet sektörüdür. Ofiste en önemli akış bilgi akışıdır. Bu nedenle israf kavramı, bilginin yanlış ulaşmasından, yanlış depolanmasından, zamanında ulaşmamasından oluşan kayıpları anlatmak için kullanılır. Tüm hizmet sektörlerinin birincil öneme sahip elemanı insan olduğu için, dikkatsizlikten veya performans düşüklüğünden kaynaklanan hatalar ofisteki verimli üretime zarar veren başlıca hatalardır. Değer akışı haritalandırma ile bu hatalar minimize edilir.

2.3 Değer Akış Haritasının Çizilmesi

Değer akışı haritalandırma ile anlatılmak istenen; müşteriden tedarikçiye ürünün üretim yolunun izlenerek malzeme ve bilgi akışında yer alan her prosesin dikkatli bir şekilde sembollerle çizilmesidir. Daha sonra, bir dizi kritik anahtar soru sorarak akışın nasıl olması gerektiğini gösteren ‘gelecek durum’ haritası çizilir. Şekil 2.1’de görüldüğü gibi, ürün ailesinin seçilmesi, mevcut durumun çizilmesi, gelecek durumun tasarlanması ve faaliyet planının hazırlanması, değer akışı haritalandırmanın temel adımlarıdır (Rother ve Shook, 1999).



Şekil 2.1 : Değer akışı haritalandırma adımları (Rother ve Shook, 1999).

2.3.1 Ürün ailesinin seçimi

Sistemin sahip olduğu ürün ailelerinden hangisi için değer akış haritası çıkarılacağına karar verilmelidir. Bunu genellikle müşterinin talebi belirler. Müşteri talebinin en çok geldiği ürün ailesi ele alınır ve iyileştirme bu çerçevede yapılır. Değer akış haritalama, tek bir ürün ailesi için, fabrika içinde kapıdan-kapıya, proses adımları (malzeme ve bilgi) boyunca yürümek ve onları çizmek demektir (Rother; Shook, 1999).

2.3.2 Değer akış yöneticisi ve ekibi

Ürün ailesinin değer akışını anlama ve iyileştirme sorumluluğunu üstlenen kişiye değer akış yöneticisi denir. Bu kişi işletmenin satın alma, üretim kontrolü, lojistik, operasyonlar ya da kalite ve süreç mühendisliği gibi iyileştirme fonksiyonu görevini üstlenmiş kişiler arasından seçilebilir (Jones, Woomack, 2000). Bunun yanında değer akışı haritalama yaklaşımını uygulamak için; organizasyonların farklı bölümlerinden oluşan ve üretim, mühendislik, satın alma, üretim kontrol konularında kritik bilgi ve tecrübeye sahip olan insanlardan bir tasarım timi biraraya getirilir. Bu ekibin görevi, üretim hattı için mevcut durum ve istenilen gelecek durumu tanımlamaktır (McDonald vd., 2002).

Değer akış yöneticisinin iş tanımı:

- Mevcut durum ve gelecek durum değer akış haritalarının çizilmesini ve bugünden geleceğe götürecek uygulama planının hazırlanmasını yönlendirmelidir.
- Uygulamanın tüm boyutlarını takip etmelidir.
- Günlük ve haftalık olarak değer akışı boyunca yürür ve denetim yapmalıdır.
- Uygulamaya öncelik verilmesini sağlamalıdır.
- Uygulama planını periyodik olarak günceller ve uygulamayı sürdürmelidir (Rother; Shook, 1999).

2.3.3 Değer akışında kullanılan ölçütler ve gerekli bilgiler

Değer akış haritasının oluşturulmasına başlamadan önce bir takım bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Saha çalışmaları yapılarak üretimle ilgili, tedarikçiden müşteriye kadar uzanan sürecin tüm girdi ve çıktı bilgileri, süreleri, proses sıraları, talebin ne kadar olduğu gibi bilgiler toplanmalı ve değer akış haritalama mantığına uygun şekilde işlenmeye hazır hale getirilmelidir. İlk olarak değer akış haritalamaya başlamadan önce edinilmesi gereken ve hazırlanması gereken bilgiler şu şekilde sıralanabilir (Nash ve Poling, 2008) :

- 1 vardiyada çalışılan toplam süre,
- Planlanan çalışılmayan zamanlar (örn: yemek, periyodik bakım),
- 1 vardiyada üretim yapılan net süre,
- Tedarik çizelgeleri,
- Hat hızları, periyodik bakım çizelgeleri, üretim akışındaki kesintiler,
- Tekrar işlemeye bağlı oluşan istisnalar,
- Tedarikçiler
- 1 konteynerdeki sipariş miktarı,
- Aylık / günlük sipariş edilen miktar,
- Çevrim zamanları,
- Takım değiştirme zamanları,
- Proses içi stok miktarları,
- Parti miktarları, çekme aralığı (varsa),

- Ekonomik sipariş miktarları,
- Operatör sayıları,
- Güvenilirlik ölçütleri (iki hata arasındaki ort. süre, güvenilirlik oranı, donanım etkinliği vb.)
- Operasyonların yapıldığı vardiya sayısı,
- Sipariş verme sıklığı
- Müşterilerin belirlenmesi

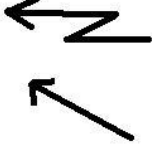
Bunlardan bazı önemli olanları ve değer akış haritasında direk olarak kullanılanları ise kısaca aşağıda yer aldığı gibi açıklanabilir:

- Çevrim süresi(C/T Cycle Time); Bir proses tarafından parça veya ürün tamamlanma sıklığıdır. Çevrim zamanı, bitmiş ürünün pacemaker hücrenin sonuna ne sıklıkla geldiğini ifade eder. Çevrim süresi takt zamanından daha kısa olursa aşırı üretim ve fazladan operator kullanılır (Rother ve Harris, 2001).
- Model değiştirme süresi(C/O); Bir modelden diğerine geçiş süresi.
- Akış süresi(L/T Lead Time); Bir parçanın, bir proseste veya değer akışında başlangıçtan bitişe hareketi boyunca geçen süredir (Rother ve Shook, 1998).
- Katma değer süresi(V/A Value Added Time); Müşterinin parasını ödemeye istekli olduğu şekilde ürünü dönüştüren iş elamanlarının süresi.
- Üretim parti büyüklüğü (EPE); Örneğin her üç günde bir, bir üründen diğerine model değiştiriyorsanız üretim parti büyüklüğü “üç günlük parça” demektir.
- Değer yaratmayan süre(nonvalue creating time): Müşterinin bakış açısından bir ürüne maliyet ekleyen fakat değer katmayan faaliyetler için harcanan süredir (Marchwinski ve Shook, 2007).
- Uptime; Makina kullanım oranı.
- Operatör sayısı; Proseste çalışan sayısı.
- Kullanılabilir çalışma süresi; Saniye cinsinden ve mola, toplantı vb. düşülmüş süre.

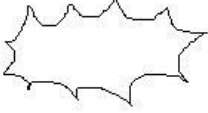
2.3.4 Mevcut durum haritasının çizimi

Ürün ailesinin seçiminin ardından üretim sürecinde mevcut durum tespiti yapılır. Diğer bir deyişle, değer akışının mevcut durumunun haritası çizilir. Mevcut durum haritası, üretim sürecindeki malzeme ve bilgi akışını görselleştirmek amacıyla, standart semboller kullanılarak kâğıt ve kalem ile çizilir. Bu bağlamda mevcut durumun haritası, seçilen ürün ailesinin üretim sürecinden toplanan verileri esas alınarak ve standart semboller kullanılarak çizilir (Braglia vd., 2006). Mevcut durum haritasının çizilebilmesi için ilk olarak bu çizimde kullanılan sembollerin incelenmesi gereklidir. Aşağıdaki Çizelge 2.2’de kullanılan ana semboller ve bunların kısa açıklamalarına yer verilmiştir.

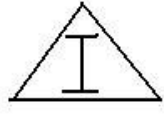
Çizelge 2.2 : DAH ana sembol tablosu (Rother ve Shook, 1998).

Sembol	Anlamı
 BİLGİ AKIŞI	Şekildeki düz ok, manüel bilgi akışını göstermektedir. Haritada her aşamada bilgi akışı vardır. Ancak zikzaklı ok olarak gösterilen sembol, teknolojinin yardımıyla elektronik olarak gönderilip alınan bilgiyi gösterir. Bu bilgi internet, WAN, LAN vb. elektronik ağlarla gönderilen bilgidir. Daha net bir bilgi akışının gözlemlenmesi için bu araçlar ve bilginin ne kadar sürede verilir alındığı bu okların yanında bilgi kutucuğuyla beraber gösterilmelidir.
 DIŞ KAYNAKLAR	Üretimin gerçekleşmesi için hem başlangıç hem bitiş noktası olarak konulur. Malzemenin tedarikçiden alınması ve üretilen ürünün müşteriye ulaşması bu sembolle gösterilmektedir.
 Ürünün müşteriye hareketi	Bu sembol harita üzerinde malzemenin dış kaynaktan, yani tedarikçiden üretime gelmesi veya üretimden sonra müşteriye gönderilmesi olarak 2 farklı aşamayı temsil etmektedir.
 KAMYONLA SEVKİYAT	Periyodik olarak tedarikçiden gelen malzeme veya müşteriye giden ürünü sembolize eder.

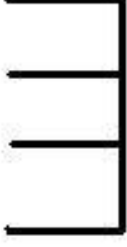
Çizelge 2.2 (devam) : DAH ana sembol tablosu (Rother ve Shook, 1998).

 ÜRETİM SÜRECİ	Malzeme akışı esnasında, malzemenin geçtiği her süreç bu şekil ile sembolize edilir. Bu bir hat, makine veya imalat prosesi olabilir.
 İTME OKU	Bu şekil, üretim aşamasında bir proseste üretilen ürünün, diğer prosteki işin bitip bitmediğini hesaba katmadan itme yoluyla aktarılmasını sembolize etmektedir.
 İYİLEŞTİRMELER	Gelecek durum haritasında, yapılan kaizen, jidoka, heijunka, SMED, 5S vb. iyileştirmeler için patlayan flaş sembolü kullanılır.
 ÇEKME	Süpermarket sembolüyle birlikte çizilen bir semboldür. Proses için çekme sisteminin olduğunu gösterir.
 OPERATÖR	Üretim sürecinde, süreçle ilgili kutularda üretim personelinin sembolize eder.

Çizelge 2.2 (devam) : DAH ana sembol tablosu (Rother ve Shook, 1998).

 STOK	İmalatın ardışık iki prosesi arasındaki ara stok miktarını gösteren semboldür. Aynı zamanda hammadde stoğunu da sembolize edebilir. Süreçler arasında biriken her bir ayrı envanter için ayrı bir stok sembolü çizilir.
 BİLGİ KUTUSU	Bu şekil, haritada imalat proseslerinin altında veya fabrika sembolünün altında bilgi verme amaçlı kullanılır. İmalat proseslerinin altında sırasıyla 1) CT (Çevrim süresi) 2) CO (Hazırlık süresi) 3) Uptime (hazır olunan süre) 4) Üretilen parti miktarı 5) Çalışan operatör sayısı 6) Gün içinde çalışma saatine bağlı olarak üretimde kullanılabilecek süre 7) Hatalı üretim sayısı vb. bilgileri içerir. Fabrika sembolünün altına yerleştirilen bilgi kutusu ise: 1) Vardiya sayısı 2) Talep miktarı 3) İstenilen veya taşınacak partide bulunması gereken ürün miktarı vb. bilgiler bulunur.

Çizelge 2.2 (devam) : DAH ana sembol tablosu (Rother ve Shook, 1998).

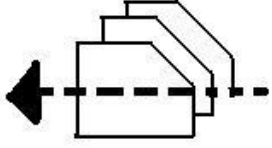
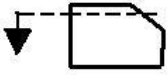
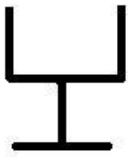
 SÜPERMARKET	Süpermarket sembolü, gelecek durum haritasında, akışı iyileştirmeye yönelik yapılan gelişmeleri sembolize eder. Süpermarket, üretim süreleri birbirine uyuşmayan ardışık proseslerde, malzeme akışının bozulmaması, ara stoğun birikmemesi ve gereğinden fazla üretim yapılmamasını sağlamak amacıyla kullanılır.
--	---

Değer akış haritası oluşturulurken ana sembollerin yanı sıra kullanılan yardımcı semboller ve bunların kısa açıklamalarına Çizelge 2.3’de yer verilmiştir. Bu yardımcı semboller, akış haritaları oluşturulurken daha detaylı analizler yapılmasına imkan sağlamaktadır. Ayrıca, her bir kurumun bulunduğu sektöre göre akış haritalarında bazı farklılaşmalar oluşmakta ve firmaların faaliyetlerinin daha iyi resmedilebilmesi için daha detaylı ve açıklayıcı sembollerin kullanılması gerekmektedir.

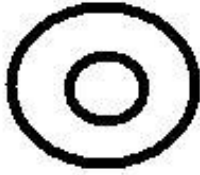
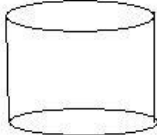
Çizelge 2.3 : DAH yardımcı sembol tablosu (Rother ve Shook, 1998).

 İLK GİREN İLK ÇIKAR SIRALI AKIŞ	İlk giren ürünün ilk çıkması mantığının entegre edildiği prosesi temsil eder. CONWIP’de (sabit ara stok) kullanılır. Örnek olarak sürekli işleyen bir konveyör hattı verilebilir. Arkadaki ürünün işlenmek için öndekinin işlenmesini beklemesi gerekmektedir.
 ÇEKME KANBANI	Çekme kanbanı, süpermarketle birlikte kullanılan bir semboldür. Üzerinde süpermarketten alınıp artçı prosese götürülmesi gereken malzeme miktarı ve bilgilerinin yer aldığı bir kanbanı temsil eder.
 YÜK SEVİYELEME	Bu şekil, belli bir zaman boyunca ürün akışının düzgün işlemesi için planlanan çeşitli kanbanların gruplandırılmasını sembolize eder.

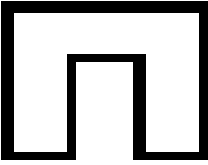
Çizelge 2.3 (devam) : DAH yardımcı sembol tablosu (Rother ve Shook, 1998).

 YIĞIN HALİNDE KANBAN	Bir veya birden çok çeşit ürün için ve farklı zamanlarda, farklı miktarlarda istenilen malzemeler için tedarikçi hücreye gönderilen kanban grubunu sembolize eden bir şekildir.
 ÜRETİM KANBANI	Gelecek durum haritasında, süreç iyileştirmede kullanılan sembollerden biridir. Öncü prosese gerektiği miktar kadar malzeme sipariş veren bir kanban sistemini temsil eder.
 SİNYAL KANBANI	Bu şekil, süpermarketteki stok miktarı belli bir seviyeye gelindiğinde öncül prosese üretim emri veren bir kanban sistemini sembolize etmektedir.
 KANBAN KUTUSU	Kanbanların konulabileceği bir yer bu şekilde sembolize edilir. Bu kutunun bulunduğu aşamalarda daha çok üretim ve çekme kanbanlarının yer değiştirmesi amacı vardır.

Çizelge 2.3 (devam) : DAH yardımcı sembol tablosu (Rother ve Shook, 1998).

 SIRALI ÇEKME TOPU	Bu şekil, bir proste süpermarkete ihtiyaç duyulmayan ve genellikle tek adet ürünün çekilmesine gerek doğabilecek yerlerde bulunan çekme yapısını sembolize eder.
 BİLGİ AKIŞI	Akış haritasında görülebilecek tüm akış dışı bilgiler (bilginin hangi elektronik araç vasıtasıyla aktarılmakta olduğu, frekansının ne olduğu vb.) bu bilgi akış kutusuna yazılmaktadır. Bu kutuya yazılan bilgi için önemli olan, bilginin kısa ve öz bir şekilde o aktarımı yapabilesidir. Kısaltmalar veya semboller kullanılabilir.
 BİLGİSAYAR DESTEKLİ MRP (MALZEME İHTİYAÇ PLANLAMASI)	MRP sisteminin üretim proseslerinde elektronik veritabanına aktarılmasını sembolize eder.

Çizelge 2.3 (devam) : DAH yardımcı sembol tablosu (Rother ve Shook, 1998).

 EMNİYET STOĞU	Sistemde herhangi bir makine bozulması vb. kesinti yaşandığı an emniyet stoğu devreye girer. Yalnız bu sembolü kalıcı bir stok alanı olarak görmek yanlış olacaktır. Sistemin aksamasını engelleyecek geçici bir stoklamayı sembolize etmektedir.
 ÜRETİM ÇİZELGELEME	Bir gözlemci tarafından üretim esnasında sahaya inilerek üretimin bizzat gözlemlenip manuel olarak raporlanmasını sembolize eder.
 ÇALIŞMA HÜCRESİ	Bu sembol, içinde birden fazla üretim sürecine sahip hücreleri temsil etmektedir. Bu hücrelerde üretim partiler halinde veya tek ürün halinde ilerler.
 ZAMAN ÇİZGİSİ	Zaman çizgisi, LT ve Toplam Çevrim Süresini hesaplamada kullanılan 2 adet süreyi içerir: Çizgideki çukurlar katma değersiz bekleme zamanını, tümsekler ise katma değere sahip olan zamanı (çevrim süresi) gösterirler.

Yukarıda ki tabloda yer alan temel semboller iyice anlaşıldıktan sonra çizim aşamasına geçilebilir. Değer akış haritalamasına başlamadan önce, yönetici ve ekibi bir araya gelerek ön hazırlık yapmalıdırlar. Bu hazırlık safhasında ana üretim operasyonları kaba hatları ile belirlenir, üretim alanında incelemeler yapılarak gerçek veriler toplanır değerlendirilerek anlamlı hale getirilir. Daha sonra veri kontrol listesi incelenerek 7-10 arası kilit veri grubu seçilir. Tüm grup onayı alınarak elde edilen değerleri nihai şekil verilir ve hazır hale getirilir.

Üretim alanında veriler toplanırken bazı kurallara riayet etmek gerekmektedir. İncelenecek bölgenin yetkililerinden gerekli bilgiler alınmalı, gözlemlenecek çalışanlar veya operatorler konu hakkında bilgilendirilmelidir. Çalışanlardan gelen sorular net olarak cevaplanmalı ve değer akış haritalamasının gereklilikleri üzerinde fikir verilmelidir.

Harita çizimi müşteri istekleri ile başlar. Tedarikçi ve müşteri için aynı sembol, fabrika sembolü kullanılır. Bu aşamada sayfanın sağ ve sol üst köşelerine fabrika sembolü konur. Müşteri sembolünün altına müşteri talep bilgisi, talep sıklığı, vardiya, palette taşınacak üretim miktarı gibi verilerin girildiği bilgi kutusu yerleştirilir. Daha sonra iki fabrika sembolü üretim kontrol sembolüne elektronik bilgi akışı okuyla bağlanır. Bilgi akışının ne kadar sıklıkta ve nasıl yöntemlerle oluştuğu not edilir (Machmanus ve Millard, 2002). Tedarikçi ikonun altına ise bir kamyon sembolü konularak tedarikçi firmanın sevkiyat parti büyüklüğü ve sıklığı yazılır ve tedarikçiden tedarik kamyonundan geçerek değer akışının ilk prosesine doğru bir yönlendirme oku çizilir. Aynı şekilde müşteri sembolünden aşağıya bir ok çekilir ve okun yanına kamyon sembolü konulur. En sonunda ok, bir sevkiyat sembolüyle birleştirilir.

Sonraki adımda üretim operasyonları sayfanın alt tarafına soldan sağa doğru sırayla dizilir. Her bir üretim operasyonuna ya da temel üretim alanına üretim sembolleri ile belirtme yapıldıktan sonra altına veri kutuları yerleştirilir. Bu esnada, operasyonlar arasında stok tutuluyor ise boşluk kalmasına ve operasyonlarla ilgili veri kutularına sayfada yeteri kadar alan ayrılmasına dikkat edilir. Operasyon sembollerinin altına çizilen veri kutularının içi, operasyon bilgileri ile doldurulur.

Veri kutusuna temel olarak aşağıdaki bilgiler tanımlanır:

- CT (Çevrim süresi)
- CO (Hazırlık süresi)
- GO (makine kullanım oranı)
- Uptime (hazır olunan süre)
- Üretilen parti miktarı
- Çalışan operatör sayısı
- Gün içinde çalışma saatine bağı olarak üretimde kullanılabilcek süre
- Hatalı üretim sayısı veya hurda oranı ile veri kutuları doldurulur.

Çevrim süresinin, bir proste üretilen ve birbirini takip eden parçalar arasında geçen süre olduğuna bir parçanın bütün proses adımları boyunca geçen toplam akış süresi olmadığına dikkat edilmelidir (Rother ve Shook, 1999). Değer akış haritalamada, çevrim süresi, takt zamanı ve kullanılabilir çalışma süresi için zaman birimi olarak saniye kullanılır. Çalışma süresi önceki bölümde tanımlandığı gibi net çalışılan süreyi ifade eder ve buna göre ele alınır. GO (makine kullanım oranı) gerçek operasyon süresinin net çalışma süresine bölünmesiyle bulunur. Her işlem için gerçek operasyon süresi; net çalışma süresinden model değıştirme süresinin çıkarılmasıyla bulunur.

Daha sonra, üretim prosesleri arasında ara stok varsa sembol çizilir ve miktarı yazılır. Stokun yeri ve miktarını göstermek için uyarı üçgeni sembolü kullanılır. Eğer stok, iki proses arasında birden fazla yerde tutuluyorsa her yer için bir sembol çizilmelidir (Kurtçan, 2004). Stok sembolünün altına, kaç adet ürünün beklemekte olduğu, model bazlı olarak yazılmalıdır. Sonrasında ise operasyon kutularının alt tarafına zaman çizgileri çizilir ve stokların toplam elde bulundurulma süresi yazılır.

Değer akış haritalamada gösterilen önemli bir başka olguda bilgi akışıdır. Bilgi akışı eğer kağıt ile oluyorsa yani fiziksel bir akış söz konusu ise, değer akış haritalamada çizgiyle gösterilir, elektronik ortamda olduğu zaman (EDI-Electronic Data Interchange), bu çizgi şimşek şeklinde modifiye edilir. Farklı bilgi akış oklarını tanımlamak için küçük kutu sembolü ya da düğüm kullanılır. Böylece gelen talebin üretim süreçlerine ve sahaya aktarılışı da temsil edilmiş olur. Bilgi akışından sonra da, tüm üretim operasyonları arasında itme sembolleri kullanılarak her bir prosesin ittiğı malzemeler netleştirilmelidir.

Haritada kaydedilen veya çizilen mevcut operasyonların gözlenmesinden elde edilen veriler ile bu değer akışının mevcut durumu özetlenebilir. Proses bilgi kutularının altına çizilen zaman eksenini üzerinde de her bir stok alanında malzemelerin ortalama ne kadar stoklandığı bilgileri girilerek değer akış haritasına son şekli verilir. Malzeme akışındaki her prosesin ve her stok bölgesinin akış sürelerini toplayarak toplam üretim akış süresi elde edilir. Üretim akış süresi ne kadar kısa olursa, hammadde ödemesi ile ürün için yapılan ödeme arasındaki sürede o kadar kısa olacaktır.

2.3.5 Mevcut durum değer akış haritasının analiz edilmesi

Mevcut durumun analizinde öncelikle dikkat edilmesi gereken husus, takt zamanının bulunmasıdır. Gün içinde kullanılabilir çalışma süresinin (saniye olarak) günlük müşteri talebine bölünmesiyle takt zamanı saniye olarak bulunmuş olur. Takt zamanı her işletme için mükemmel yararlı bir kavramdır, çünkü herkese akış yönünde kendinden bir sonra yer alan müşterinin gereksinimlerini karşılamak için bir dakikadan öteye dakikada ne kadar üretmesi gerektiğini bildirir (Jones; Woomack, 2000). Eğer takt zamanı ile çevrim süreleri arasında ciddi uçurumlar varsa, bu plansızlıktan kaynaklanan üretim problemlerine işaret eder (Haque vd., 2004). İşte bu durumda, değer akışı haritalandırmanın gerçek amacı ortaya çıkar. Daha önceki konularda bahsedildiği üzere SMED, Kaizen, Toplam Üretken Bakım, Jidoka, 5S gibi yalın üretim tekniklerinin ve kanban-süpermarket sisteminin kullanılarak çevrim süresinin büyümesine neden olan 7 israf türünün tamamen elimine edilmesi, değer akışının daha yalın hale gelmesini sağlar (Özkan ve diğ., 2007).

2.3.6 Gelecek durum haritasının çizilmesi

Gelecek durum haritasını çizmeye başlamadan önce mevcut durum haritası gözden geçirilmeli, akışın herhangi bölümünde bir tereddüt yaşıyorsa, ilgili bölüm tekrar ziyaret edilmelidir. Gelecek durum haritası esnek olmalı; daha sonra edinilen daha iyi ya da daha doğru bilgiler ışığında değiştirilebilecek şekilde çizilmelidir (Özgürler, 2007).

Rother ve Shook (1999)' a göre insanlara gelecek durum haritasını çizme konusunda en faydalı yardım aşağıdaki maddeler tarafından sağlanmaktadır:

- Müşteri talebine ve net çalışma süresine bağlı olarak TAKT süresi hesaplanır.

- Mmkn olan her yerde sürekli akış kullanılır.
- Üretim kontrolünü sağlamada süpermarketler kullanılır. Bitmiş rnler süpermarkete mi yoksa doğrudan sevkiyata mı üretmenin daha faydalı olacağı tespit edilir.
- Çekme sistemi kullanılır ve üretim karması seviyelendirilir, nerelerde bu sistemin kullanılacağı belirlenir.
- Pacemaker proses belirlenir ve proses iyileştirmeleri yapılır.

Değer akışını haritalamanın amacı, kısa sürede gerçekleştirilecek olan gelecek durum değer akışının uygulaması ile israf kaynaklarını ortaya çıkarmak ve onları ortadan kaldırmaktır. Bunun için müşteriye en yakın prosesler için kullanılabilir çalışma sürelerine göre takt zamanı, sürekli akış ve çekme sistemlerinin nerede kurulacağı, hangi noktada üretim çizelgelemenin yapılacağı, üretim karmasının nasıl seviyelendirileceği, hangi miktarda iş gönderip çekileceği ve sürecin akması için ne tür iyileştirmelere ihtiyaç duyduğu belirlenmelidir (Rother ve Shook, 1999). Mevcut durum haritası incelenerek problemler belirlenir ve çözümleri kararlaştırılır. Tetikleyici ve süpermarket prosesler belirlenerek, ürün karması oluşturulur ve gelecek durum haritalandırılır (Birgün ve diğ., 2006). Gelecek durum haritası atölye gerçeklerine dayanmalıdır (Rother ve Harris, 2001).

Gelecek durum haritası da mevcut durum haritası gibi öncelikle müşteri, tedarikçi ve üretim kontrol ikonları işaretilenerek ve bunlar arasındaki iletişim okları çizilir. Okların zerine öngörü ve kesin sipariş sıklıkları yazılır. Daha sonra sevkiyat okları çizilir. Sevkiyat oklarının üzerine kamyon sembolü çizilir. Sevkiyat sıklıkları yanlarına yazılır. Son olarakta müşteri ikonunun altına müşteri gereksinimi yazılır

3. BAYES HARİTALARI

3.1 Bayes Ağlarına Giriş

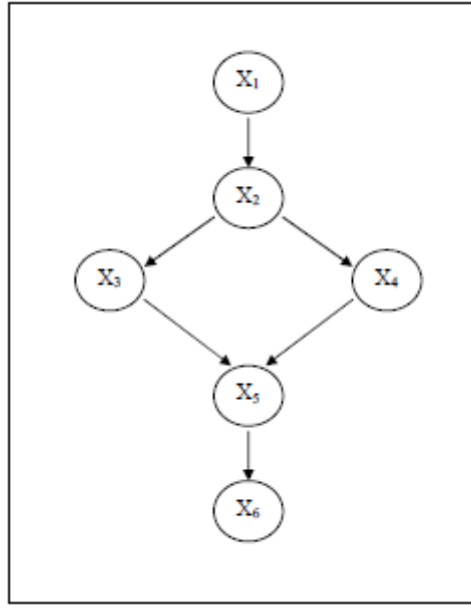
Bayes Ağları ya da Bayes İnanç Ağları, aralarında belirsiz bir olasılık ilişkisi bulunan bir küme elemanlarının ilişkilerini modellemeye yarayan döngüsüz çizgelerdir. Bayes ağları, daha önce yaşanmış olayları analiz ederek gelecekte yaşanacak olaylar üzerine çıkarım yapabilmemize olanak sağlayan; Bayes Teoremi'nin üzerine inşa edilmiş olasılık içeren ağlardır. Basitçe söylemek gerekirse bir Bayes Ağı, bir kümenin değişkenlerini ve bu değişkenler arasındaki nitel ilişkileri açıklayan bir grafik gösterimle, yine aynı değişkenler arasındaki olasılıksal ilişkileri açıklayan nicel bir yaklaşımın bir arada yer aldığı bir modeldir (Pearl, 1998). Bir Bayes Ağı, fayda ya da değer fonksiyonlarını ve karar vericinin seçim kriterlerini içeren etki diyagramları olarak da tanımlanabilir. Değişkenler arasındaki ilişkiler birbirleri üzerinde sebepler incelenerek anlaşılır.

Pearl ve Russel'in 2001 yılında yaptıkları çalışmada belirttiği gibi, Bayes Ağları'nın önemli bir yönü karmaşık olasılıksal ilişkiler içeren sistemlerin grafik gösterimlerle kolayca resmedilmesi ve bu sayede anlaşılması zor matematiksel ifadelerin ve denklemlerin daha kolay incelenebilir hale getirebilmesidir. Bir diğer önemli yanı ise uzman görüşlerine dayalı oluşturulan olasılık değerlerini içermesi ve bu sayede objektif bir değerlendirmeye imkân sağlamasıdır. Bayes Ağları'nın belki de en önemli yanı ise bu yöntemin bir düşünme ve çıkarım yapma süreci olmaması ve gerçek mevcut durumun olduğu gibi analiz edilmesine fırsat vermesidir.

Bayes Ağları seçilen bir küme içerisindeki değişkenleri gösteren düğümler ve bu değişkenler arasındaki olasılık ilişkilerini gösteren oklardan oluşan yönlendirilmiş döngüsüz diyagramlardır (Brauldi, 1992).

Trucco ve diğerlerinin kısaca belirttiği gibi, kendilerinden ok çıkan düğümlere ebeveyn düğüm, kendisine ok gelen düğümlere çocuk düğüm ve kendisinden ok çıkan ama hiç ok gelmeyen düğümlere kök düğüm, kendisinden hiç ok çıkmayan çocuk düğümlere ise yaprak düğüm denir (2008).

Yönlendirilmiş döngüsüz diyagramlar (Directed Acyclic Graphs) çevrim içermeyen diyagramlardır. Çevrim düğümler arasındaki ilişkilerin izlediği yolun aynı düğümde başlayıp aynı düğümde bitmesi durumudur ve Bayes Ağları'nda çevrim yoktur. Aşağıdaki şekilde en basit haliyle bir Bayes Ağı gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Bayes ağı örneği.

Bu grafikte ilişkiler aynı insanın genetik yapısındaki gibi resmedilmiştir. X1 ve X2 arasında bir ebeveyn düğüm-çocuk düğüm ilişkisi bulunmaktadır. Şekil 3.1’de görüldüğü gibi X1, X2’nin ebeveyn düğümü ve X2’de X1’in çocuk düğümüdür. Aynı şekilde bu ilişki X1 ve X3, X4 arasında ise dede torun düğüm şeklinde genişletilebilir.

Bayes Ağları temel olarak iki temel kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan ilki niteliksel kısımdır ve yapısal öğrenme olarak da adlandırılmaktadır. Daha önce de bahsedilen yönlü döngüsüz diyagram şeklinde bir yapı oluşturarak değişkenler arasındaki bağımsızlıkların grafiksel olarak gösterimini içermektedir. Bayes ağının niceliksel kısmını oluşturan tarafı ise parametre öğrenme olarak da adlandırılmaktadır. Bu kısımda niteliksel kısımda incelenen ilişkiler ve değişkenler ait data’lar incelenerek değişkenler arasında olasılık bağımlılık ilişkileri kurulmaktadır (Lee ve diğ., 2009).

Bayes Ağı'nda yer alan her bir düğümün kendine ait bir olasılık tablosu vardır. Düğümler değişkenlerin ilişkilerini temsil etmektedirler. Bayes Ağları Pearl'in 2000 yılında yazdığı "Causality: Models, Reasoning and Inference" adlı kitabında bahsettiği gibi, her bir değişkenin diğerleri üzerinde sahip olduğu etkiyi olasılıkları ile inceleyerek değişkenler arasındaki bağımlılıkları analiz eder ve belirsiz durumları ortaya çıkararak bunları grafiksel yöntemlerle daha kolay anlaşılır hale getirir.

3.2 Bayes Teoremi

Teorem ismini de aldığı ünlü matematikçi Reverend Thomas Bayes tarafından geliştirilmiştir ancak kendisi hayattayken bilim çevrelerince duyulmamıştır. İlk olarak 1763 yılında ölümünden 2 yıl sonra İngiltere Kraliyet Akademisi'nde ele alınmış ve bilim dünyasında tanınmıştır. Bayes Teoremi'ni genel olarak farklı bilim dallarında ilk kullanan ve tanınırlığının artmasını sağlayan ise bir diğer matematikçi Laplace'dır. Bayes kuralı en basit şekilde aşağıdaki denklemle ifade edilebilir:

$$P(B | A) = \frac{P(A | B) * P(B)}{P(A)} \quad (3.1)$$

Bu ifadede $P(A)$ A'nın olasılığını, $P(A|B)$ ise B gerçekleşmiş olduğu bir durumda A'nın gerçekleşme olasılığını ifade etmektedir. Genel olarak ise B olayı olduğu durumda A olayı da oluşturmaktadır ve B olayının ne kadarının A olayından dolayı ortaya çıktığını gösteren denklemdir.

Denklem 3.1'de yer alan ifadeyi daha iyi anlayabilmek için temel olasılık gösterimleri şu şekilde sıralanabilir:

a) Olasılık

- P - olasılık.
- A, B , ve C herhangi bir belirli bir olay.
- $P(A)$ - A olayının oluşma olasılığı: Bir deneyin çok sayıda tekrarında, bir olayın gözlenme oranına o olayın olasılığı denir.
- $P(A) = A$ olayına ait sonuçların sayısı/ Muhtemel bütün sonuçların sayısı

- Örnek olarak vermek gerekirse bir zar atıldığında zarın 4 gelmesi olasılığı $P(A)=1/6$ 'dır.
- $P(A)=1$ kesin olay: olasılığı 1 olan bir olay kesinlikle gerçekleşecektir demektir.
- $P(A)=0$ imkansız olay: olasılığı 0 olan bir olayın gerçekleşmesi imkansızdır.
- Kesin ve imkânsız olaylar dışında kalan bütün olayların olasılıkları 0-1 arasındadır.

b) Birleşik Olaylar

Birleşik olayları iki olayın bileşimi şeklinde şu şekilde ifade edilebilir: $P(A \cup B)$, (A veya B). Örnek vermek gerekirse, bir zar atıldığında tek sayı gelme olasılığı ve/veya 2'den büyük gelme olasılığı ele alınırsa,

A : bir tek sayı gelmesi, $A=\{1, 3, 5\}$

B : 2'den büyük bir sayı gelmesi, $B=\{3, 4, 5, 6\}$ şeklinde ifade edilebilir.

Buna istinaden, iki olayın kesişimi: $(A \cap B)$ veya $(A \text{ ve } B) = \{3, 5\}$ olarak gösterilebilir.

c) Ayrık Olaylar

A ve B olayları aynı anda gerçekleşemiyorsa bu iki olay ayrıktır denir. Örneğin, bir mağazaya giren müşteri 0.2 olasılıkla lacivert, 0.3 olasılıkla siyah bir takım elbise alacaktır. Bu müşterinin mağazadan iki takımdan birisini alma olasılığı şu şekilde hesaplanabilir:

$$P(A \cup B)=P(A)+P(B)=0.2+0.3=0.5$$

d) Bağımlı ve Bağımsız Olaylar

İki veya daha fazla olay meydana geldiğinde bir olayın meydana gelmesi diğerinin meydana gelmesini etkiliyor ise bağımlı, etkilemiyor ise bağımsız olay olarak adlandırılır. Bağımlı ve bağımsız olaylara sırasıyla örnek vermek gerekirse:

Örnek: Bir makinenin üretmiş olduğu 50 parçadan 10 tanesinin kusurlu olduğu bilinmektedir. Bu parçalardan rasgele 2 parça çekildiğinde (yerine koymaksızın) her ikisinin de kusurlu olma olasılığı nedir?

$P(A)$: çekilen birinci parça kusurlu $=10/50$

$P(B)$: çekilen ikinci parça kusurlu

$P(B|A)=9/49$

$P(A \cap B)=P(A) \cdot P(B|A) =10/50 \cdot 9/49= 0.0367$

Örnek: İki zarın birlikte havaya atıldığı bir deneyde her iki zarında 4 gelme olasılığı nedir $P(4, 4)$?

$P(A)=1/6$

$P(B)=1/6$

$P(A \cap B)=P(A) \cdot P(B)=1/6 \cdot 1/6=1/36$

e) Koşullu Olasılık

A olayının olması durumunda B olayının olması olasılığı koşullu olasılık olarak adlandırılmaktadır.

$P(B|A) = P(A \cap B)/ P(A)$, bu ifade A olayının olması durumunda B olayının olması olasılığını göstermektedir.

f) Olasılık Kuralları

Olasılıkta toplama kuralı birleşik ve ayrık olaylar için farklı işlemektedir. Ayrık olaylarda iki farklı olayın gerçekleşme ihtimali olasılıkları toplamına eşitken, birleşik olaylar da toplam gerçekleşme ihtimali iki olayın olasılıkları toplamından iki olayın aynı anda gerçekleşme ihtimalinin çıkarılmasıyla bulunur.

Ayrık olaylar: $P(A \cup B)=P(A)+P(B)$

Birleşik olaylar: $P(A \cup B)=P(A)+P(B)-P(A \cap B)$

Örnek olarak, 52'lik bir deste oyun kâğıdından rasgele seçilen 2 kâğıdın kupa veya as olma olasılığı bulunmak istenirse,

$P(K)=13/52$ seçilen kâğıdın kupa gelme ihtimali,

$P(A)=4/52$ seçilen kâğıdın as olma ihtimali

$P(A \cap K)=1/52$ seçilen kâğıdın hem kupa hem de as olma ihtimali,

Seçilen iki kağıdın kupa veya as olma olasılığını bulmak için, kupa olma ihtimali ile as olma ihtimalleri toplanır ve bu değerdan kağıdın hem kupa hem de as olma ihtimali çıkarılarak sonuç bulunur.

$$P(A \cup K) = P(A) + P(K) - P(A \cap K) = 13/52 + 4/52 - 1/52 = 16/52 = 4/13$$

Olasılıkta arpma kuralı ise bağımlı ve ayrıık olaylar için farklı değerdendirilmektedir. Kısaca ifade etmek gerekirse:

Bağımlı olaylar $P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B|A)$

Bağımsız olaylar $P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$

Yukarıdaki bilgilere istinaden özetlemek gerekirse, çeşitli sebeplerin aynı sonucu verebildiğı durumlarda bazen sonuç bilindiğı halde bunun hangi sebepten ileri gelmiş olduğı bilinmeyebilir. Söz konusu sonucun hangi olasılıkla hangi sebepten ortaya çıktığı araştırılmak istendiğinde Bayes Teoremi kullanılır.

Bayes Teoremi Örnek:

Aşağıda makinelerin üretim oranları ve hatalı üretim olasılıkları verilmiş bir işletmede bir günlük üretim sonrasında bir ürün seçilmiş ve bozuk olduğı görülmüştür. Bu ürünün Makine 3’te üretilmiş olma ihtimali nedir?

Çizelge 3.1 : Üretim oranları.

Makine	Üretimdeki % payı	Bozuk Üretim Oranı %
M1	0.20	0.02
M2	0.30	0.03
M3	0.50	0.04

Bayes teoremine göre bu olasılığın hesaplanabilmesi için makinelerin hatalı üretim yapma olasılığının ve toplam hatalı üretim yapabilme olasılığının hesaplanması ve daha sonra makine 3’ün bu hatalı üretim içindeki payının hesaplanması gerekmektedir. Kısaca aşağıdaki formülle çözümde ulaşabiliriz:

$$P(M3/B) = P(M3) \cdot P(B/M3) / P(B)$$

$$P(M3/B) = (P(M3) \cdot P(B/M3) / (P(B))) / (P(M1) \cdot P(B/M1) + P(M2) \cdot P(B/M2) + P(M3) \cdot P(B/M3))$$

$$P(M3/B) = 0,50 \cdot 0,04 / (0,20 \cdot 0,02 + 0,30 \cdot 0,03 + 0,50 \cdot 0,04) = 0,02 / 0,033 = 0,606$$

Bayes' kuralını açıklamanın daha kompleks bir yolu da geçmiş tecrübe ve kanıt içeriren bir hipotezin(H) ek kanıtlar(E) ve geçmiş bilgilerimiz(c) ile güncellenmiş halidir. E kanıtının ve c geçmiş bilgisine dayanarak hazırlanan H hipotezinin olma olasılığı $P(H|E,c)$ dir. $P(H|c)$ de tek başına verilen c değerine göre bulunan H hipotezinin geçmiş olasılığını ifade eder. $P(E|H,c)$ olasılık olarak adlandırılır ve kanıtların olasılığını H hipotezinin var olduğunu ve c bilgisinin doğru olduğunu kabul eder. Son terim olan $P(E|c)$ de H'den bağımsızdır ve normalleştirme veya ölçekleme faktörü olarak açıklanabilir. (Niedermayer, 2003).

Bayes teoremi hakkında yapılan çalışmalar ve ortaya konan bilgiler bu teoremin olasılık değeri üzerindeki bilgiyi iki ana bölüme ayırdığını göstermektedir. Bunlar daha önce o konuyla ilgili ortaya çıkmış olasılık değerleri ve değişkenler ilgili fikir çıkarım yapılmasına imkan sağlayacak kanıtlardır (Pew and Mavor, 2000). Bayes teoremi aslında olasılık hesabı yapan mantıksal bir metottur ve olasılıksal çıkarım yapan yöntemlerin en önemlilerindendir.

3.3 Bayes Ağları Literatür Taraması

Bayes Ağları'na dair literatür incelendiğinde yöntemin 1920'li yıllardan başlayarak bir çok farklı alanda etkin bir şekilde kullanıldığı görülmektedir (Çizelge 3.2). Son yıllarda konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde Nadkarni ve Shenoy 1999 yılında Bayes Ağları geliştirme üzerine çalışmışlar ve ürün geliştirme kararı üzerinde farklı değişkenlerin etkilerinin analizlerinde kullanmışlardır. Winkler sağlık sektöründe, hastalık üzerinde ilaç etkisi analizi için Bayes Ağlarını kullanmıştır (2001). Ülengin ve ekibi 2005 yılında Türkiye enflasyon oranlarını Bayes Ağları yöntemini kullanarak incelemişlerdir. Yine aynı yıl Poku Hollanda'da yaptığı çalışmada dış ticaret ve para piyasalarında operasyonel risk yönetimi için Bayes Ağları oluşturmuştur. 2006 yılında Krause tarımda verimlilik artışı ve kapasite geliştirme için Bayes Ağları'ndan faydalanmıştır. Yücebaş tıbbi karar destek sistemlerinin oluşturulması için Bayes Ağları tabanlı bir algoritma geliştirmiştir (2006). Karatepe sağlıkta karar verme için çok kriterli karar verme ile Bayes Ağlarını birlikte kullanmıştır (2007). Oteniya veri madenciliği ve yapay zekaya dayalı çözümlerde Bayes Ağları kullanmıştır (2008). Aynı yıl Inman su talebi yönetim stratejilerinin oluşturulması için Bayes Ağlarından faydalanmıştır, Carr askeri strateji zekasının incelenmesinde Bayes Ağlarının kullanılabilirliğini araştırmıştır. Kişioğlu

ve Topçu telekomünikasyon sektöründe iptal analizi için Bayes Ağları temelli bir çalışma yapmışlardır (2009). Kayakutlu ve Çınar enerji sektöründe senaryo analizi için Bayes ağlarını kullanmışlardır (2010). Jones ve diğerleri üretim endüstrisinde bakım planlama için Bayes Ağlarını kullanmışlardır. Mcnaught ve Chan üretim sektöründe belirsizlik içeren durumlarda karar almada bayes ağları kullanımına yönelik bir çalışma yapmıştır (2010). Lakka ve diğerleri medya sektörü analizi için Bayes Ağlarını kullanmışlardır (2011). Lockamy tedarikçi geliştirme ve kıyaslama için Bayes Ağları yöntemini kullanmıştır (2011).

Çizelge 3.2 : Bayes ağları ile ilgili literatür çalışmaları.

Yazar	Yıl	Çalışma
Wright	1921	Tarım alanında gelişme için belirsizlik ve olasılık içeren durumlarda ilk defa grafiksel gösterimi kullanmıştır.
Nadkarni ve Shenoy	1999	BA geliştirme üzerine çalışmışlar ve ürün geliştirme kararı üzerinde farklı değişkenlerin etkilerinin analizlerinde kullanmışlardır.
Winkler	2001	Sağlık sektörü, hastalık üzerinde ilaç etkisi analizi için BA kullanmıştır.
Ülengin ve diğ.	2005	Türkiye enflasyon oranlarını BA yöntemini kullanarak incelemişlerdir.
Poku	2005	Dış ticaret ve para piyasalarında operasyonel risk yönetimi için BA oluşturmuştur.
Krause	2006	Tarımda verimlilik artışı ve kapasite geliştirme için Bayes Ağları'ndan faydalanmıştır.
Yücebaş	2006	Tıbbi karar destek sistemlerinin oluşturulması için BA tabanlı bir algoritma geliştirmiştir.
Karatepe	2007	Sağlıkta karar verme için çok kriterli karar verme ile BA'yı birlikte kullanmıştır.
Oteniya	2008	Veri madenciliği ve yapay zekaya dayalı çözümlerde BA kullanmıştır.
Inman	2008	Su talebi yönetim stratejilerinin oluşturulması için Bayes Ağları'ndan faydalanmıştır.
Carr	2008	Askeri strateji zekasının incelenmesinde Bayes Ağları'nın kullanılabilirliğini araştırmıştır
Kişioğlu ve Topcu	2009	Telekomünikasyon sektöründe iptal analizi için BA temelli bir çalışma yapmışlardır.
Çınar ve Kayakutlu	2010	Enerji sektöründe senaryo analizi için Bayes Ağları'nı kullanmışlardır.
Jones ve diğ.	2010	Üretim endüstrisinde bakım planlama için bayes ağlarını kullanmışlardır.
Mcnaught ve Chan	2010	Üretim sektöründe belirsizlik içeren durumlarda karar almada Bayes Ağları kullanımına yönelik bir çalışma yapmıştır.
Lakka ve diğ.	2011	Medya sektörü analizi için Bayes Ağları'nı kullanmışlardır.
Lockamy	2011	Tedarikçi geliştirme ve kıyaslama için Bayes Ağları yöntemini kullanmıştır.

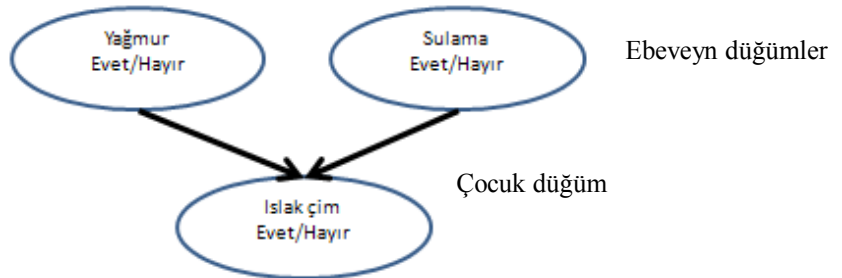
3.4 Bayes İnanç Ağlarının Yapısı

Bayes Nedensel Ağları, kavramlar (düğümler) arasındaki koşullu bağımlılıkları net şekilde göstererek, olasılık teorisini kullanarak belirsizliği ve karmaşıklığı yönetmeye çalışan bir grafik model türüdür (Jensen, 2001). Daha önce de kısaca bahsedildiği gibi, bayes ağları döngüsüz yönlendirilmiş grafiklerdir ve olasılık dağılımlarını kullanarak değişkenler üzerinde çıkarım yapmayı sağlayan görsel bir metottur. Bir Bayes İnanç Ağı'nın yapısını oluşturan üç temel eleman vardır:

- Bayes ağında düğüm (node) olarak ifade edilen değişkenler (variables), bu değişkenler kesikli ya da sürekli olabilir.
- Değişkenler arasında oklarla gösterilen bağlantılar (arcs)
- Her bir değişkenin (düğümün) olasılık dağılımlarını gösteren koşullu olasılık tabloları (conditional probability table)

Kısaca düğüm, değişken ve olasılık tablosunu şu şekilde açıklayabilir:

- **Düğüm(Node):** Düğüm, modellenen bir durumdaki bir değişkeni gösterir. Düğümler genellikle grafiksel olarak oval bir şekilde gösterilir.
- **Bağlantılar (Oklar, Edge):** Bağlantı okları, iki düğüm arasındaki nedensellik ilişkisini gösterir. Grafiksel olarak ok şeklinde gösterilir ve ok nedenselliğin yönünü ifade eder. Bir X düğümünden Y düğümüne çizilen kenarın sezgisel anlamı; X düğümü, Y düğümü üzerinde direk etkisi vardır. Örneğin yukarıdaki şekilde kenar, yol koşullarının yağışa bağlı olduğunu gösterir. Bir düğümün diğerini nasıl etkilediği, düğümlerin koşullu olasılık tablosu yardımıyla belirlenir.



Şekil 3.2 : Düğüm ve ilişki örneği.

- **Durumlar Olasılık Tablosu Verileri:** Bir değişken tarafından alınan değer durumlar olarak adlandırılır. Örneğin önemli yağış durumları; belirsiz ,hafif yağışlı ve ağır yağışlı olarak aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.Yağış durumuna göre yolun geçilip geçilemeyeceğini bilebiliriz. Yolun geçilebilir veya geçilemeyecek olması da yol koşullarının durumlarıdır.

Kenarlar aynı zamanda düğümler için bazı sınıflandırma terimlerini belirler. İki düğüme bir kenarlar birleştirildiğinde sebepsel düğüm diğer düğümün ebeveyni olarak adlandırılır. Bu örnekte yağış ve sulama çim ıslaklığının, çimlerin ıslaklığı yağış ve sulamanın çocuk düğümü konumundadır. Çocuk düğümler koşullu olarak ebeveyn düğümlere bağlıdır.

Aşağıda Şekil 3.3’de resmedildiği gibi, düğümlere ait olasılıklar, iyi kötü, yüksek, orta, düşük gibi farklı seviyelerde değerlendirilebilir. Bu olasılık sınıflandırmaların problemin genel kompleksitesini yükseltmemesi açısından ve analiz zorluğu yaratmaması için minimum sayılarda tutulması istenir.

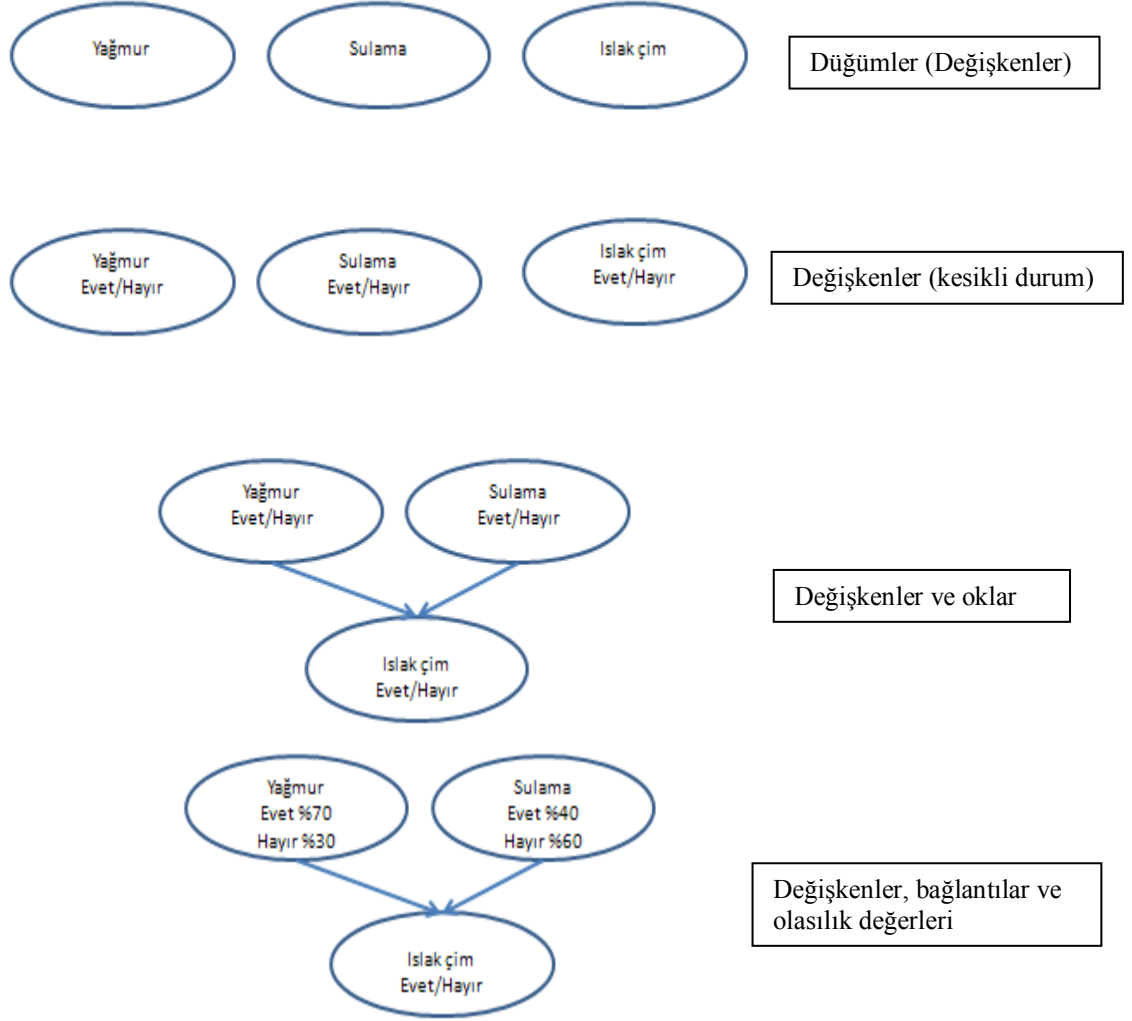
Gelir		Makine	
Yuksek	12	Yenileme	40
Sabit	30	Sabit Kalma	60
Dusuk	58		
		Memnuniyet	
Satış		Yüksek	25
Artar	50	Orta	25
Sabit	30	Düşük	50
Azalir	20		

Şekil 3.3 : Basit bir bayes ağı örneği olasılık değerleri.

Grafik gösterim, problemin hem daha iyi anlaşılmasını hem de karmaşık sistemlerde değişkenleri ve değişkenler arasındaki bağlantılarda gizli detayların iyi analiz edilebilmesini sağlamaktadır.

Şekil 3.4’te gösterildiği gibi çimlerin ıslak olup olmadığının sebebi yağmur yoksa sulama işlemi midir ya da bu durumların oluşması ihtimalleri nedir gibi soruların sebepleri tek bir resimde kolayca anlaşılabilir. Yeni değişkenlerin sisteme eklenmesi ya da mevcut düğümlerden çıkarımlar yapılarak da Bayes İnanç Ağları matematiksel tekniklerin uygulanmasına en uygun hale getirilebilir. Bayes Ağları’nın tüm bu kapsamda değerlendirilebilmesi ve sonuç analizi yapılabilmesi için Netica ya da Hugin gibi yazılım programları kullanılabilmektedir.

Bayes Ağları'nın genel yapısı ve Jensen'in bahsettiği düğüm, ok ve olasılık tablosu gibi temel bileşenler, önceki bölümlerde kısaca bahsedildiği gibi Bayes Ağları'nın iki yönünü ortaya çıkarmaktadır. Bayes ağlarının nitel yönü ki, bu sayede incelenen konuyla ilgili tüm değişkenler, aralarındaki ilişkiler, bu ilişkilerin dereceleri son derece başarılı şekilde görselleştirilmektedir.



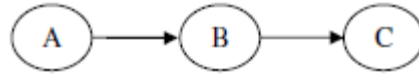
Şekil 3.4 : Bayes inanç ağında bulunan düğüm, ok ve olasılık tablosu.

Bayes ağlarının uzmanlar için asıl önem arzeden kısmı da nicel yönüdür ki, bu sayede olasılık değerleri üzerinden çıkarımlar yapılabilir, değişkenlerin diğer değişkenler üzerinde etkili olma olasılıkları değerlendirilebilir ve belirsizlik içeren durumlarda önceki verilerden faydalanılarak varsayımlar yapılarak veri eksikliği sorunu ortadan kaldırılabilir (Buntine, 1996).

Bayes ağlarının yapısı hakkında daha önceki bölümlerde verilen bilgilerde bağımsız varsayımlar yapılarak mevcut verilerin incelendiğinden bahsedilmiştir. Bu varsayımlar yapılırken ilerleyen bölümlerde detaylarına değinilecek olan zincir kuralı

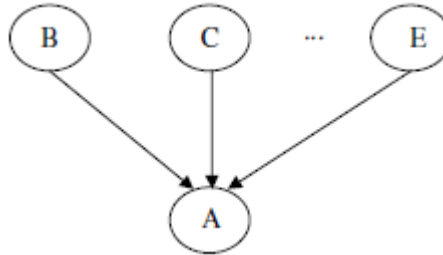
da bayes ağlarında kullanılmaktadır. Bayes ağlarında bu varsayımlar yapılırken değişkenler gruplandırılmakta ve aralarındaki ilişkiler belirlenirken görsel olarak yapılan çizimlerle daha net bir görüş açısı sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmalar sırasında ortaya çıkan ilişkiler ise düğümlerin ve düğümler arası ilişkilerin yapısına göre üç farklı bağlantı tipi ortaya çıkarmaktadır (Poku, 2005).

- **Seri Bağlantılar:** Birbirleri ile ilişkisi olan A, B ve C olayları olduğu varsayalım. Eğer, C olayı üzerinde B olayının, B olayı üzerinde de A olayının etkisi varsa bu durum seri bağlantıya bir örnek teşkil etmektedir.



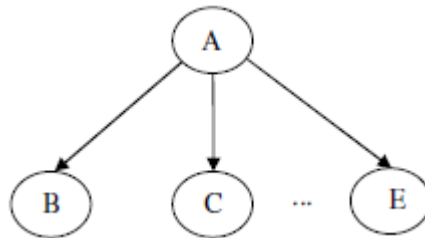
Şekil 3.5 : Seri bağlantı.

- **Yakınsayan Bağlantılar:** Birbirleri ile ilişkisi olmayan B, C ve D olaylarının A olayı üzerinde bir etkisi var ise bu durum yakınsayan bağlantılara bir örnektir. Burada önemli olan A üzerinde etkisi olan düğümlerin birbirleri arasında etkisi olmamasıdır.



Şekil 3.6 : Yakınsayan bağlantı.

- **İraksayan Bağlantılar:** Bir A olayı olduğunu ve bu A olayının birbirleriyle ilişkisi bulunmayan B, C ve D olaylarına etkisi olduğunu kabul edelim. Bu durumda Bayes Ağları'nda ıraksayan bağlantılar olarak adlandırılan durum ortaya çıkmaktadır (Oteniya, 2008).



Şekil 3.7 : İraksayan bağlantı.

3.4.1 Belirsizlik içeren durumlarda bayes yaklaşımı

Bayes İnanç Ağları hem mevcut güncel bilgilerin kullanılmasına hem de geçmiş verilerin kullanılarak olasılık çıkarımlar yapılmasına imkan tanıyan bir yöntemdir.

Son yıllarda özellikle yapay zeka uygulamaları ve uzman olasılık sistemleri bütünleşmiş bir şekilde ele alınarak bir çok farklı sektörde problemlerin çözümünde kullanılmıştır. Fenton'un 2003 yılında yayınladığı bildiride bahsettiği gibi, gerçek karar alma problemlerinde ve belirsizlik içeren durumların modellenmesinde karar alıcının ve uzman kişilerin muthemel bütün sonuçları görmelerini sağlayan ve tüm değişkenlerin birbirleri arasındaki etkileşimlerini analiz etmelerini sağlayan bir yöntemdir.

Genel olarak literatür değerlendirildiğinde olasılık yaklaşımlarının Sıklıkçı (frequentist) ve Bayesyen Yaklaşım olarak iki ana kısımdan oluştuğu görülmektedir. İki temel yaklaşım da kesinlik içermeyen olayların incelenmesinde kullanılmaktadır. İlk yaklaşım geçmişte yaşanan olayların gözlenmesi sonucu elde edilen frekansa ait verilerin incelenmesine dayanır. Bu yaklaşım belirsizlik içeren durumların olasılıklarının incelenmesinde oldukça faydalı sonuçlar vermesine rağmen, konu ile ilgili geçmiş verilerin bulunması problemi ortaya çıktığında faydasız kalmaktadır. Bu noktada Bayesyen Olasılık Yaklaşımı araştırmacılara belirsizlik içeren durumlarda çıkarım yapabilmelerine imkan sağlamaktadır (Orzechowski, 2004).

Eğer bir A olayı gerçekleştiyse ve bu olay hakkında bir belirsiz durum yoksa $P(A)=1$ 'dir. Ancak bu A olayının gelecek bir durumu içerdiği ve olup olmayacağı hakkında belirsiz bir durum oluşturduğu noktada, daha önce benzer olayları incelemiş ya da konuyla ilgili uzmanlık sahibi olan kişilerden A olayının olasılığı hakkında bilgi toplanmaya çalışılır. Bu uzman kişilerden elde edilen veriler doğrultusunda çıkarımlar yapılarak varsayımlar oluşturulur.

Bu işlem formüle edilirse şöyle ifade edilebilir:

$$A=\{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$$

Burada a_1, a_2 vb. A olayına değişkenleri temsil etmektedir.

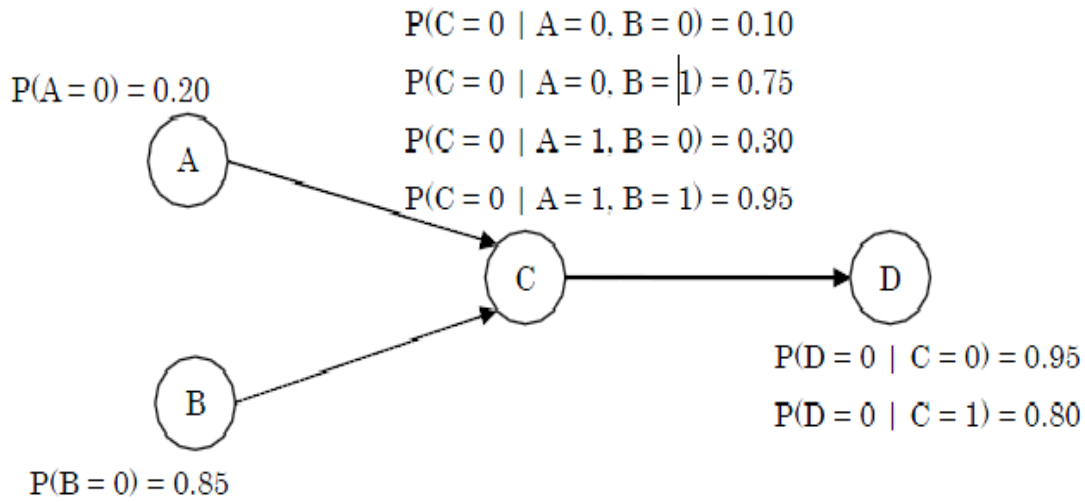
Tüm değişkenler ortak bir paydada değerlendirildiğinde, $\sum p(a_i)=1$ olduğu ortaya çıkar. Buradan aslında A olayının oluşma olasılığının onu etkileyen değişkenlerin olasılıkları ile bağlantılı olduğu ortaya çıkmaktadır. Genel olarak $P(A/B)$ ifadesi

aslında B olayı ortaya çıktığında A olayının oluşma olasılığına inancı temsil etmektedir. Bayes yaklaşımının ve bayes ağlarının temel mantığı da bu noktada devreye alınırsa $P(A/B,K)$ şeklinde bir notasyon elde edilir ve bu da K, A olayı ile ilgili tüm değişkenleri temsil etmektedir (Orzechowski, 2004).

Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi bileşik olasılık dağılımının fonksiyonun da şu şekildedir:

$$P(A/B) = P(A,B)/P(B)$$

Özet olarak, $P(A|B) = P(B)$, A ve B olaylarının bağımsız olaylar olduğunu, $P(A|B,C) = P(A|C)$ ifadesi ise A ve B olaylarının C olayı etkisinde koşullu bağımsız olaylar olduklarını ifade etmektedir.



Şekil 3.8 : Tüm öğelerini içeren şekilde bir Bayes ağı modeli.

3.5 Bayes Ağı Geliştirme Algoritmaları

Bu kısma kadarki bölümlerde Bayes Ağları hakkında hem matematiksel yönden hem de açıklayıcı olması için sözel yönden bilgiler verildi. Literatür incelendiğinde Bayes Ağları'nın sahip olduğu bazı özelliklerin, problemlere ilişkin gerçek verilerin incelenmesi ve yönetimine dair sorunların çözümünde önemli faydaları olduğu görülmektedir. Varis ve Kuikka'nın 1999 yılında yayınladıkları makalede altını çizdikleri gibi, yetersiz veri sahibi olunan durumlarda ya da kontrol mekanizmalarının yetersiz kaldığı çalışmalarda koşullu olasılık değerlerinin deterministik seviyelendirme mantığıyla modellenmesi oldukça etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Yeteri kadar büyük örnekleme sahip olunamayan durumlarda da Bayes Ağları tahmin metodu olarak kullanılabildiği gibi, analitik

karar verme araçları ile birlikte kullanılarak karar alıcılara yardımcı olmaktadır (Varis, 1997).

Bir Bayes Ağı temel olarak çıkarım yapmak, koşullu olasılıkları hesaplamak ve her bir düğümle ilgili geçmiş verileri inceleyerek kanıtlar bulmak için kullanılır. Bayes Ağları'nda genel olarak olasılıkların güncellenerek yeniden değerlendirilmesi ve olasılıkların gözden geçirilmesi şeklinde iki tip çıkarım tipi vardır (Pearl, 1998).

Olasılıkların yeniden değerlendirilmesi ve güncellenmesi kısmında her bir düğümün oluşma ihtimali değerlendirilir ve aynı zamanda bu düğümün koşullarını etkileyen veriler incelenir. Olasılıkların revize edilmesi kısmında ise değişkenler hakkındaki en olası ihtimaller değerlendirilir ve veriler üzerinden hesaplamalar yapılarak varsayımlar şeklinde kabul edilir. Bayes Ağları'nda iki sınıf çıkarım algoritması vardır. Bunlar kesin çıkarsama algoritması ve yaklaşık çıkarsama algoritmasıdır.

3.5.1 Kesin çıkarsama algoritmaları

Kesin çıkarsama algoritmaları bir kaç başlık altında incelenebilir. Genel olarak bu konuda yapılmış çalışmalar, düğüm indirgeme yöntemi, çoklu ağaç algoritması, değişken eliminasyonu, sembolik olasılıksal çıkarsama, klik ağaç yayılım algoritması, türevsel yaklaşım başlıkları altında sıralanabilir (Yücebaş, 2006).

Klik ağaç yayılım algoritması, gruplama mantığına dayalı bir yöntemdir. İlk olarak bir klik ağacına çevrilen çoklu bağlı ağda, daha sonra mesaj yayılması uygulanır ve gruplama yöntemiyle de ağaç yapısı elde edilir. Düğüm indirgeme yöntemi, ağdaki bağlantıların yönleri ters çevrilmek suretiyle sadece sorgulamada bahsedilen düğümler ve onlara bağlı ebeveynlerinin kalması sağlanır ve model analize uygun hale getirilir (Yücebaş, 2006).

Bir başka algoritma ise, değişkenlerin sırayla elenmesine dayanan değişken eleme algoritmasıdır. Bu algoritmada çeşitli sıralama, çarpma ve toplama işlemleri yapılarak karmaşıklığı en az düzeye indirecek sıralama tespit edilmeye çalışılır. Başka bir yöntem olan polinomik fonksiyon içeren türevsel yaklaşım ise her bir değişkenin kısmi türevlerinin hesaplanarak olasılık değerlerini yeniden hesaplamaya dayanır (Poku, 2005).

3.5.2 Yaklaşık çıkarsama algoritmaları

Yaklaşık çıkarsama algoritmaları, kesin çıkarsama algoritmalarının yapılmasının bazı modeller için çok zor olduğu durumlarda ve değerlendirme sürecinin çok uzun olduğu durumlarda kullanılmak için geliştirilmiştir. Yaklaşık çıkarsama algoritmaları stokastik benzetim algoritması, döngülü inanç yayılımı, araştırma temelli metotlar gibi başlıklar altında incelenebilir (Guo ve Hsu, 2002).

Yaklaşım çıkarsama algoritmaları içinde en sık başvurulanan metot stokastik simulasyon algoritmalarıdır. Bu gruptaki algoritmalar, Markov Zinciri Monte Carlo Metodu ve önemli örnekleme yöntemi olarak iki temel başlıkta incelenir. Bu yöntemlerde, rasgele olarak bazı düğümler seçilir. Sonrasında tüm değişkenlerin yaklaşık olasılıkları ile seçilen düğümlerin değerleri arasındaki frekans değerlendirilerek benzetim yapma yoluna gidilir. Aralarındaki temel fark ise, ilkinde örneklemin bağımsız olması ikincisinde ise bağımlı olmasıdır (Henrion, 1988).

Çıkarım algoritmaları içinde yer alan en basit yöntem mantıksal çıkarım algoritmasıdır. Bu yöntemde göre, Bayes Ağı'nda yer alan model sistemli olarak sürekli simule edilerek kanıtlar ile uygunsuzluğu belirlenen örneklemeler atılır ve düğümlerin olasılıkları ve frekansları hesaplanır. Kanıtlar içerisinde diğerleriyle uyumsuzluk gösteren kanıt var ise bunlarda elenerek tutarsız sonuçlar yaratması önlenir (Yücebaş, 2006). Bu yöntem elde kanıt bulunamayan durumlarda çok faydalıdır.

Model ile ilgili kanıt bulunabilen durumlarda, olabilirlik ağırlıklandırma, ileri örnekleme, geriye örnekleme, kendiliğinden önemlilik örnekleme, uyarlanmış önem örnekleme gibi farklı yöntemler de kullanılabilir.

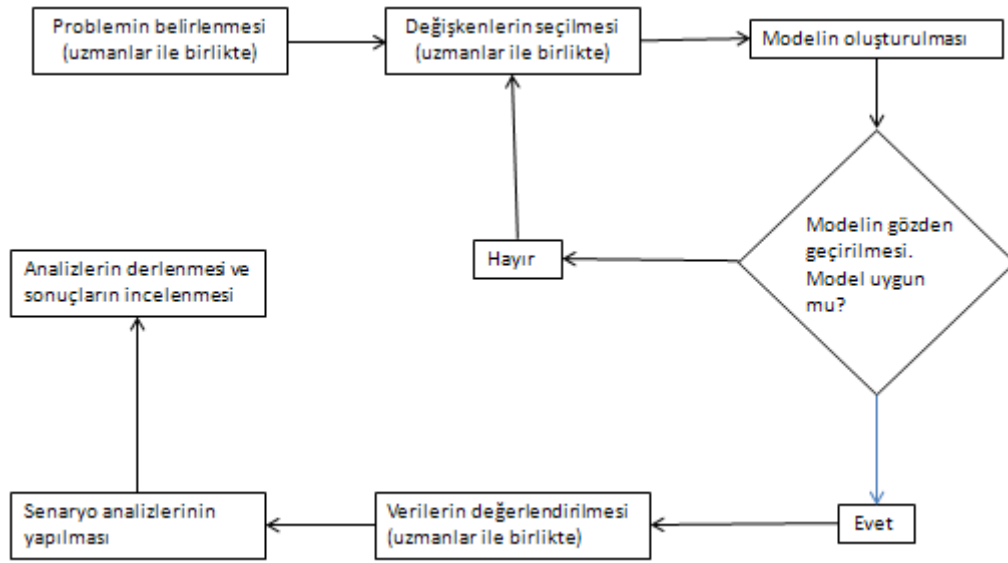
Markov Zinciri Monte Carlo Metodu eğer koşullu olasılık tablosunda ekstrem değerlere sahip olasılık değerleri yoksa oldukça başarılı sonuç vermektedir (Guo ve Hsu, 2002).

Çıkarım algoritmaları çok geniş bir konudur ve başlı başına bir tez konusu olabilecek boyutlardadır. Bu yüzden burada genel manada fikir vermesi açısından açıklayıcı bilgiler paylaşılmıştır.

3.6 Bayes Ağları Oluşturma Aşamaları

Bu bölümde Bayes Ağları oluşturulurken gerçekleştirilmesi gereken adımlar bir akış şeklinde gösterilecek ve kısaca açıklanacaktır. Bayes Ağları oluşturulurken ilk olarak yapılan iş, Bayes Ağı oluşturmanın amacını ortaya koyan, incelemeye alınacak kümeyi belirlemektir. İkinci olarak, değişkenler, düğümler belirlenmeli ve problemin çözümü için uygun şekilde düzenlenmelidir.

Şekil 3.9’da gösterildiği gibi, sonraki aşama, değişkenler arası ilişkilerin tanımlanması ve bu ilişkilerin grafik çizim olarak gösterilmesidir (Caballero, 2005).



Şekil 3.9 : Bayes ağı oluşturma aşamaları.

Bu aşamadan sonra uzmanlar ile birlikte modelin yapısı gözden geçirilir. Eğer uzmanlar arasında bir fikir ayrılığı var ise önceki aşamaya dönülür ve problem yeniden modellenerek gözden geçirilir. Uzmanlar arasında görüş ayrılıkları ortadan kaldırılana kadar bu çalışmaya devam edilir.

Bayes Ağları’nın oluşturulmasında grup içinde fikir birliğine varıldıktan sonra, uzman görüşleri değerlendirilerek model sayısal verilere dökülür, mutemmel senaryolar simule edilir ve sonuçları gözden geçirilir. Bayes ağı oluşturmak iteratif bir süreçtir ve birbirini takip eden aşamalar içerir. Bir taraftan detaylı ve zengin bir model kurarak kesin sonuçlar elde edilmesine imkan tanırken diğer taraftan da çok detaylı olasılık değerlerinin incelenmesi, karmaşık sistemin değerlendirilmesi gibi zorlukları bünyesinde barındırmaktadır (Caballero, 2005).

3.7 Bayes Ağlarında Zincir Kuralı

Bayes Ağları belirsizlik ve kompleksite sorununun üzerinden gelmek için temel olarak ilgili kümedeki değişkenlerin bileşik olasılık dağılımlarını konu alan zincir kuralına dayanmaktadır. Zincir kuralına göre oluşturulan Bayes Ağı içerisinde her bir değişkeni temsil eden düğüme ait olasılıklar ve düğümlerin birbirleri üzerlerindeki olasılık etkileri tespit edilebilmektedir (Jensen, 2001).

Kısaca, A,B ve C değişkenlerinin olduğu varsayımıyla; zincir kuralı ile A kavramının C kavramı üzerinde B kavramı üzerinden bir etkisinin olduğu kabul edilir ve matematiksel ifadeler ile her bir kavram için olasılık dağılımlarının hesaplanabilmesi sağlanmaktadır.

Herhangi bir olasılık modelinde, bileşik olasılık olasılık dağılımı şu şekilde formüle edilebilir:

$$(X) = f_{x1; x2;; xn} \quad (3.2)$$

Bu ifadeye göre de bileşik olasılık dağılımı şu şekilde ifade edilebilir:

$$P(X) = P(x1; ::::; xn) \quad (3.3)$$

Burada P(X) değişken sayısına göre üstel olarak artmaktadır. Bayes ağı, X değişkeni üzerinde kendinden önceki düğümlerin direk etkisini gösterdiği gibi dolaylı etkilerinde gösterilmesine olanak sağlamaktadır. Eğer $pa(x_i)$ ifadesinin X düğümünün ebeveyn düğümlerinin temsil ettiğini kabul edersek; $P(x1; x2; ...xn)=P(x_{ij}.pa(x_i))$ denklemi elde edilir. Bu denklemi de tüm değişkenler için genelleştirecek olursak aşağıda gibi bir denklem elde edilir (Poku, 2005):

$$P(x1; x2; x3; x4; x5; x6) = P(x1)P(x2 j x1)P(x3 j x2)P(x4 j x2)P(x5 j x3; x4)P(x6 j x5) \quad (3.4)$$

Özetle, koşullu olasılıklar teoremi üzerine inşa edilmiş olan bayes teoremi, zincir kuralı vasıtasıyla problemi oluşturan değişkenlerin birbirleri ile ilişkilerini analiz eder, bu ilişkiler üzerine bir model kurar ve güncel olarak her bir yeni bilgi elde edildiğinde modelin güncellenebilmesine imkan sağlar (Cınar ve Kayakutlu, 2010).

3.8 Bayes Ağlarının Uygulama Alanları

Grafiksel modellerin belirsizlik ve olasılık içeren durumların incelenmesinde kullanımına Sewal Wright'ın 1921 yılında tarım alanında ortaya çıkan problemleri incelediği ve bu problemler arasında bir nedensellik haritası oluşturmak için çaba sarfettiği çalışmasında rastlanmaktadır (Oteniya, 2008). O zamanlar nicel hesaplamaların ve data analizlerinin çok ağır şekilde yapıldığı bir dönem olduğu için, Bayes Teoremi gibi grafiksel gösterime ve pratik bir yapıya sahip yeni bir yaklaşım istatistikçiler tarafından pek kabul görmemiştir. 1960'lara doğru gelindiğinde ise istatistikçiler, istatistik tabloların en iyi ve en kolay analiz yolunun grafiksel yöntemler olduğunu farketmeye başlamışlardır (Pearl, 1988). Daha sonraki yıllarda grafik gösterimler üzerinde artan çalışmalar sonucunda olasılık bilgilerinin düzenlenmesi, farklı yollarla elde edilmesi ve gösterilmesi, saklanması ve manipüle edilmesi için yeni yöntemler bulundu. Bayes Ağları da bu yöntemlerden bir tanesidir.

Bayes Ağları sanayiden akademik hayata kadar geniş bir yelpazede uygulama alanına sahiptir. Genel olarak belirsizlik altında karar verme gerektiren durumlarda başvurulmuş bir yöntemdir. Uygulama alanlarını kısaca sıralamak gerekirse:

Ekoloji, biyoinformatik, sosyoloji ve taşıma, tarım, öğrenme ve geliştirme ve jeoloji gibi bir çok örnek sayılabilir. Bu alanların yanında sağlık sektöründe de karar destek sistemlerinde kullanılmaktadır.

Oteniya'nın çalışmasında kısaca özetlediği gibi veri madenciliği ve yapay zekaya dayalı çözüm araştırmalarında da bayes ağları sıklıkla kullanılmaktadır. Sanayi alanında daha detaylı incelendiğinde bayes ağlarının risk ve güvenilirlik analizlerinde, sağlık ve mekanik tanı sistemlerinde, finansal risk yönetiminde kullanıldığı görülmektedir (2008).

3.9 Bayes Ağlarının Sağladığı Avantajlar

Bayes Ağları diğer sıklıkçı istatistiksel yaklaşımlara göre hesaplamalarda oldukça büyük kolaylık sağlamaktadır. Bunun sebebi değişkenler ve gelecek çıkarımları üzerine kesin olasılık dağılımları verir ve bu olasılıkları kullanılabilir hale getirerek kanıt olarak kullanır. Örneğin bir hastalığın giderilmesi için uygulanan bir tedavi yönteminin diğer yöntemden daha etkin olup olmadığı ya da cerrahi bir müdahalenin

ilaç kullanımından daha etkin sonuç verip vermeyeceği gibi sınıflandırmalar yaparak verilerin işlenmesini kolaylaştırır (Winkler, 2001).

Bayes Teoremi bazı temel prensipleri kabul eder. Bunlardan en önemlisi olasılık prensibidir. Teoreme göre, gözlemlenen veriler değerlendirilirken ortaya çıkması muhtemel olan ancak ortaya çıkmayan tüm ihtimaller elenir, sadece gerçekten ortaya çıkan ihtimaller değerlendirmeye tabi tutulur (Winkler,2001). Bu sayede karmaşık sistemlerin değerlendirilmesi daha kolay hale gelir ve çalışmayı yapan uzmanlara gerçek verilerin daha iyi analiz edilmesi imkanı doğar.

Bayes Ağları oluşturulurken olasılık değerlerinin tespit edilmesinde uzman görüşlerine başvurulmaktadır. Bayes modelinde kullanılan koşullu olasılık değerlerinin belirlenmesinde, tahmine dayalı çıkarımlar yapılmasında, model içerisinde güncellemeler yapılmasında ve göze alınmayacak değişkenlerin belirlenmesinde hep uzman bilgi birikimleri ve tecrübelerine dayalı bir yapı vardır (Trucco ve diğ., 2008).

Bayes yaklaşımında model oluşturulması sırasında ve ağ yapısının düzenlenmesinde, ilk olarak nesnel veriler değerlendirilebilir hale getirilmekte ve daha sonra kullanılmaktadır. Bununla birlikte nesnel verilerin elde edilemediği durumlarda veya anlamlı veri setlerinin oluşturulamadığı durumlarda bu verilerin yerine uzman görüşlerinin ve ortak yargılarının kullanılabilmesi Bayes Ağları'nın önemli bir artısıdır (Jones ve diğ, 2010).

Bayes Ağları'nın bir diğer avantajı ise eksik veri bulunan durumlarda bayes modelinin çalışabilmesidir. Veri kümesinde herhangi bir eksiklik olması durumunda değişkenlerin olasılık değerleri birleştirilerek ya da toplanarak sorun giderilebilmektedir. Topçu ve Kışioğlu'nun çalışmalarında belirttikleri gibi Bayes Ağları nedensel ilişkileri inceleyerek sorun ve çözüm yollarını tahmin etmede araştırmacılara kolaylık sağlanmaktadır (2008).

Benzer şekilde, ağ yapılanmasının kolayca geliştirilebilmesi, oluşturulan modelde değişim yapılabilmesi ve yeni değişken ekleme kolaylığı da Bayes Ağları'nın önemli avantajlarından birini teşkil etmektedir (Kim ve Park, 2008).

Grafik gösterime sahip olması, değişkenler arası ilişkiler ve değişkenlerin olasılık değerlerini görsel olarak ifade ediyor olması, Bayes Ağları'na kolay anlaşılabilirlik ve değerlendirmede pratiklik sağlaması açısından büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Bayes Ağları bu görselliği sağlarken aynı zamanda kişisel uzman görüşlerini ve objektif bilgileri bir arada değerlendirmeye de imkan sağlamaktadır.

Objektif verilerin yetersiz kaldığı durumlarda, uzman görüş desteğiyle, eksik verilerin anlamlı hale getirilmesinde avantaj yaratmaktadır (Poku, 2008). Yine aynı çalışmada belirtildiği üzere, Bayes Ağları ne olur (what-if) analizlerine imkan sağlayarak duyarlılık analizlerine, ya da tamamlayıcı analizlerin yapılmasına fırsat sağlamaktadır.

3.10 Bayes Ağlarının Dezavantajları

Önceki bölümde gözden geçirilen avantajlarının yanında Bayes Ağlarının birtakım olumsuz yönleri ve kısıtlı yönleri de mevcuttur. Bu kısıtlardan ilki Bayes Ağ modelinin onu ortaya çıkaran araştırmacıların uzmanlık seviyelerine doğrudan bağlı olmasıdır. Çünkü Bayes Ağı bir model olarak uzmanların gerçek sistemi analiz etme ve bazı grafiksel tekniklerle anlaşılır hale getirme çalışmasıdır. Bu açıdan bakıldığında yanlış ya da doğru bir Bayes Ağ modelinden bahsedilemez ancak üst düzey uzmanlık seviyesine sahip profesyoneller tarafından hazırlanmış gerçek duruma en yakın modelden bahsedilebilir (Poku, 2008).

Bayes Ağları oluşturulurken karşılaşılan kısıtlardan bir tanesi de ön kabullerin ya da model oluşturulmadan önce ortaya konan varsayımların bayesyen olasılık çıkarım süreci üzerindeki etkisidir. Bayes Ağları'nı diğer yöntemlere göre oldukça kullanışlı kılan ve uygulamada büyük kolaylıklar sağlayan ön kabul ve varsayımlar, öncül bilgileri inceleyip bu kabulleri gerçekleştiren uzman kişi ya da kişilerin iyimser ya da kötümser beklentilerinden doğrudan etkilenmektedirler. Özellikle yeterli istatistik bilgisine sahip olmayan uzmanlar ile çalışırken koşullu olasılık ifadesinin tam olarak kavranamaması sorun teşkil etmektedir. Bu yüzden istatistiksel çıkarımlar ve verilerin seçilmesi ve işlenmesi süreci, Bayes Ağı çalışmasında elde edilecek sonucu etkilemektedir. Bu süreçte değerlendirilecek olan istatiki bilgilerin elde edilme zorluğu ve doğru şekilde elde edilememe riski de Bayes Ağları'na dair bir diğer olumsuz yönü oluşturmaktadır (Yang ve diğ., 2008).

Aynı şekilde, Bayes Ağı oluşturulurken kullanılacak olan koşullu olasılık tablosu için gerekli verilerin toplanması ve bu değerlerin çocuk düğümlerde yer alan değişkenler ile ilgili olması gerekmektedir. Bu veriler ışığında oluşturulacak olan Bayes Ağı'nda

düğümler arası yakınsak ya da ıraksak ilişkiler kurulmaktadır. Bu esnada gereksiz düğümlerin elenmesi, ya da hangi düğümlerin birbirlerine bağlanacağına karar verilmesi, değişkenler arasındaki etki diyagramlarının oluşturulması gibi durumlarda, bazı indirgeyici yöntemler kullanılması zorunluluğu da Bayes Ağları'nın kısıtlayıcı yönlerinden birini oluşturmaktadır (Jensen, 2001).

Bayes Ağları oluşturulurken karşılaşılan bir başka zorluk, değişkenler arasındaki etkileşimleri inceleyen ilişkiler matrisinin doldurulması sırasında ortaya çıkmaktadır. Bu matris değişken sayısına göre oldukça büyük ve doldurulması zor bir hal alabilmektedir. Diğer yandan da her bir değişkenin diğerleri üzerinde etkisinin gerçek değerlere uygun şekilde doldurulması, uzmanlar için oldukça zor bir süreç oluşturmaktadır.

Şekil 3.10'da görüldüğü üzere her bir düğümün olasılık tablolarının doldurulması da oldukça zorlayıcı bir süreçtir. Örneğin her bir düğümün en az iki adet var, yok şeklinde alternatif durumu olduğunu varsayarsak düğüm sayısının en az iki katı hatta bazen daha fazla sayıda olasılık değerinin de uzmanlar tarafından değerlendirilmesi gerekliliği, Bayes Ağı oluşturma çalışmasının kompleksitesini oldukça yükseltmektedir (Nadkarni ve Shenoy, 2001).

A	B	C	yap	yapma
dusuk	iyi	var	40	60
dusuk	iyi	yok	45	55
dusuk	orta	var	52	48
dusuk	orta	yok	54	46

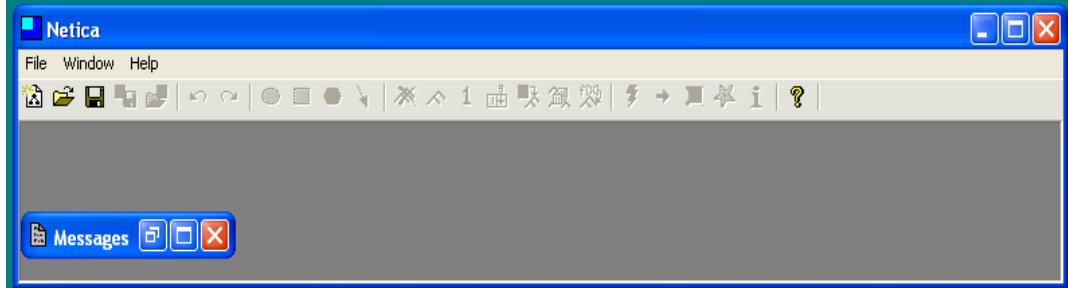
Şekil 3.10 : Koşullu olasılık tablosu örneği.

3.11 Netica Bayes Ağı Modelleme Programı

Netice yazılım paketi; karar ağları, nedensel harita uygulamaları, etki diyagramları ve bayes ağları gibi yöntemler kullanılarak modelleme yapmak için Norsys yazılım firması tarafından geliştirilmiş bir programdır. Programın en güncel versiyonu www.norsys.com adresinden indirilebilir. Netica'nın ücretsiz versiyonu kısıtlı olarak kullanılabildiği gibi profesyonel kullanım için ücretli sürümü de mevcuttur. Netica yazılımı, Bayes Ağları konusuyla detaylı bilgi sahibi olmayan kişilerden, mühendislere ve alanlarında uzman araştırmacılara kadar çeşitli seviyelerde kullanıcılara hitap etmektedir. Bayes Ağları ile ilgili analiz çalışmalarında kullanılan

Netica yazılımı ile ilgili bilgiler üretici firmanın internet sitesindeki kullanım kılavuzu dikkate alınarak kısaca aşağıdaki gibi derlenmeye çalışılmıştır.

Netica programı ilk açıldığında, sınırlı versiyon (limited mode) sekmesi tıklandıktan sonra aşağıdaki ana ekran önümüze gelmektedir.

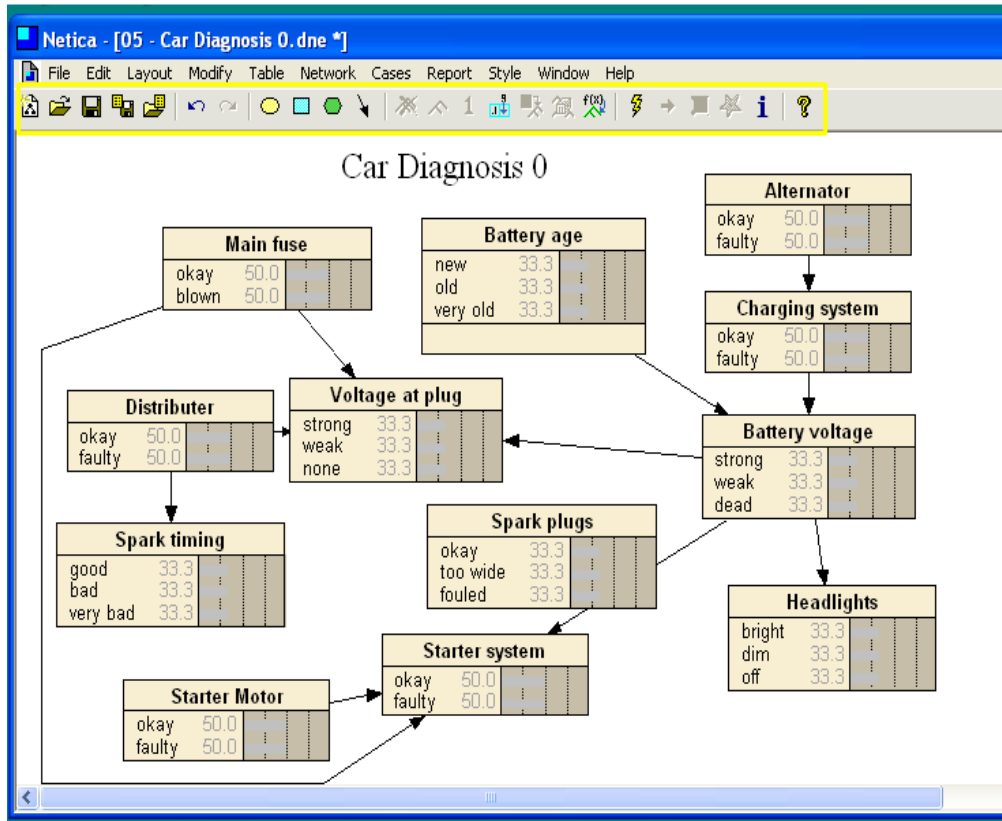


Şekil 3.11 : Netica programı ana ekranı.

Bu ekranda bulunan mesaj sayfası, program kullanılırken kullanıcın gerçekleştirdiği tüm işlemlere ait kayıtları tutar. Programın sonucunda elde edilen sonuçlar ve işletilirken karşılaşılan sorunlar bu sayfada görülebilir.

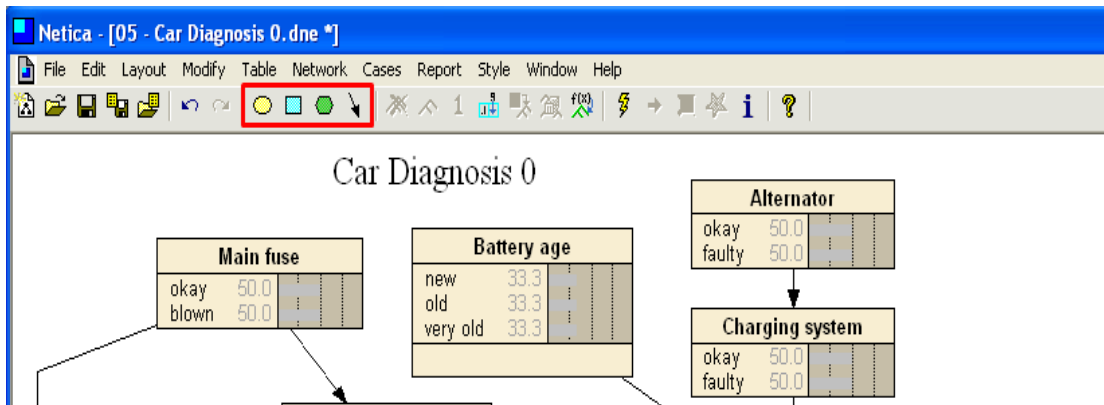
Yazılımın ana ekranında pasif olarak görünen alanlar herhangi bir modelin açılması ile birlikte kullanılabilir hale gelmektedir. Netica yazılım paketi içinde, ilk kez bu bilgisayar programını kullanacak kişiler için açıklayıcı bilgiler ve örnek modeller yer almaktadır.

Netica dosyası içinde yer alan örnek uygulamalar ve farklı yapılaraya sahip bayes ağları incelenerek programın özellikleri ve neler yapabileceği hakkında daha detaylı bilgiye sahip olunabilir.



Şekil 3.12 : Netica araç çubuğu ve kısayollar.

Netica’da bayes ağı modelini oluşturmak için düğümler ve düğümlere ait ilişkiler yaratılmalıdır. Bayes ağındaki düğümler, kurulan modele ait değişkenleri temsil eder. Yeni bir ağ sayfası açılarak aktif hale getirilen araç çubuğu kısmında Şekil 3.13’de gösterildiği gibi farklı düğüm tipleri yer almaktadır. Bu simgelerin hemen yanında ise, düğümler arasındaki ilişkiyi gösterebilmek için kullanılan ok işareti bulunmaktadır.



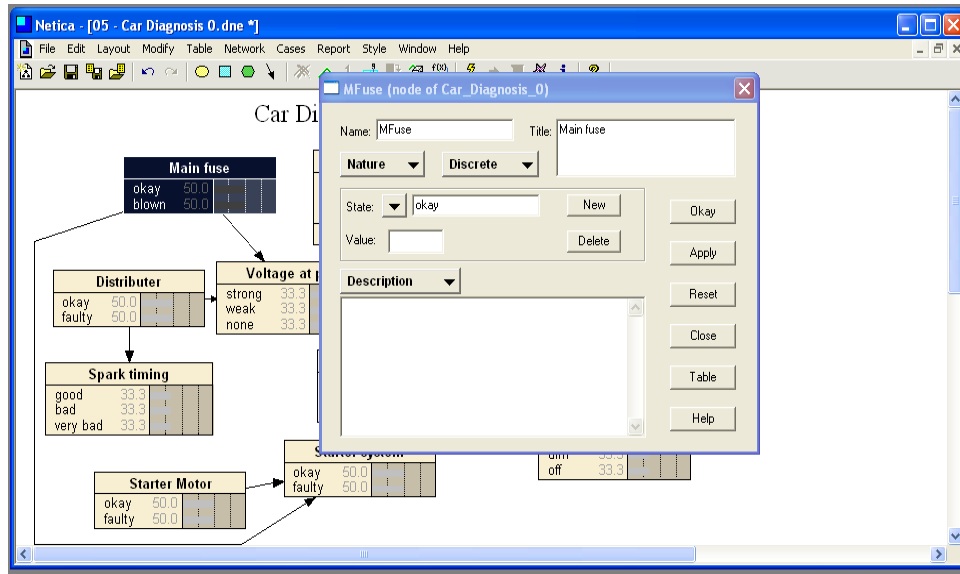
Şekil 3.13 : Netica’da düğüm ikonları ve ilişki oku.

Netica kullanılan düğüm tipleri şu şekildedir:

- Nedensel düğüm (doğal düğüm): Standart değişkenleri temsil eden düğümlerdir, genel amaçla kullanılmaktadır.
- Fayda Düğümü: Genellikle karar ağlarında kullanılan bu düğüm, belirli çıktıların fayda değerlerini gösteren düğümdür. Karar düğümü olmadan kullanılamaz.
- Karar Düğümü: Bazı kararların faydasını gösteren düğümlerdir. Bu yüzden fayda düğümü olmadan kullanılamaz.

Bayes Ağları'nda genel olarak doğal durumlar ya da diğer adıyla nedensel düğümler kullanılmaktadır. Düğümlerden herhangi birini boş çalışma sayfasına eklemek için önce istenilen düğümün ikonuna basılır, daha sonra boş sayfada rasgele basılarak düğüm elde edilir. Seri olarak düğümler eklenmek istenirse, ilgili düğümün ikonu çift tıklanarak boş sayfa üzerinde tıklamalar ile istenildiği kadar düğüm üretilebilir. Düğümler arasındaki ilişkileri belirlemek için de ok ikonuna basılarak ilişki oku oluşturulur.

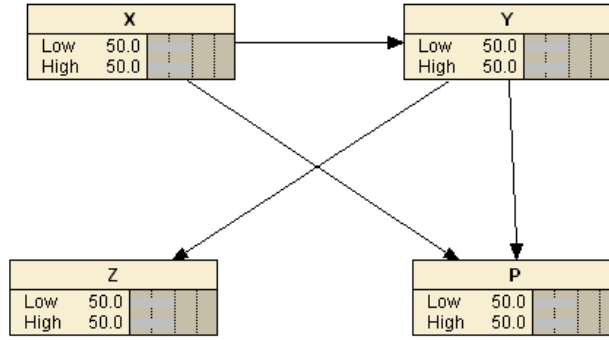
Düğüm ekleme ve düğümler arası ilişkilerin oluşturulması yukardaki anlatıldığı gibi araç çubuğundaki ikonlar ile yapılır. Her bir düğüme ait özellikleri modele girmek için de, ilgili düğüme çift tıklama yapılarak düğümün özelliklerini gösteren pencere açılır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 : Düğüm özelliklerinin eklendiği ekran.

Neticada düğüm bilgileri girilirken yalnızca İngilizce karakterler kullanılabilir. Düğümün adı “name” bölümüne girilir. Eğer ekranda değişkene ait bir tanım gösterilmesi isteniyorsa “title” kısmına girilir. Bu kısmı doldurmak şart değildir, doldurulmadığı takdirde boş olarak kalacaktır. Name bölümünün altındaki ikondan düğümün çeşidi seçilebilir. Yanındaki sekmeden ise düğümün kesikli mi sürekli olduğu seçilebilir. Bayes ağlarının yapısı gereği tüm düğümler kesikli olmak zorundadır. State bölümünde düğüme ait durumlar belirlenirken description kısmında gerekli görülen açıklamalar ve özellikler eklenebilir.

Düğümmler arası ilişkiler girilip, düğümmlerin özellikleri modele tanıdıldıktan sonraki aşama, ilişkili düğümmlere ait koşullu olasılık tablolarının doldurulmasıdır. Bir örnek üzerinden açıklanacak olursa, aşağıda Şekil 3.15’te basit bir Bayes Ağı resmedilmektedir.



Şekil 3.15 : Basit bir bayes ağı gösterimi.

Bu gösterime göre X ve Y düğümmleri P düğümmlünün ebeveyni konumundadır ve Y düğümmlü aynı zamanda Z düğümmlünün de ebeveyn düğümmlüdür. X, Y, Z, P düğümmleri düşük-yüksek ihtimallerine sahiptir. Bu durumda P düğümmlünün koşullu olasılıklarını içeren şu tablo ortaya çıkar:

X	Y	Low	High
Low	Low	25	75
Low	High	30	70
High	Low	40	60
High	High	20	80

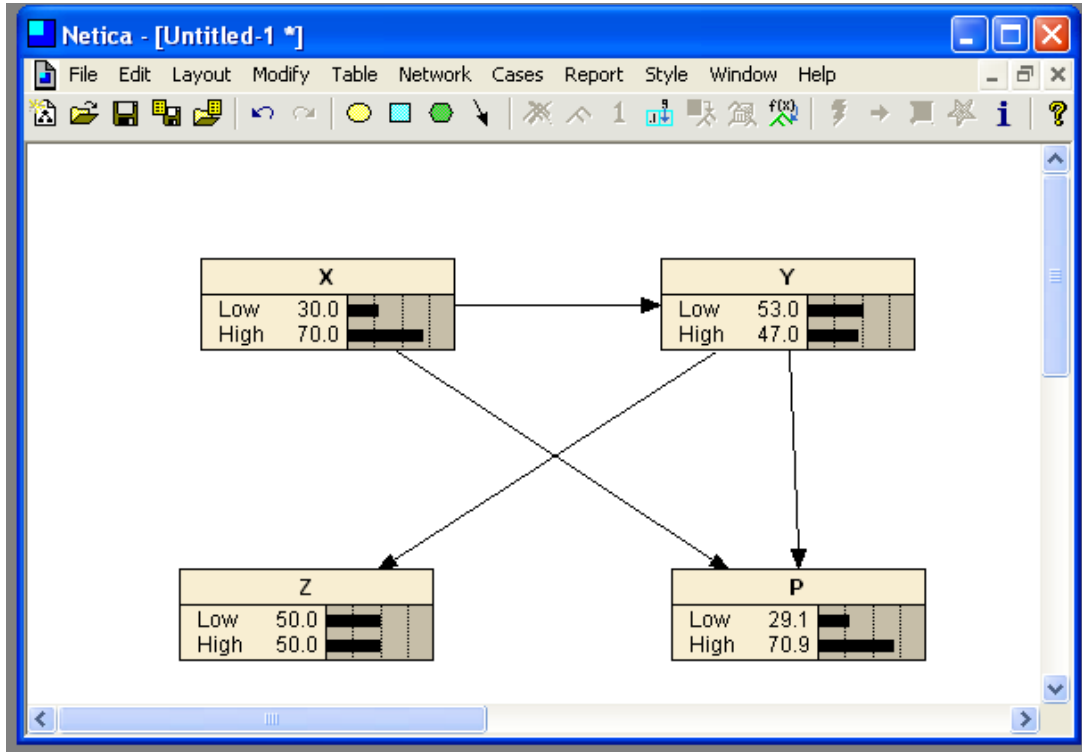
Şekil 3.16 : P düğümüne ait koşullu olasılık çizelgesi.

Bu tabloya göre, P düğümünün X ve Y düğümlerinin düşük ya da yüksek olması durumunda düşük veya yüksek özellik göstermesi olasılıkları gösterilmektedir. X ve Y düğümleri her ikisi de düşük özelliğe sahip olduğunda P düğümü de %25 düşük, %75 yüksek özellik göstermektedir. Değişkene ait diğer durumlara ait bilgiler de aynı şekilde tablodan çıkartılabilir.

Bir düğümün olasılık tabloları düğüme çift tıkladıktan sonra açılan ekranda table ikonuyla görüntülenebilir. Ya da düğüm seçildikten sonra  ikonu kullanılarak olasılık tablosu görüntülenebilir. Netica’da olasılık değerleri girilirken her bir satırın toplamının 1 olmasına ya da toplam olasılık değerinin %100’e eşit olmasına dikkat edilmelidir. Bu tablolar tüm düğümler için doldurulduktan sonra model işlemeye hazır hale gelmektedir. Senaryo analizi sırasında herhangi bir değişkenin gerçekleştiği bilgisi modele girilmek istenirse, o değişkenin olasılık tablosunda bu olasılık %100 ya da 1 olarak girilir.

Tüm olasılık tablolarında değerler girildikten sonra modeli çalıştırmak için, “network” menüsünden “compile” seçeneği seçilir ve işlem yapılır.

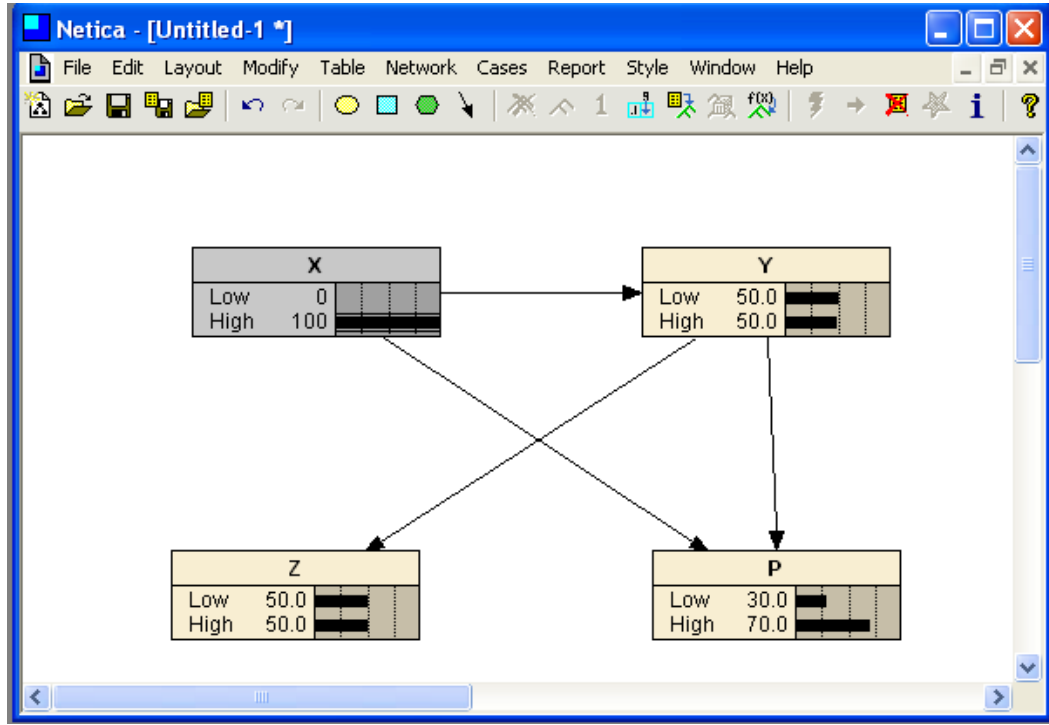
Programın tüm tabloları oluşturulduktan sonra, senaryo analizine ait bir örnek yapılacaktır. Daha önce örnek olarak verilen basit bir bayes ağının olasılık değerlerinin Şekil 3.17’deki gibi gerçekleştiği varsayalım.



Şekil 3.17 : Basit bir bayes ağının olasılık değerleri.

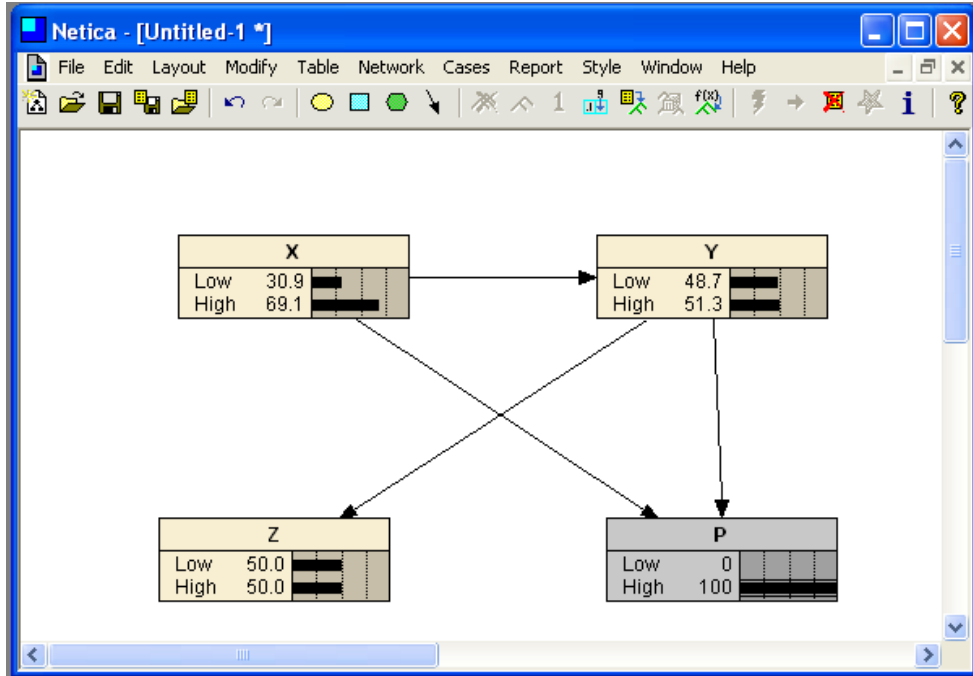
Bu tabloda X düğümünün “low” olma ihtimali %30 ve “high” olma ihtimali %70 iken diğer düğümlerin olasılıkları şekildeki gibi yer almaktadır. X düğümünün high olma durumunu %100 olarak belirler ve modele girersek, bu senaryo altında Y, Z ve P düğümlerinin olasılık değerlerindeki değişimler şu şekilde ortaya çıkmaktadır.

Y düğümünün low ya da high olma olasılığı eşitken sonuç düğümünü oluşturan P düğümü %30 low, %70 high çıkarken, Z düğümü de %50 low, %50 high olarak netice vermektedir.



Şekil 3.18: Basit bir bayes ağının olasılık değerleri.

Çocuk düğümlerde yapılacak bir kabul sayesinde de, ebeveyn düğümlerin o düğümler üzerinde ne kadar etkisi olduğu analiz edilebilmektedir.



Şekil 3.19: Basit bir bayes ağının olasılık değerleri.

Örneğin, P düğümünün high olma olasılığı %100 olarak kabul edilirse, X %30,9 olasılıkla low ve %69,1 ihtimalle high değerini almaktadır. Bu ve buna benzer değişik uygulamalar, tüm olasılık tabloları ayarlanmış, işlenmeye hazır modellerde denenerek, senaryo analizleri yapılabilir.

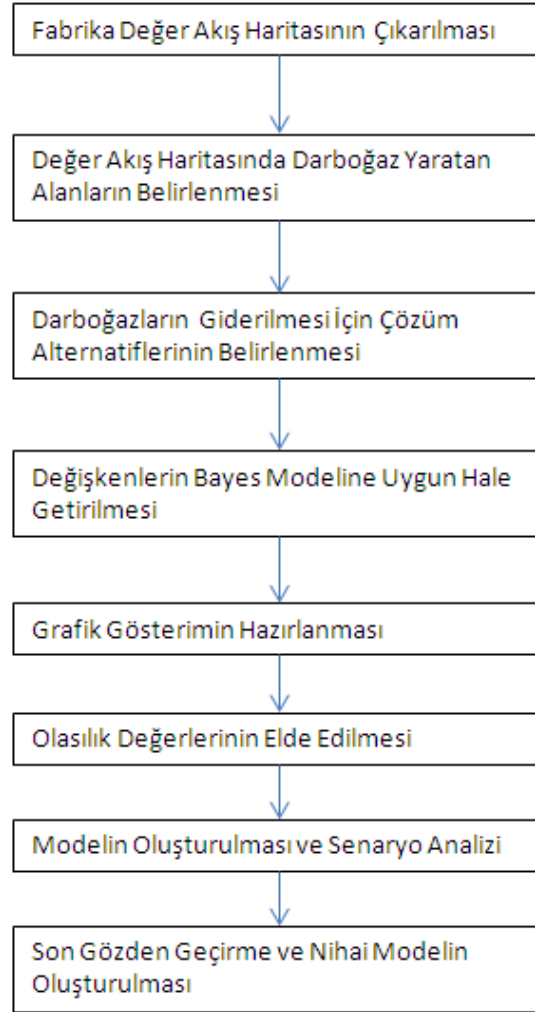
4. UYGULAMA

Bu tez çalışması kapsamında, beyaz eşya üretimi sektöründe faaliyet gösteren bir fabrikada, değer akış haritalama tekniği kullanılarak belirlenen darboğaz noktaların çözüm alternatifleri üzerine bir senaryo analizi çalışması yapılmıştır. Son yıllarda piyasalarda gelişen rekabet koşulları firmaları daha verimli üretim yapmaya en basit şekilde ifade etmek gerekirse daha az girdiyle daha çok çıktı almaya sevk etmektedir. Bu sebeple verimli üretim, üretim kayıplarının en aza indirgenmesi ve kaynakların etkin kullanılması çok önemli hale gelmiştir.

Bu çalışmada bir çamaşır makinesi fabrikasında üretimde ortaya çıkan sorunları ve fabrika içi işleyişte sıkıntılı noktaları tespit etmek için değer akış haritalama tekniğinden faydalanılmış ve darboğaz yaratan alanlar tespit edilmiştir. Bu alanlar belirlendikten sonra, buralardaki problemleri ortadan kaldırabilmek, darboğaz oluşmasını engellemek için çözüm alternatifleri araştırılmıştır. Daha sonra bu çözüm alternatifleri, Bayes Ağları ile modellenerek çeşitli senaryolar oluşturulmuştur. Bu senaryo analizleri ile uygulanacak farklı çözüm yöntemlerinin fabrika kaynakları üzerindeki etkisi incelenirken çözüm alternatiflerinin birbirleri arasındaki ilişkiler de analiz edilmiştir.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen temel aşamalar aşağıda Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Kısaca değinmek gerekirse, çalışmanın ilk adımında çamaşır makinesi fabrikasında değer akış haritası çıkarılmış ve bu haritada darboğaz olarak değerlendirilebilecek alanlar belirlenmiştir. Bu noktalara çalışmaya konu oluşturan alanlar olarak belirlenmiştir. Daha sonra, konu hakkında bilgi sahibi uzmanlar ile görüşülerek, darboğaz proseslerin geliştirilebilmesi ve bu noktalarda yaşanan problemlerin önüne geçilebilmesi için alınabilecek önlemler ve çözüm yolları belirlenmiştir. Sonraki aşamada bu çözüm alternatifleri yeniden değerlendirilerek bayes ağlarında işlenebilecek hale getirilmiş ve bayes ağlarının niteliksel kısmını oluşturan grafik gösterimi yapılmıştır. Bu grafik gösterim temel alınarak, yine konu

hakkında bilgi sahibi uzmanlar ile görüşmeler yapılarak olasılık değerleri çıkarılmış ve senaryo analizi için uygun hale getirilmiştir. Daha sonra farklı durum şartları için senaryolar üretilerek analizler yapılmıştır ve çözüm alternatiflerinin sorunların çözümü üzerinde etkileriyle birbirleri arasındaki etkiler de araştırılmıştır. En son basamak olarak yine uzmanlar ile yapılan son görüşmelere neticesinde senaryo analizleri sonucunda elde edilen bilgiler paylaşılmış, nihai model oluşturularak sonuçlar ve öneriler kısmına geçilmiştir.



Şekil 4.1 : Bayes Ağı oluşturulurken gerçekleştirilen aşamalar.

Bayes Ağı yönteminin, hem nicel hem de nitel yanı olan bir modelleme tekniği olduğundan daha önceki bölümlerde bahsedilmişti. Modelin nitel kısmını oluşturan ilk bölümde, konu ile ilgili araştırmalar yapılarak temel grafik model oluşturulmuştur. Daha sonra uzman kişiler ile yapılan görüşmeler ve anket çalışmaları sonucunda model içerisindeki düğümleri oluşturan değişkenler arasındaki ilişkiler belirlenmiş ve model gözden geçirilerek iyileştirilmiştir. Sonraki aşama olan

nicel modelleme kısmında ise değişkenler arasındaki koşullu olasılıkların toplanması için anketler hazırlanmış ve uzmanlar tarafından doldurulmuştur. Anketlerden çıkan veriler literatürde yer alan veriler ışığında gözden geçirilmiş, modele uygun hale gelecek şekilde yeniden düzenlenmiş ve iyileştirmeler yapılarak son hale getirilmiştir. Bayes Ağı oluşturmak için gerekli olan grafiksel modelin oluşturulması amacıyla ilk olarak problem belirlenmiş daha sonra bu probleme dair çözüm alternatifleri ve bu alternatifleri etkileyecek kaynaklar detaylı şekilde incelenerek grafiksel model oluşturulmuştur. Bundan sonraki aşamalarda bu süreç detaylı şekilde yer almaktadır.

4.1 Problemin Belirlenmesi / Problemin İlgili Alanı

Bu çalışmada bir çamaşır makinesi fabrikasında darboğaz yaratan süreçlere uygulanacak çözüm alternatiflerinin senaryo analizi ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu sebepten ötürü, ilk olarak çamaşır makinesi fabrikasında yer alan tüm süreçler incelenmiş ve çalışmanın yapılacağı sistem makro düzeyde tanıtılmaya çalışılmıştır.

Çamaşır makinesi fabrikası bir bütün olarak ele alındığında üç ana birimden meydana geldiği görülmektedir. Bunlar üretim de yer alan sıraya göre şu şekilde sıralanabilir:

- Ön üretim
- Montaj
- Paketleme

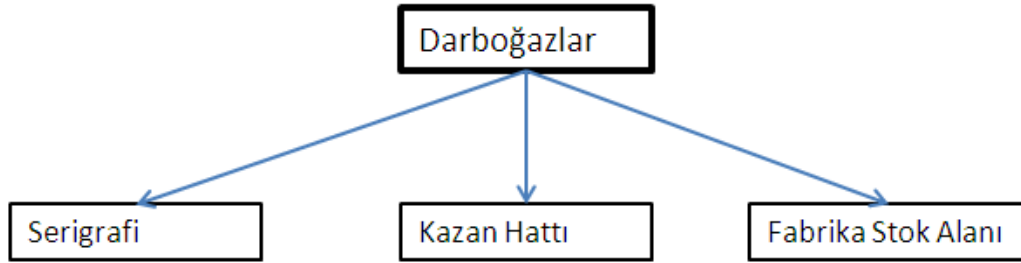
Daha önce değer akış haritalama bölümünde bahsedildiği gibi ön üretim bölümü, iki tip pres hattı, tambur hattı, gövde hattı ve kazan üretim hattından oluşmaktadır.

Montaj, iki adet montaj hattından kuruludur ve bunlar A ve B hatları olarak adlandırılmıştır. Son montaj olarak da isimlendirilen paketleme hattı da hemen montaj hattının devamında çalışmaktadır.

Fabrikayı oluşturan bu ana bölümlerin çevrim süreleri değer akış haritası üzerinde yapılan çalışmalar ile incelenerek ve uzman mühendisler ile toplantılar yapılarak darboğaz süreçler tanımlanmaya çalışılmıştır. Önceki bölümlerde de aktarıldığı gibi değer akış haritasında en yüksek çevrim süresine sahip olan kazan üretim hattı ve serigrafi departmanı fabrikanın en sorunlu bölümleri olarak tespit edilmiştir. Bu alanların diğer bölümlerden daha yüksek çevrim sürelerine sahip olmaları sebebiyle

kritik noktalar olarak değerlendirilmektedirler. Bu çalışma kapsamında da ele alınacak alanlar serigrafi üretim alanı ve kazan enjeksiyon hatlarıdır.

Bu iki bölüme ek olarak ise, değer akış haritasında direk olarak resmedilmeyen, ancak uzmanlar ile yapılan toplantılarda sürekli bahsedilen ve fabrikanın temel unsurlarından birini oluşturan stok alanı problemi ya da daha genel manada ifade edilmek istenirse fabrika alanı problemi de değer akış haritasının incelenmesi sonucunda darboğaz olarak kabul edilecek ve değerlendirmeye alınacaktır. Fabrika alanı probleminin de darboğaz proseslere dahil edilmesinin temel nedeni, alan kısıtının aslında diğer süreçleri de olumsuz etkilediği ve istenilen iyileştirmelerin yapılmasına mani olduğu gerçeğidir. Ekler kısmında fabrikaya ait değer akış haritası verilmiştir.



Şekil 4.2 : Fabrikada darboğaz oluşturan süreçler.

Genel olarak, değer akışı haritası üzerinde yapılan incelemeler ve üretimde çalışan uzmanların fikirleri bir arada değerlendirildiğinde serigrafi alanı, kazan enjeksiyon hattı ve fabrika stok alanı yetersizliği bu çalışmada ele alınan üç darboğaz süreci oluşturmaktadır. Bayes Ağı oluşturma sürecinde değerlendirilecek olan çözüm alternatifleri bu üç sürecin çözümüne yönelik olacaktır.

Özetlemek gerekirse, bu çalışmada mevcut durum değer akış haritasından gelecek durum değer akış haritasına geçişte, bayes yöntemi ile senaryo çözümleri uygulanacak ve darboğaz noktalar olan serigrafi, kazan ve fabrika stok alanı problemlerinin çözümünü etkileyen kriterler ve bu çözüm yollarını etkileyen kaynaklar değişik koşullar altında incelenecektir.

Serigrafi alanı çamaşır makinelerinde yer alan kontrol panosu üzerine gerekli baskıların yapılması ve de gösterge camlarının kontrol panosuna kaynaklanmasının yapıldığı bölümdür. Bu bölümde 4 adet çok renkli baskı makinası, 2 adet tek renk baskı makinası ve 2 adet de kaynak makinası bulunmaktadır. Toplam 250'ye yakın

farklı tipin üretildiği kısımda, bu ürün aileleri yaklaşık 10 grup altında toplanmıştır. Her makinenin birer operatörünün bulunduğu kısımda, her vardiyada 3 adet tip değişimlerinden sorumlu olan hazırlık operatorü ve destek elemanları bulunmaktadır. Tedarikçilerden ham şekilde alınan panolar fabrika da belirli alanlarda stoklanmaktadır ve üretim planına göre iç lojistik elemanları tarafından serigrafi üretim alanına getirilmektedir. Yine iç lojistik elemanları tarafından ara bekleme alanında depolanmaktadır.

Montaj sırası gelen serigrafi pano daha sonra üretime verilmektedir. Serigrafi alanı, prosesi çok karışık olmasa da, hazırlık sürelerinin uzun olması, üretim kayıplarının fazla olması, kalite kaynaklı problemlerin en sık yaşandığı bölümlerden birisi olması itibariyle, fabrikada kapasite problemi yaşanan alanların başında gelmektedir. Fabrika planlarında, üst yönetim tarafından kısa vadede, öncelikli olarak çözüme kavuşturulmak istenmektedir.

Çizelge 4.1 : Serigrafi alanındaki ana makinelerin VSM tablosu.

POT	430	Min.	POT	430	Min.
c/t	28	s/pcs	c/t	68	s/pcs
C/O	15	min	C/O	25	min
Lot size		Pcs.	Lot size		Pcs.
# of Variants	F02	Unit	# of Variants		Unit
OEE	55	%	OEE	73	%
# of cells	3	pcs	# of cells	3	pcs
Dağılım	%50 F02		Dağılım	%50 F02	
c/o loss	%15	pcs	c/o loss	%17	pcs

Serigrafi alanı ile ilgili olarak fabrika değer akışındaki bilgi tabloları incelendiğinde, makinelerin toplam ekipman verimliliği (OEE, Overal Equipment Efficiency) değerlerinin düşük olduğu, toplam ortalama çevrim sürelerinin ise 16 saniye olduğu ortaya çıkmaktadır. Fabrikanın çevrim süresinin 14,5 saniye olduğu bilindiğine göre bu alanda çevrim süresini tutturma ve kapasiteyi karşılama açısından yetersizlik olduğu ortaya çıkmaktadır.

Serigrafi darboğaz problemini tetikleyen bir başka unsur da, devreye alınması planlanan yeni platformlar ile birlikte artması beklenen tip sayısıdır. Tip sayısının artması hazırlık sürelerinin ve hazırlık adedinin artmasına sebep olacaktır ve bu durumda zaten düşük olan serigrafi makina verimliliğinin daha da düşmesine sebep olacaktır. Yeni projeler devreye alındıkça serigrafi kapasitesinin üretime cevap verebilme olasılığı iyice düşmektedir ve mevcut darboğazın daha ciddi boyutlara geleceği beklentisi hakimdir. Yeni projeler ile birlikte fabrika kapasitesinde yaklaşık %3'lük bir artışla vardiyalık üretim kapasitesinin 900 adete çıkarılması planlanmaktadır. Bu durumda serigrafi alanındaki problemlerin bir an önce aşılması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır.

Kazan üretim hattı 4 adet enjeksiyon makinesinden ve bu makinelere uygun harmanda hammadde sağlayan silodan ibaret oluşmaktadır. Bu kısımda her vardiyada her bir makinenin 1 operatörü vardır ve bu operatörlere destek olması, dolaylı işleri ve hazırlık işlemlerini gerçekleştirmesi ve istenmeyen durumlarda devreye girmesi için 1 adet eleman daha bulunmaktadır. Enjeksiyon makinelerinde 14 farklı tipte kazan üretimi söz konusudur.

Kazan üretim süreci siloya enjeksiyon hammaddesinin doldurulmasıyla başlar ve enjeksiyon makinelerinde kazanların basılıp lojistik elemanları tarafından depo stok alanında depolanmasıyla son bulur. Kazan enjeksiyon makineleri genel olarak üretim planına bağlı olarak çalışırlar ancak, üretim kapasitesi fabrika üretimi ile kıyaslandığında yetersiz olduğu için ekstra bir durum gerçekleşmediği takdirde 3 vardiya çalışmaktadır. Bu durumda fabrika açısından bir darboğaz oluşturmakta ve özellikle fabrikanın tamamının 3 vardiya çalıştığı yüksek sezonda kazan üretim hatları ihtiyaca çok zor cevap verir hale gelmektedir.

Kazan enjeksiyon hattı ile ilgili bir diğer problem de üretim kapasite kısıtı bulunduğu için stoklu üretim yapması ve dolayısıyla stok alanı problemini ortaya çıkarmasıdır. Normal şartlar altında üretimi yapılan kazanlar 8 saatlik bekleme süresini geçirmek için dinamik kazan raflarında stoklanmakta ve üretim planına göre montaj hatlarına verilmektedir. Ancak kapasitenin yetersiz kaldığı durumlarda fazladan stok yapma ihtiyacı doğmakta ve bu da fabrika içinde tanımsız alanlara stoklama yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu durum aynı zamanda fabrika stok alanı darboğazını da tetiklemektedir.

Kazan enjeksiyon makinelerinin değer akış haritasında Çizelge 4.2'deki gibi yer alan bilgi tablosu incelendiğinde, 4 makinenin toplam çevrim süresinin 90 saniye olduğu ve makine başı ortalama çevrim süresinin 22,5 saniye olduğu net bir şekilde görölmektedir. İlerleyen zamanlarda yeni platformların devreye alınması ile birlikte kapasitede yapılacak artışla birlikte, mevcut üretim koşulları altında ihtiyacı karşılaması çok zor görönmektedir ve acilen çözüm yollarının araştırılması gerekmektedir.

Çizelge 4.2 : Kazan enjeksiyon makineleri bilgi tablosu.

Kazan Hattı		
POT	1200	Min.
c/t	90	s/pcs
C/O	10	min
Lot size	1600	Pcs.
# of Variants	6	Unit
OEE	95	%
# of Eq.	4	pcs

Çamaşır makinesi fabrikasında uzmanlar ile yapılan görüşmeler sonucunda ele alınmasına karar verilen üçüncü darboğaz konusu ise fabrikadaki alan problemi yani fabrika alanı yetersizliğidir. Fabrika 19000 metrekare kapalı alan üzerine kurulmuştur ve hurdalık, boş sepet depolama ve geri dönüşümlü ambalaj depolaması hariç tüm faaliyetlerini bu kapalı alanda yürütmektedir. Geçmiş yıllarda fabrika alanı üretim ekipmanları, ambarlar ve diğer gerekli sistemler için yeterli durumdayken, son yıllarda yapılan yatırımlar, kurulan yeni platformlar ve artan üretim hacmi ve stoklama miktarlarıyla yetersiz hale gelmiştir.

Fabrika alanı içinde kullanılabilir alan miktarı 956 metrakareye kadar düşmüştür ve bu alan da tek parça değildir, birkaç farklı lokasyonda bulunmaktadır. Özellikle, yeni projeler ile birlikte üretim hacminin artacağı ve daha fazla stoklama alanına ihtiyaç duyulacağı ve yeni makina yatırımlarıyla daha fazla üretim alanına ihtiyaç duyulacak olması sebebiyle, fabrika alan kısıt şirket için çok önemli bir darboğaz niteliğindedir çözüm bekleyen konuların başında gelmektedir. Değer akış haritaları çizilirken

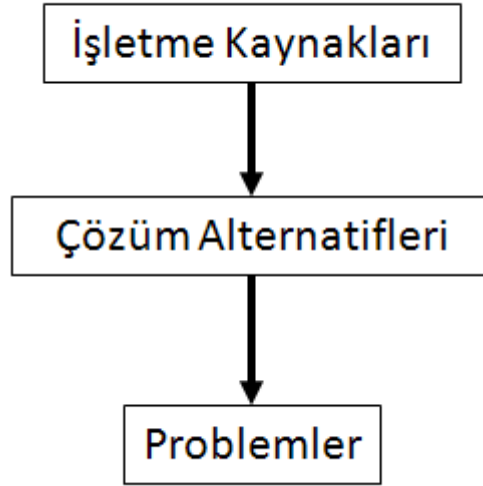
darboğaz gösterimlerde özellikle üzerinde durulan konulardan biri de fabrika stok alanı probleminin ortadan kaldırılmasıdır.

4.2 Nitel Modelin Oluşturulması

Çalışmanın genel doğrultusu, değer akış haritalama yöntemiyle tespit edilen fabrika darboğazlarını mevcut problemler olarak ele alarak Bayes Ağları metodunu kullanarak farklı çözüm yolları üzerinde senaryolar üretmektir. Bu bağlamda çalışırken de bir nevi yol haritası olarak düşünülebilecek ve ileride kurulacak olan Bayes ağ modeline genel hatlarıyla temel oluşturacak bir öncül model oluşturulması gerekmektedir. Netica programına uygun şekilde verilerin girişini sağlayacak olan bu ön model konu ile ilgili ele alınacak tüm kavramları ana başlıklar halinde içermektedir.

Bayes Ağı modelinde, üzerinde çalışılacak olan problemler modelin en alt basamağını oluşturmaktadır. Bir önceki bölümde de bahsedildiği gibi, fabrikada tespit edilen serigrafi, kazan üretim ve fabrika stok alanı darboğazları bu en alt seviyeyi oluşturmaktadır ve problemler başlığı altında yer alacaklardır. Bu darboğaz probleminin ortadan kaldırılması için başvurulabilecek tüm yöntemler çözüm alternatifleri olarak değerlendirilecektir ve bu seçenekler modelin ikinci seviyesini oluşturacaktır.

Fabrika sistemi içerisinde yer alan ve problem olarak tespit edilmiş darboğazların çözümü için kullanılabilecek tüm kaynaklar da işletme kaynakları başlığı altında değerlendirilecek ve modelin ilk seviyesini oluşturacaktır. Şekil 4.3' de gösterildiği gibi bir ön model oluşturulmuş ve Netica'da da kullanılacak nihai ağ modeline temel oluşturacak şekilde düzenlenmiştir. Bundan sonraki bölümlerde ön modeldeki başlıkların altında yer alan değişkenler detaylı olarak anlatılacak bayes ağı modeline göre gerekli düzenlemeler, eklemeler çıkarmalar yapılacak ve daha sonra da değişkenler arası ilişkiler belirlenerek çalışma devam ettirilecektir.



Şekil 4.3 : Bayes ağı için oluşturulan öncül model.

Kısaca özetlemek gerekirse, modelde ilk olarak işletme kaynaklarıyla çözüm alternatifleri arasındaki ilişki irdelenecektir. Bu adımdan sonra, çözüm alternatiflerinin problem yaratan noktalar üzerinde etkisi incelenecek ve netice olarak problemlerin çözümünde işletme kaynaklarının durumuna ve değişik çözüm alternatiflerine göre farklı senaryolar çalıştırılacaktır.

4.2.1 Verilerin toplanması

Bir önceki bölümde nihai Bayes Ağı modelini oluştururken kullanılacak olan üç kademeli baz model oluşturulmuştur. Bu bölümde de Bayes Ağı'nda düğümleri oluşturacak olan değişkenler bu üç başlık altında incelenecektir. Değişkenler konu hakkında bilgi sahibi uzman kişiler ile yapılan toplantılar, üretim darboğaz problemleri ve çözüm yolları üzerine yapılan literatür araştırmaları sonucunda belirlenmiştir.

İlk olarak modelde ilk seviye değişkenleri oluşturan işletme kaynakları belirlenmiştir. Bunun için ağırlıklı olarak literatür araştırması yapılmış, daha ziyade üretim sektöründe faaliyet gösteren firmaların gibi işletme kaynaklarının neler olabileceği araştırılmıştır. Bir çok farklı kaynaktan genel insan kaynağı, makina-teçhizat, ekonomik güç, bilgi birikimi vesaire gibi paralel bulgular elde edilmiştir (Tanyaş, 1997).

Uzman kişiler ile toplantılar yapılarak, çalışmanın yapılacağı çamaşır makinesi fabrikası için uygun şekilde düzenlenmiştir. Fabrika alanı, fabrika bütçesi, insan kaynağı ve ekipmanlar literatürde yapılan araştırmalar sonucu işletme kaynağı olarak listeye alınmıştır. Bunlara ek olarak uzman tavsiyeleri ve daha derin araştırmalar sonucunda pazar payı, pazar hacmi, kaliteli üretim yapabilme kabiliyeti marka değeri/firma imajı, ar-ge çalışmaları ve işletmenin sahip olduğu kurumsal kültür de işletme kaynağı olarak değerlendirilmek üzere öncül modele dahil edilmiştir.

Fabrikanın kurulu olduğu, üretimle doğrudan ya da dolaylı ilgisi bulunan tüm alan fabrika alanını oluşturmaktadır ve şirket bütçesinde fabrika için ayrılan kısım da bütçeyi ifade etmektedir. Fabrikada çalışan tüm mavi yaka personel insan kaynağını temsil etmektedir. Beyaz yaka insan kaynağı maddesine dahil edilmemiştir. İşletmenin sahip olduğu tüm teçhizat ve makinalar ekipman başlığı altında alınmıştır. Satış hacmini etkileyen pazar payı ve pazar hacmi ile marka değeri ve firma imajı da değişken olarak seçilmiştir. Kaliteli üretim yapabilme kabiliyeti, ar-ge çalışmaları da firmanın yıllardır sahip olduğu konuma gelmesinde yardımcı olmuştur ve kurum kültürüyle birlikte firmanın güç aldığı bir kaynak olarak değişkenler sınıfında değerlendirilmiştir.

Modelde ikinci seviye değişkenler olarak darboğazların çözüm alternatifleri ele alınmaktadır. Bu değişkenler belirlenirken ilk olarak üretimde karşılaşılan sıkıntılar ve çözüm alternatifleri ile, darboğaz çözüm alternatifleri üzerine yapılmış çalışmalar incelenmiş ve bir taslak çalışma hazırlanmıştır. Daha sonra çamaşır makinesi fabrikasında üretimde çalışan konu hakkında bilgi birikimine sahip uzmanlar ile yapılan görüşmeler neticesinde aşağıdaki ana başlıklar altında sıralanmıştır:

- Serigrafisi yapılan parçaların ya da üretilen kazanların dizaynında değişiklik yapılması
- Serigrafisi yapılan parçaların ya da üretilen kazanların malzeme içeriklerinin değiştirilmesi
- Serigrafi işlemi ve kazan üretimi için kullanılan sarf malzemenin değiştirilmesi (boya inceltici gibi)
- Hatalı üretim ve hurda miktarlarını düşürmek için önleyici önlemler alınması
- Daha yüksek kapasiteye sahip/daha teknolojik yeni makine almak
- Kapasite problemi yaşanan bölgelerde performansı yetersiz görülen elemanların daha kalifiye/tecrübeli elemanlar ile değiştirilmesi

- Darboğaz oluşan bölgelerde çalışan elemanlara eğitimler verilerek verimlilik artırılması
- Mevcut darboğaz bölgelerde kapasite artırımı için eleman sayısını artırmak (mavi yaka)
- Darboğaz yaşanan alanlarda üretim prosesinde değişiklikler yapmak
- Kapasitesi yetersiz alanlarda yerleşim düzeninde bazı değişiklikler yaparak kapasite artırma çalışmaları yapmak
- Darboğaz yaşanan alanlarda vardiya artırımına giderek kapasiteyi yükseltmek
- Mevcut makinelerde kabul edilen toplam makine verimliliği (OEE) değerlerinde yükseltme yaparak ve hazırlık sürelerini düşürerek kapasite artırmak
- Beklenen/istenen seviyeden yüksek gerçekleştirilen teknik kalite standartlarında ayarlama yapılarak verimliliğin artırılması ve kapasitenin değiştirilmesi
- Tip sayısının düşürülerek kompleksitenin düşürülmesi ve üretim kapasitesinin artırılması
- İlgili alanlarda darboğaz problemini giderebilmek için bu süreçlerde dışkaynak kullanımı (shop in shop/shop in another place), (ambar faaliyetlerinde de dışkaynak kullanımı dahil)
- Üretim planlamada yeni düzenlemeler yaparak kapasite artırımına gitmek (üretim sabitleme sürelerinde değişikliğe gidilerek haftalık-günlük, lot birleştirme)
- Mevcut malzeme taşıma yöntemlerinde değişikliğe gidilmesi
- Darboğaz yaşanan bölgelerde ve diğer depolama alanlarında farklı stoklama tekniklerinin uygulanması, otomasyonun artırılması
- Mevcut layout içinde düzenlemeler yapılarak yeni depolama alanları belirlenmesi
- Darboğaz yaşanan bölgelerin fabrika layoutundaki yerlerinin yeniden düzenlenerek/değiştirilerek fabrika alanının daha etkin kullanılması
- Malzeme stok seviyesinin düşürülmesi (hammadde)
- Malzeme stok seviyesinin düşürülmesi (yarı mamul için)

En son olarak ise, fabrikada darboğaz olarak belirlenen serigrafî, kazan üretimi ve fabrika alan sıkıntısı değişken olarak belirlenmiştir. Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi bu üç maddenin seçilmesinde hem uzman görüşleri hem de fabrika master planlarında çözüm bekleyen konuların aciliyet derecelerine göre bir belirleme yapılmıştır.

4.2.2 Modelde değişkenler arasındaki ilişkilerinin belirlenmesi

Verilerin incelenmesi ve kavramsal modelin oluşturulması kısmında üç sınıf altında toplanan veriler, işletme kaynakları en üst seviye, darboğaz çözüm alternatifleri ikinci seviye ve problemler üçüncü seviye olacak şekilde düzenlenmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemek için işletme kaynakları ve çözüm alternatifleri bir matris içerisinde, çözüm alternatifleri ve darboğazlar da ikinci bir matris içinde değerlendirilecek şekilde yerleştirilmiştir.

İlk olarak tüm değişkenler arasındaki ilişkiler hakkında fikir sahibi olmak için bu iki matris uzman kişilere doldurtularak, ilişkiler hakkındaki görüşleri alınmıştır.

Matriste yer alan değişkenlere not verilirken, uzmanlara detaylı şekilde anlatıldığı gibi satırdaki değişkenler etkileyen, sütundaki değişkenler etkilenen konumundadır.

Ek B' de hem işletme kaynakları ile çözüm alternatifleri hem de çözüm alternatifleri ile darboğazlar arasındaki ilişkileri ortaya çıkaracak olan matris görülebilmektedir. Bu matrisler 7 farklı kişiye doldurtulmuş ve her bir ilişki için uzmanlara +1,0 ve -1 puan vererek değerlendirme yapmaları istenmiştir. +1 değişkenler arasında olumlu bir etki olduğunu, 0 ilişki olmadığını, -1 ise ters yönlü bir ilişki olduğunu ifade etmektedir. Ekteki kısımda matris hakkında daha detaylı bilgi yer almaktadır. Tüm uzmanlardan görüşleri alındıktan sonra, anket sonuçları mod alma tekniğiyle değerlendirilmiş ve iki değişken arasındaki ilişki incelenirken en çok verilen cevap o ilişkinin türünü belirleyecek şekilde kabul edilmiştir.

Mod alma tekniğinin kullanılabilmesi için anketi dolduran uzman sayısının tek sayıda olmasına dikkat edilmiştir ve anket 7 kişiye doldurtulmuştur. Örneğin bütçenin yeni makina üzerindeki etkisine 4 uzman +1, 2 uzman 0 ve 1 uzman -1 puan verirse, o ilişki +1 olarak değerlendirilir yani, bütçenin yeni makina yatırımına etkisi vardır denir. Bu şekilde tüm değişkenler incelenecek ve aralarındaki ilişkiler belirlenecektir.

Çizelge 4.3'te bir kısmı görülebilen başlangıç düzeyindeki ilişkiler matrisi yeniden gözden geçirilerek oluşturulan matrisin tamamı ekler kısmında sunulmuştur. İşletme kaynakları ile çözüm alternatifleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için 12x12'lük bir matris ve çözüm alternatifleri ile problem yaratan darboğazların ilişkilerinin belirlenebilmesi amacıyla da 10x10'luk bir matris tablosu hazırlanmış daha sonra değişkenler hakkında ve uzmanların görüşüne başvurulmuştur.

Çizelge 4.3 : İlişkiler matrisi başlangıç kısmı.

	İlişkiler Matrisi								
	Serigrafisi yapılan parçaların ya da üretilen kazanların dizaynında değişiklik yapılması	Serigrafisi yapılan parçaların ya da üretilen kazanların malzeme içeriklerinin değiştirilmesi	Serigrafi işlemi ve kazan üretimi için kullanılan sarf malzemenin değiştirilmesi (Boya-inceltici gibi)	Hatalı üretim ve hurda miktarlarını düşürmek için önleyici önlemler alınması	Daha yüksek kapasiteye sahip/Daha teknolojik yeni makine almak	Kapasite problemi yaşanan bölgelerde performansı yetersiz elemanların daha kalifiye elemanlar ile değiştirilmesi	Darboğaz oluşan bölgelerde çalışan elemanlara eğitimler verilerek verimlilik artırılması	Mevcut darboğaz bölgelerde kapasite artırımı için eleman sayısını artırmak (Mavi yaka)	Darboğaz yaşanan alanlarda üretim prosesinde değişiklikler yapmak
Serigrafisi yapılan parçaların ya da üretilen kazanların dizaynında değişiklik yapılması	0								
Serigrafisi yapılan parçaların ya da üretilen kazanların malzeme içeriklerinin değiştirilmesi		0							
Serigrafi işlemi ve kazan üretimi için kullanılan sarf malzemenin değiştirilmesi (Boya-inceltici gibi)			0						
Hatalı üretim ve hurda miktarlarını düşürmek için önleyici önlemler alınması				0					
Daha yüksek kapasiteye sahip/Daha teknolojik yeni makine almak					0				
Kapasite problemi yaşanan bölgelerde performansı yetersiz görülen elemanların daha kalifiye/tecrübeli elemanlar ile değiştirilmesi						0			
Darboğazoluşan bölgelerde çalışan elemanlara eğitimler verilerek verimlilik artırılması							0		
Mevcut darboğaz bölgelerde kapasite artırımı için eleman sayısını artırmak (Mavi yaka)								0	
Darboğaz yaşanan alanlarda üretim prosesinde değişiklikler yapmak									0

İşletme kaynakları kısmında yer alan fabrika alanı, bütçe, insan kaynağı gibi her bir işletme için ortak olarak bahsedilebilecek kaynakların yanında çamaşır makinesi fabrikası uzmanları ile görüşülerek bu fabrikaya özgün, işletmeyi rakip işletmelerden farklı kılan temel değerleri de işletme kaynağı olarak ele alınmıştır.

Kurumsal kültür, kaliteli üretim yapabilme kabiliyeti, ar-ge çalışmaları gibi fark yaratan faktörler değerlendirilmeye dahil edilerek çalışmanın fabrikaya has özel çevre koşulları en iyi şekilde ifade edilmeye çalışılmıştır.

Değişkenler arası ilişkiler belirlenirken, daha doğrusu değişkenlerin neler oldukları belirlenirken ilk planda her bir değişkenin bir kaç kelime ile ifade edilmesi ve matris üzerinde değerlendirme yapacak olan uzmanların kolayca anlayabileceği şekilde hazırlanması gerektiği üzerinde karara varılmıştır. Bu minvalde, işletme kaynakları kısmında ve darboğaz noktalarının sözel olarak ifadesinde belirlenen kriter uygulanmış ve bir kaç kelimelik kısa tanımlamalar ile bu değişkenler anlaşılır şekilde açıklanmıştır. Ancak, çözüm alternatifleri ile ilgili değişkenler üzerinde çalışılırken uzmanlardan alınan geri bildirimler sonucunda bu kriter tam manasıyla dikkate alınmamıştır.

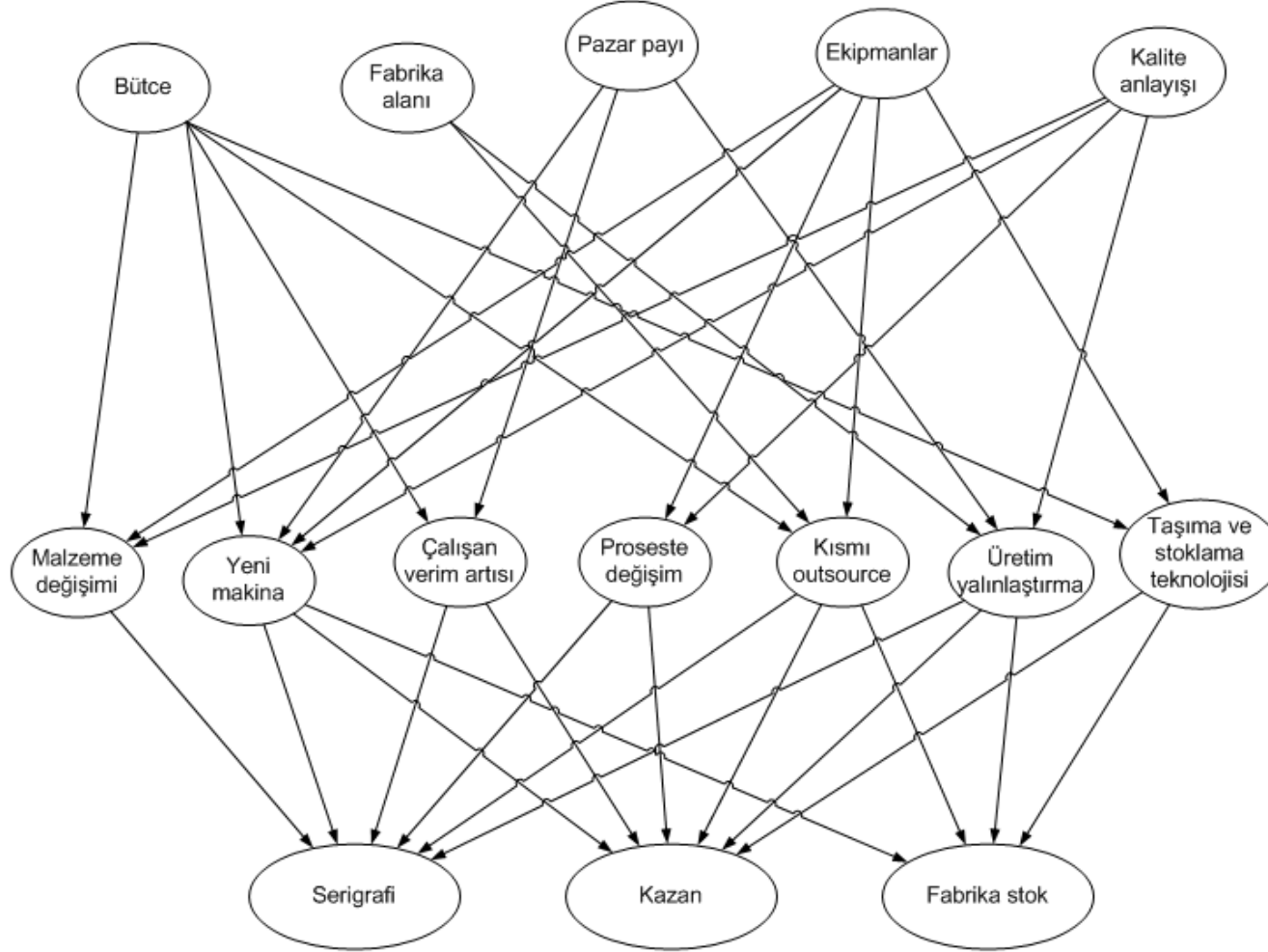
Bir kaç kelimelik kısa tanımlamaların yerine daha uzun ve cümleye yakın şekilde açıklama benzeri ifadelerler çözüm alternatifi değişkenler oluşturulmuştur. Bu sayede hem tüm değişkenlerin uzmanlar tarafından tamamiyle anlaşılabilmesi sağlanmış, hem de ilişkilerin son derece sağlıklı şekilde değerlendirilebilmesi için olası yanlış anlaşılmaların önüne geçilerek uzmanlara yardımcı olunmaya çalışılmıştır. Örneğin ilk dönemlerde uzmanlar ile yapılan görüşmelerde “malzemede değişim” olarak bahsi geçen çözüm alternatifi “serigrafisi yapılan parçaların ya da üretilen kazanların malzeme içeriklerinin değiştirilmesi” ve “Serigrafi işlemi ve kazan üretimi için kullanılan sarf malzemenin değiştirilmesi (boya inceltici gibi)” gibi daha açıklayıcı ve çözümü tüm yönleriyle ifade eden hale getirilmiştir.

Değişkenlerin belirlenmesi ve belirlenen değişkenler arası ilişkilerin belirlenmesi konu ile ilgili önceki çalışmalardan elde edilen çıkarımlara dayanılarak ve uzman görüşleriyle bu çıkarımları birlikte değerlendirerek yapılmıştır.

Bayes Ağı modeli oluşturulduktan sonra, değişkenlerin oluşturduğu düğümlerin olasılık tablolarının oluşturulması hususunda da uzman görüşlerine başvurularak çalışmaya devam edilecektir.

4.2.3 Bayes ağı grafiksel modeli

Bir önceki bölümde detaylı şekilde tanımlanan ilişkiler matrisi, uzmanlar tarafından değerlendirildikten sonra değişkenlerin tanımları ve aralarındaki ilişkiler hakkında detaylı bir analiz yapılmıştır. İlk etapta değişkenler arası ilişkilerin en detaylı şekilde incelenebilmesi için mümkün olduğunca ayrıntılı şekilde bu değişkenler listelenmiş ve aralarındaki ilişki sorgulanmıştır. Daha sonra, Bayes Ağ modelinde değişkenlerin birbirlerinden bağımsız olmaları koşulu da dikkate alınarak, uzmanlar ile bir araya gelerek, paralellik gösterdiği düşünülen değişkenler tek bir çatı altında toplanarak sınıflandırılmış, bazı değişkenler çıkarılarak güncellemeler yapılmış ve değişken sayısı düşürülmüştür. Bayes ağı modelinin en güncel hali ve değişkenlerin nihai ifadeleri Şekil 4.4'te görüldüğü gibi oluşturulmuştur.



Şekil 4.4 : Bayes ağı modeli.

4.3 Bayes Ağ Modelinde Kullanılan Değişkenler

Bayes modelinde kullanılan değişkenler çalışmanın uygulama kısmının en başından beri işletme kaynakları, çözüm alternatifleri ve darboğaz yaratan problemler şeklinde 3 ana başlıkta incelenmiş ve öncül modelde bu şekilde değerlendirilmiştir. Son modelde kullanılmasına karar verilen değişkenler bu kısımda da yine aynı sınıflandırma başlıkları altında değerlendirilecek ve detaylarıyla açıklanacaktır.

4.3.1 İşletme kaynakları değişkenleri

İşletme kaynakları değişkenleri başlığı altında fabrika alanı, bütçe, pazar payı, ekipmanlar ve kalite anlayışı değişkenleri ele alınmıştır. Bu değişkenlere dair kısa açıklamalar aşağıda yer almaktadır.

- *Fabrika alanı:* Fabrikanın üretim yapılan tüm kapalı alanını ve bazı birimlerin bulunduğu dış alanları ifade eder. Fabrika alanında gövde hattı, tambur hattı, kazan enjeksiyon makineler, stoklama alanları, serigrafi, boyahane, montaj hatları, dinlenme alanları, ofisler gibi bütün birimler plan dahilinde yerleştirilmiştir. Fabrikanın en son verilere dayanan güncel kapalı alanı 19000m²'dir. Fabrika alanı değişkeninin olasılıkları, “büyüme” ve “sabit kalma” olarak belirlenmiştir. Büyüme durumu, mevcut alanda yapılacak olan yeni inşaatlar ile alanı genişletme durumunu ifade ederken, sabit kalma durumu, mevcut fabrika alanının korunacağını ifade etmektedir. Bu değişken ele alınırken mevcut alanda bir küçülme olmayacağı düşünülmüştür. İşletmenin kurulu olduğu ve tüm üretim faaliyetlerinin gerçekleştirildiği yer olan fabrika alanı, bir üretim tesisi için en önemli girdilerden biridir ve fabrikada meydana çıkan tüm darboğazların çözümünde bağlayıcılık içeren önemli bir kısıt olduğu için modele eklenmiştir.
- *Bütçe:* Bu değişken fabrikanın tüm yatırım harcamaları, sabit giderler, personel giderleri, enerji maliyetleri gibi tüm kalemleri içinde barındıran genel bütçeyi tanımlamaktadır. Modelde bütçeye ait “yüksek”, “orta” ve “düşük” durumları ele alınmıştır. Burada yüksek olarak değerlendirilen durum darboğazlar üzerinde çözüm faaliyetlerinin gerçekleşeceği dönem için ayrılan bütçenin artacağı, orta durumu mevcut durumla aynı kalacağı, düşük durumu ise bütçe birtakım kesintilere gidilerek tasarruf yapılacağı ve çözüm

alternatiflerinin uygulanabilmesi için daha az kaynak ayrılacağı anlamına gelmektedir. Aynı fabrika alanı gibi, mali güç, ekonomik yetkinlik bir firma için en önemli kaynaklardan biridir. Darboğazların çözümü için uygulanabilecek olan yeni makina yatırımı, outsource yapma, yeni taşıma ve stoklama teknolojilerine yatırım yapma gibi alternatiflerin büyük çoğunluğu ekonomik güçle yapıldığı ve bütçeyi doğrudan etkileyen faaliyetler olduğu için bütçe değişkeni modele eklenmiştir.

- *Pazar payı:* Çamaşır makinesi pazarında fabrikanın üretmiş olduğu markaların sahip olduğu toplam pazar payını ifade etmektedir. Fabrikanın üretmiş olduğu ürünlerin %40'ı yurtiçine, %60'ı da ihraç malı olarak yurtdışına satılmaktadır. Pazar tanımlaması yapılırken de hem değişkenlerin daha kontrol edilebilmesi hem de daha gerçekçi verilerle değerlendirme yapabilmek için sadece yurtiçi pazarı ele alınmıştır. Fabrikanın ürettiği ürünler üç farklı marka altında pazarda yer almakta ve bu durum değişkeninde, üç firmaya ait toplam Pazar payı BSH çamaşır makinası fabrikasının pazar payı olarak ele alınmıştır. Bu değişkene ait durumlar ise “artar”, “sabit” ve “azalır” olarak belirlenmiştir. Satış miktarı, fabrikanın en önemli performans kriterlerinden biridir ve tüm girdi faaliyetlerini etkileyen direk değişken konumundadır. Bütçeyi ve fabrika üretimini doğrudan etkilediği için modele dahil edilmiştir. Pazar payı değişkenin yanında pazar büyüklüğü değişkeni de ilk planda ele alınmış ancak pazar payına göre daha stabil bir değişken olduğu için ve ortalama artış trendini devam ettirmesi beklentisi yüksek olduğu için modele dahil edilmemiş, bu konu ile ilgili kısım pazar payı değişkeni ile sınırlandırılmıştır. Fabrikanın ürettiği markalar şu anda Türkiye pazarının en büyük ikinci oyuncusu konumundadır ve bu konumun kısa ve orta vadede koruması beklenmektedir.
- *Ekipmanlar:* Bu değişken başlığı altında fabrikanın üretim süreçlerinde kullanmış olduğu tüm elektrik-elektronik donanım, teçhizatlar, makinalar birlikte değerlendirilmektedir. Uzmanlar ile yapılan görüşmeler sırasında üretime doğrudan etki eden ve dolaylı olarak etki eden ekipmanların tek bir sınıf olarak değerlendirilmesine karar verilmiştir. Ekipmanlar değişkeninin durumları “yenileme” ve “sabit kalma” olarak iki alternatifli olarak belirlenmiştir. Birinci durum ekipman yenilemeye olan bakış açısının olumlu olduğunu, ikinci değişken ise ekipman yenilemenin olumsuz karşılandığını ve

ekipman yenileme yatırımının benimsenmediğini ifade etmektedir. Fabrikanın üretim yapabilmesi için olmazsa olmaz girdilerden bir tanesi olması itibariyle ekipmanlar modelde işletme kaynakları sınıfında değerlendirilmeye alınmıştır.

- *Kalite anlayışı:* Fabrikanın üretime başladığı ilk günden itibaren geliştirmiş olduğu tüm uzmanlaşma, sahip olduğu bilgi birikimi ve üretim tecrübesi ile en modern yöntemlerin uygulanmasına olanak sağlayan yeniliklere açık bakış açısı ve tüm bunların oluşturduğu kurumsal kültür ve kaliteyi ilk plana alan üretim mentalitesi olarak tanımlanabilir. Fabrikanın yeni stratejik kararlar almasında, yeni platformlar kurmasında ve mevcut sıkıntıların giderilmesinde en önemli dayanak noktalarından birini bu kalite ve kaliteli üretim anlayışı oluşturmaktadır. Modelde kalite anlayışı değişkeni, “yüksek”, “orta” ve “düşük” olarak düzenlenmiştir. Yüksek durum kaliteye verilen önemin daha da artacağını kaliteli üretim yapabilmenin ve dolayısıyla pazarda edinilen konumun korunabilmesi için kalite anlayışının önemiyetinin artacağını ifade etmekten, orta durumu mevcut standartların aynen devam ettirileceğini, düşük durumu ise kalite anlayışından tavizler olabileceğini ve firmanın bazı güncellemeler ile daha farklı stratejilere yönelebileceğini ifade etmektedir. Çamaşır makinası fabrikası yaklaşık olarak 40 yıllık bir geçmişe sahiptir ve bu sürenin son 15 yılı Bosch-Siemens markası altında gerçekleşmiştir. Bu köklü geçmişin getirdiği uzmanlaşma ve bilgi birikimi ile oluşan kültürün ortaya çıkardığı avantajlar ve entelektüel sermaye fabrika için en çok üst seviyede güven teşkil eden özelliklerinin başında gelmektedir ve bu yüzden modele dahil edilmiştir.

4.3.2 Çözüm alternatifleri değişkenleri

Çözüm alternatifleri değişkenleri çerçevesinde malzemede değişim, yani makina yatırımı, çalışan verim artırma faaliyetleri, proseslerde değişim yapılması, kısmi outsource, üretim yalınlaştırma tekniklerinin uygulanması ve yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımları değişken olarak ele alınmıştır. Öncül taslak model oluşturulurken daha fazla sayıda çözüm alternatifi muthemel değişken olarak ele alınmıştır ancak uzman görüşleri doğrultusunda bazıları birleştirilmiş, bazıları değerlendirme dışı tutulmuştur. İlk planda değerlendirilen bazı değişkenler de ilişki matrisi incelendiğinde etki seviyeleri çok düşük seviyede kaldığı için bu

değişkenlerin etkisiz değişkenler olduğu varsayımı yapılarak değerlendirme dışı tutulmuşlardır. Netice olarak, çözüm alternatifleri düzeyinde kullanılan değişkenlerin açıklamaları ve olasılık düzeyleri aşağıda anlatılmıştır.

- *Malzemede değişim:* Darboğaz yaratan proseslerde kullanılan her türlü malzemenin süreçleri hızlandıracak etki yapacağının belirlenmesi durumunda değiştirilmesini ifade etmektedir. Malzemede değişim kavramı, ilgili süreçte kullanılan malzemenin dizaynında değişim, malzeme içeriğinin değiştirilmesi ya da ilgili proseste kullanılan sarf malzemesinin değiştirilmesini ifade eder. Öncül modelde ayrı ayrı değerlendirmeye tabi tutulan bu değişkenler uzman görüşleri ile modelleme açısından kolaylık sağlaması için birleştirilerek ele alınmıştır. Değişkenin modelde yer alan düzeyleri “yapılır” ve “yapılmaz” şeklinde belirlenmiştir. Yapılır seçeneği yukarda sayılan üç maddeden herhangi birinin yapılır olma durumunu yapılmaz seçeneği de bu tip uygulamalardan herhangi birinin yapılmaması durumunu göstermektedir. Üretim süreçlerinde herhangi bir aksaklık yaşandığında ya da kapasite problemi ile karşılaşıldığında ilk olarak ele alınan konulardan biri malzeme kaynaklı hata kontrolü olduğu için bu değişken ilk sıralarda modele eklenmiştir.
- *Yeni makina yatırımı:* Darboğaz yaratan proseslerin problemlerinin ortadan kaldırılması için yeni makina alımını ve yeni üretim teknolojileri yatırımını ifade eden çözüm alternatifi değişkenidir. İşletme kaynaklarından ekipmanlar değişkeni tarafından en çok etkilenen makina yatırımı değişkeni için bayes modelinde “yap” ve “yapma” durumları belirlenerek modele girilmiştir. Üretimde kapasite yaşanan alanlarda bunun en büyük sebeplerinden biri yetersiz teknolojiye sahip makina kullanımı ve yetersiz kapasitede makina kullanımı olduğu için model değişkenlerine eklenmiştir. Son yıllarda teknolojinin inanılmaz boyutlarda gelişmesiyle birlikte işletmelerin makina ve teçhizat yatırımları bir kaç yıl içinde atıl konuma düşebilmektedir. Ayrıca bilgisayarların ve otomasyon sistemlerinin üretimin her safhasında kullanılabilir hale gelmesi eski tip teknolojiye sahip makinalar önemlerini yitirirken, en son teknolojik gerekliliklere sahip makinalar üretimde büyük kapasite artışına ve kaynakların etkin kullanılmasına katkıda bulunmaktadır.

- *Çalışan verim artırma faaliyetleri:* Kapasite problemleri aşabilmede çalışan kaynaklı olduğu tahmin edilen nedenleri ortadan kaldırmak için yapılacak olan tüm verimlilik artırma faaliyetleri bu değişken altında incelenecektir. Darboğaz süreçlerin yaşandığı yerlerde yeni ya da ilave çalışan takviyesi, mevcut çalışanların eğitilmesi, vardiya sayılarının artırılması, mevcut vardiya çalışma planının güncellenerek çalışan sürelerinin artırılması gibi tüm faaliyetler bu kavramın içinde değerlendirilmektedir. Değişken modelde “var” ve “yok” düzeyleriyle kullanılmıştır. Var durumu çalışan verim artırma faaliyetlerinin yapıldığını yok durumu ise yapılmadığını ifade etmektedir. Sadece üretim sektöründe yer alan işletmelerde değil, tüm sektörlerde çalışanlar şirketlerin en önemli parçalarını oluşturmaktadır ve genel şirket performansı en çok etkileyen değişkenlerin başında çalışan performansı gelmektedir. Üretim sektörü de çalışan performansının artı ya da eksi yönde en net hissedildiği sektörlerden biridir. Problemleri alanların analizi yapılırken ilk olarak ele alınan noktalardan birisi çalışanlar ve insan odaklı sorunlar olduğu için bu çalışmada temel değişkenlerden biri olarak modele dahil edilmiştir.
- *Proseste değişim yapma:* Bu değişken değer akış haritası çalışmasında darboğaz olarak tespit edilen süreçlerde iş yapış tekniğinde, iş yapış sıralamasında ya da komple tüm proses işleyiş mantığında değişiklik yapma durumunu ifade eder. Model içerisinde düzeyleri “yap” ve “yapma” olarak belirlenmiştir. Uzmanlar ile yapılan görüşmelerde, fabrika içinde bir proseste yolunda gitmeyen birşeyler olduğu farkedildiğinde ilk olarak sürecin işleyişi ve temel mantığının sorgulandığı ardından problem ile ilgili diğer değişkenlerin analiz edildiği bilgisi alınmıştır. Bu yüzden proseste değişiklik yapma değişkeni model kapsamında incelenen değişkenler arasına alınmıştır.
- *Dışkaynak kullanımı (Kısmi outsource):* Fabrika içerisinde darboğaz yaratan proseslerin dışarıda bir firmaya ihale edilerek çözümlenmesi durumu olarak tanımlanabilir. Değişkenin modelde yer alan düzeyleri “var”, “yok” şeklindedir. Var durumu ilgili süreçte dışkaynak kullanılacağı yok durumu ise kullanılmayacağını tanımlamak için kullanılmıştır. Özellikle 1990’lı yıllardan itibaren gelişen dışkaynak kullanımı kavramı, şirketlere daha düşük maliyetlerde bazı süreçlerini gerçekleştirebilme imkanı tanımıştır. Üretimle direkt alakalı ya da dolaylı tesiri bulunan süreçler hiç farketmeksizin dış

tedarikçilere verilebilmekte ve bu da şirketlere kapasite kullanımı açısından büyük avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, belli bir iş alanında uzmanlaşan tedarikçiler de, belirlenen süreçler üzerinde şirket içi üretimden daha kaliteli ve daha yüksek kapasitede üretebilme seviyesine geldiklerinden, bazı süreçlerde dışkaynak kullanımı şirket stratejilerinde giderek artan seviyede önem kazanmaktadır ve bu yüzden de modele dahil edilmiştir. Dışkaynak kullanımı, outsource kavramı hem tedarikçi firmanın gelip fabrika alanında üretim yapmasını sağlayan shop in shop şeklinde ya da tedarikçi firmanın kendi tesisinde üretim yapabilmesini sağlayan shop in another place şeklinde gerçekleştirilebilir.

- *Üretim yalınlaştırma faaliyetleri:* Bu değişken fabrikada meydana gelen tüm darboğazların ortadan kaldırılması adına çözüm yolu olarak yalın üretim tekniklerinin kullanılmasını ve fabrika genelinde yaygınlaştırılmasını ifade etmektedir. Değişkene ait durumlar “yap” ve “yapma” olarak belirenmiştir ve üretim yalınlaştırma etkinliklerinin yapılıp yapılmayacağı ile ilgili düzenlemeleri temsil etmektedir. Mevcut kapasitenin daha verimli kullanılabilmesi ve sabit girdi ile çıktı miktarını artırmanın en temel yöntemlerini belirli bir sistematik içinde uygulama mantığını içeren üretim yalınlaştırma tüm şirketler için hayati önem taşıyan bir konuma gelmiştir ve bu yüzden bu çalışma kapsamında çözüm alternatifi olarak değerlendirilmiştir. Fabrika genelinde ve darboğaz yaşanan alanlarda uygulanabilecek yalın üretim teknikleri arasında 5S çalışmaları, yalın üretim metodolojisi, Kaizen-Jidoka tekniği, TPM uygulamaları ve daha bir çok popüler yöntem sayılabilir.
- *Yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı:* Fabrika genelinde uygulama alanı bulunan noktalarda taşıma ve stoklama için otomatik sistemlerin devreye alınması durumunu ifade etmektedir. Model içerisinde “var” ve “yok” durumları ile incelemeye alınmıştır. Yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yeni makina yatırımdan bağımsız olarak ele alınmıştır ve içinde birden fazla sayıda makinayı, bir bilgisayar yazılımını, kontrol mekanizmasını barındıran bir sistem olarak ele alınmıştır.

Otomatik tambur taşıma sistemi ya da otomatik gövde dağıtım sistemleri bu değişkene örnek olarak verilebilir. Teknolojik yatırımların öneminin giderek arttığı ve klasik yöntemlerin değer kaybetmeye başladığı son yıllarda uzman görüşleri dikkate alınarak yeni taşıma ve stoklama teknolojilerinin fabrikada uygulamaya alınması değişkeni modele dahil edilmiştir.

4.3.3 Darboğazları oluşturan süreç değişkenleri

Darboğaz oluşturan süreçler içinde daha önceki bölümlerde detaylarıyla açıklandığı gibi üç kısım değerlendirilmeye alınmıştır. Bu kısımlar serigrafi alanı, kazan üretim hattı ve fabrika stok alanı yetersizliğidir. Bu bağlamda darboğaz süreçlerin kısa açıklamaları ve düzeyleri aşağıda değerlendirilecektir.

- *Serigrafi darboğaz çözüm beklentisi:* Serigrafi alanında darboğaz yaşanması ve kapasite ile ilgili bir sorun bulunması durumunda çözüm alternatiflerinin uygulanması sonucu darboğazların çözüm beklentisini ifade etmektedir. Modelde “yüksek” ve “düşük” olmak üzere iki farklı durumda ele alınmıştır. Bu adım ile ilgili detaylı bilgi daha önce paylaşılmıştır.
- *Kazan üretim hattı darboğaz çözüm beklentisi:* Bu değişken kazan üretim hattında ortaya çıkan darboğazın ortadan kalkması için çözüm beklentisini ifade etmektedir ve tıpkı serigrafi darboğaz çözüm beklentisi gibi modelde “yüksek” ve “düşük” olmak üzere iki farklı durumda ele alınmıştır. Önceki bölümlerde detaylı şekilde açıklanmıştır.
- *Fabrika stok alanı darboğaz çözüm beklentisi:* Alınacak önlemler ve yeni düzenlemeler ile fabrika stok alanı darboğazının ortadan kaldırılma beklentisini tanımlamaktadır. Modelde “yüksek” ve “düşük” olmak üzere üç farklı durumda ele alınmıştır.

Darboğazların çözüm beklentilerinin durumları girilirken daha önceki çalışmalar değerlendirilmiş ve uzman görüşleri alınarak yüksek, orta ve düşük düzeylerinin oluşturulmasına karar verilmiştir. Yüksek olarak değerlendirilen durum, uygulanan herhangi çözüm alternatifinin çözüme katkısının veya darboğaz çözebilme etkisinin düzeyini belirlerken, orta ve düşük durumları da benzer koşullar için çözüm beklentisini ve başarılı bir çözüm yolu uygulayabilme beklentisinin seviyesini ifade etmektedir.

Bu bölüme kadar değişkenlerin açıklaması yapılmış ve herhangi bir problem için hangi çözüm yolunun uygulanacağına ve bu uygulamanın ardından çözüm yönteminin başarıya ulaşma beklentisini hesaplamaya yarayacak şekilde model oluşturulmuştur. Yukarda bahsedilen değişkenler çalışmanın ana aşamalarından birini içeren Netica yazılımı programında bayes ağ modeli değişkenleri olarak ele alınacaktır.

4.4 Nicel Modelin Oluşturulması

Bayes Ağı modelinin grafiksel gösteriminin hazırlanması ve bu modelde değişkenler arasında ilişkilerin belirlenmesi bir önceki nitel modelde tamamlanmıştır. Bu aşamadan itibaren, işlenmeye hazır hale gelen modelin, değişkenleri arasındaki ilişki düzeyleri sayısal verilerle tespit edilmeye çalışılacak ve model nihai hale getirilecektir. Modelde yer alan değişkenlere ait sayısal verilerin elde edilebilmesi için anket çalışması yapılmış ve bu çalışmada uzmanlardan oluşan bir grup, değişkenler arasındaki koşullu olasılıkların değerleri üzerinde fikirlerini belirtmişlerdir. Bu görüşmelerden elde edilen koşullu olasılık değerleri, modelde kullanılacak şekilde düzenlendikten sonra Netica programına aktarılmış bu sayede yazılım hem senaryo analizleri hem de duyarlılık analizleri için uygun hale getirilmiştir.

4.4.1 Değişkenler arası koşullu olasılıkların belirlenmesi

Bayes ağları, Nadkarni ve Shenoy'un 2001 yılında yayımlamış oldukları makalelerinde özetlemiş oldukları gibi koşullu olasılıklar yardımıyla birbirleri arasında ilişkiler bulunan bir modelin incelenmesi, değişkenler arası ilişkilerin matematiksel boyutunun ortaya konması ve senaryo ve duyarlılık analizleri gibi yöntemlerle olasılıksak çıkarımlar yapma mantığına dayanmaktadır. Bu çıkarımların yapılabilmesi için ilk gereklilik modelde yer alan değişkenler arası koşullu olasılık tablosunun oluşturulmasıdır.

Daha önceki bölümlerde de aktarıldığı gibi, değişkenler arası ilişkilerin analiz edilebilmesinde kullanılacak verilerin elde edilebilmesi için iki yöntem denenebilir. Bunlardan birincisi konuyla ilgili bir veritabanından çeşitli matematiksel yöntemler kullanılarak koşullu olasılık değerlerinin çıkarımının yapılmasıdır. Kışioğlu ve Topçuoğlu, mobil iletişim sektöründe 2009 yılında yaptıkları bir çalışmada olasılık

değerlerinin elde edilebilmesi için veritabanındaki değişkenleri Bayes Ağ modelindeki sıraya göre dizerek filtreleme yöntemiyle elde etmişlerdir. Ülengin ve diğer araştırmacıların otomotiv sektöründe rekabet gücü üzerine yaptıkları çalışmada ise çok geniş katılımlı bir konferans düzenlenmiş, sektörle ilgili hemen hemen her kesimden uzmanların görüşleri, anketler vasıtasıyla alınarak veriler elde edilmiştir. 2010 yılında yapılan bu çalışmada anketlerden elde edilen veriler belirli kriterler dahilinde incelenerek Bayes Ağ modeline uygun hale getirilerek olasılık değerleri elde edilmiştir.

Bir üretim tesisinde darboğaz yaratan süreçlerin değer akış haritalama yöntemiyle belirlenip çözüm alternatiflerinin Bayes Ağları ile senaryo analizlerinin yapıldığı bu çalışmada koşullu olasılıkların hesaplanması için kullanılacak bir veritabanı bulunmamaktadır. Bu yüzden bu çalışmanın her aşamasında bilgi birikimlerine ve önerilerine başvurulmuş uzman görüşlerine olasılık tablolarının oluşturulması için de başvurulmuştur. Çizelge 4.5'te örnek bir koşullu olasılık tablosu verilmiştir. Bu tabloya göre malzemede değişim düğümünün koşullu olarak bağlı olduğu düğümler bütçe, ekipmanlar ve kalite anlayışıdır. Tabloya göre, bütçenin artması, ekipmanlar yenilenmesi ve kalite anlayışının yükselmesi durumunda malzemede değişim yapma olasılığının %80 seviyesinde olacağını ifade edilirken, bütçenin azalması, ekipmanların sabit kalması ve kalite anlayışının da sabit kalması durumunda malzeme değişimi yapılma olasılığının %25, yapılmaması olasılığının ise %75 olarak gerçekleşmesi ifade edilmektedir.

Çizelge 4.4 : Malzemede değişim için koşullu olasılık tablosu.

İşletme Kaynakları			Malzemede Değişim	
Bütçe	Ekipmanlar	Kalite Anlayışı	Var	Yok
artar	yenileme	artar	0.80	0.20
azalır	sabit	sabit	0.25	0.75

Yukarıdaki örnek sadece bir değişken düğümüne ait koşullu olasılık tablosudur. Çözüm alternatifleri ve darboğazlar sınıfında yer alan tüm düğümler için koşullu olasılık tablolarının bu şekilde doldurulmaları oldukça zor bir süreçtir. Bu yüzden koşullu olasılık değerlerinin elde edilmesi ve Netica programına uygun şekilde düzenlenmesi için daha farklı bir yöntem kullanılmıştır.

Koşullu olasılık dağılımı tablosunun oluşturulması için ilk olarak işletme kaynakları düğümlerinin çözüm alternatifleri düğümleri üzerindeki ilişkisi incelenmiştir. Birinci

seviye değişkenler olan işletme kaynakları değişkenlerinin tümünün farklı durumları için çözüm alternatiflerinde yer alan düğümlerin tüm durumlarının gerçekleşme olasılıkları tespit edilmiş ve koşullu olasılık tablosu oluşturulmuştur. Aynı hesaplama sistemi, çözüm alternatifleri ve darboğaz düğümleri arasında da uygulanarak koşullu olasılık tablosu tamamlanmıştır. Uygulanan yöntemde ilk olarak tüm düğümler ikili olarak kendi aralarında değerlendirilmiş daha sonra Bayes Ağ modelinde yer aldığı gibi bir değişkene etkiyen tüm ebeveyn düğümlerin farklı olasılık kombinasyonları hesaplanarak nihai olasılık tablosu oluşturulmuştur. Bayes Ağı'nda birbirleri arasında ilişki bulunmayan düğümler arasında ikili tablo doldurma işlemi yapılmamıştır. Kullanılan bu yöntemde göre ebeveyn düğümlerin birbirinden bağımsız olmaları gerekmektedir ve Bayes Ağı'nda tüm değişkenler birbirinden bağımsız olduğu için bu durum bir sıkıntı yaratmamaktadır.

4.4.2 Koşullu olasılıkların belirlenmesi için anketlerin hazırlanması

Bir önceki bölümde anlatıldığı gibi koşullu olasılık tablolarının oluşturulması için herhangi bir çocuk düğüm üzerinde tüm ebeveyn düğümlerin etkileri hesaplanacaktır. Bunun içinde olasılık değerlerinin hesaplanmasında uzman görüşlerine başvurulmuştur.

Anketlerin hazırlanması sırasında ihtiyaç duyulan koşullu olasılık tablolarına göre bir planlama yapılmış ve üç grup anket çalışması yapılması planlanmıştır. Bunlardan birincisi işletme kaynakları düğümlerinin mevcut durum olasılıklarının belirlenmesi için yapılan ankettir. İkincisi işletme kaynakları düğümlerinin Netica'da yer alan farklı durumları için çözüm alternatifleri üzerindeki etkilerinin incelendiği ankettir. Üçüncü ve son anket ise, çözüm alternatifleri düğümlerinin darboğazlar üzerindeki olasılık etkilerinin incelendiği ankettir. Bu plana göre uygulaması yapılan anketler hakkında daha detaylı bilgi takip eden bölümde yer almaktadır.

4.4.2.1 İşletme kaynakları mevcut durum olasılıkları anketi

Bayes ağlarıyla senaryo analizinde ilerleyen safhalarda kullanılacak olan işletme kaynakları mevcut durum olasılıklarının hesaplanması için oluşturulan ankete, birinci seviye değişkenler arasında yer alan bütçe, fabrika alanı, ekipmanlar, pazar payı ve kalite anlayışı değişkenlerine ait 13 durumun analizi yapılmıştır. Bunun için oluşturulan anket tablosu uzmanların görüşüne sunulacak veriler toplanmıştır.

Aşağıda Çizelge 4.5'te anket görülmektedir. Bu ankette her bir düğümün farklı olasılık durumlarına ait yüzdelerin toplamının 100' eşit olması gerekliliği uzmanlara bildirilmiştir. Anketin uzmanlar tarafından doldurulmuş hali ekler kısmında yer almaktadır. İleriki bölümde senaryo analizleri kısmında mevcut durum analizi yapılırken bu ankette elde edilen sonuçlara ait daha detaylı bilgi verilecektir.

Çizelge 4.5 : İşletme kaynakları mevcut durum olasılık değerleri.

Düğüm	Durum	Olasılık
Bütçe	Yuksek	20
	Sabit	30
	Dusuk	50
Fabrika Alanı	Buyume	30
	Sabit	70
Pazar Payı	Artar	35
	Sabit	50
	Azalir	15
Ekipmanlar	Yenileme	70
	Sabit Kalma	30
Kalite Anlayışı	Yüksek	50
	Orta	40
	Düşük	10

4.4.2.2 Çözüm alternatifleri olasılık değerleri anketi

İkinci grup anket çalışması çözüm alternatifler olarak değerlendirilen düğümlerin olasılık tablolarının oluşturulması için uygulanmıştır. Toplam 5 adet işletme kaynağı değişkeninin 7 adet çözüm alternatifi değişkeni üzerindeki etkisi 14 farklı durum altında incelenmiştir. Daha önce ilişkiler matrisinde belirlenen ilişkiler dikkate alınarak, birbirleri arasında bağlantı olan işletme kaynakları ile çözüm alternatifleri arasındaki gerçekleşme olasılıkları incelenmiş, ilişki bulunmayan alternatifler karartılarak uzmanlara anket doldurulurken kolaylık yaratması sağlanmıştır.

Ankette her çözüm alternatifinin farklı durumlarının her bir işletme kaynağı durumu için oluşma olasılıkları toplam 100 puan olarak değerlendirilmiştir. Her bir çözüm alternatifine ait farklı durumların olasılıkları toplamının 100 olmasını kontrol etmek için ankette formata eklenen excell formülüyle kontrol mekanizması oluşturulmuştur.

Çizelge 4.6 : Çözüm alternatifleri olasılık tablosu örneği.

İşletme Kaynakları	Durumlar	Çözüm Alternatifleri					
		Malz_Degisimi		Toplam	Yeni_mak_yatirimi		Toplam
		Yap	Yapma		Yap	Yapma	
Bütçe	Yuksek						
	Sabit						
	Dusuk						
Fabrika Alanı	Buyume						
	Sabit						
Pazar Payı	Artar						
	Sabit						
	Azalir						
Ekipmanlar	Yenileme						
	Sabit Kalma						
Kalite Anlayışı	Yüksek						
	Orta						
	Düşük						

Yukarıda Çizelge 4.6’da bir kısmı gösterilen anket, bütçe, fabrika alanı, ekipmanlar, pazar payı ve kalite anlayışı değişkenlerinin, malzemede değişim, çalışan verim artışı, yeni makina yatırımı, dışkaynak kullanımı (kısmi outsource), üretim yalınlaştırma, proseste değişim, yeni taşıma ve stoklama teknolojileri gibi çözüm alternatifleri düğümleri üzerindeki koşullu olasılık değerlerini belirlemek için 5 uzman ile bir toplantı yapılarak tüm değişkenleri için fikir birliğine varılarak olasılık tablosu doldurulmuştur. Excell’de oluşturulan ve içinde anketin doğru doldurulması için gerekli kontrol mekanizmalarını da içeren anket formunun tamamı ekler arasında yer almaktadır.

4.4.2.3 Darboğaz süreçler olasılık değerleri anketi

Bayes ağ modelinde yer alan üçüncü seviye değişkenler olan darboğaz değişkenlere ait koşullu olasılık tablolarının oluşturulabilmesi için bu anket düzenlenmiştir. Bu anketle, çözüm alternatiflerinin farklı durumlar altında uygulanması koşulunda, darboğaz yaşanan süreçlerin çözümlerine ne derece katkı sağlayacakları ve çözüm beklentisinin gerçekleşmesine ne seviyede etki edecekleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Serigrafi, kazan üretim hattı ve fabrika stok alanı darboğazlarına ait durumlar, çözüm beklentileri yüksek, orta ve düşük olacak şekilde belirlenmiştir. Ankette toplam 7 adet çözüm alternatifinin 3 adet darboğaz değişkeni üzerindeki etkisi farklı durumlar altında incelenmiştir. Daha önce ilişkiler matrisinde belirlenen ilişkiler dikkate alınarak, birbirleri arasında bağlantı olan çözüm alternatifleri ile darboğaz

değişkenleri arasındaki gerçekleşme olasılıkları incelenmiştir. Ankette birbiriyle ilgisi olmayan ilişkiler karartılarak gereksiz işlem yapılmasının önüne geçilmiştir

Yukarda bahsedilen kriterler baz alınarak anket Excell dosyası olarak hazırlanmış ve uzman görüşlerine sunulmuştur. Ankette her darboğaz değişkeninin farklı durumlarının her bir çözüm alternatifi durumu için oluşma olasılıkları toplam 100 puan olarak değerlendirilmiştir ve uzmanlara bu konuda fikir sağlaması açısından bir word dosyası hazırlanmıştır.

Çizelge 4.7 : Darboğaz değişkenleri olasılık tablosu anketi.

		Serigrafi darboğazı çözüm beklentisi		Toplam	Kazan darboğazı çözüm beklentisi		Toplam
		Dusuk	Yuksek		Dusuk	Yuksek	
Çözüm Alternatifleri	Karar						
Malzeme Degisimi	Yap						
	Yapma						
Yeni makina yatırımı	Yap						
	Yapma						
Çalışan verim artırma faaliyetleri	Var						
	Yok						
Proseste değişim	Yap						
	Yapma						
Kısmi outsource	Var						
	Yok						
Üretim Yalınlaştırma	Yap						
	Yapma						
Yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı	Var						
	Yok						

Her bir darboğaz değişkenine ait farklı durumların olasılıkları toplamının 100 olmasını kontrol etmek için ankette formata eklenen excell formülüyle kontrol mekanizması oluşturulmuştur. Excell formatı ve word dosyasının yer aldığı anket ekler kısmında paylaşılmıştır.

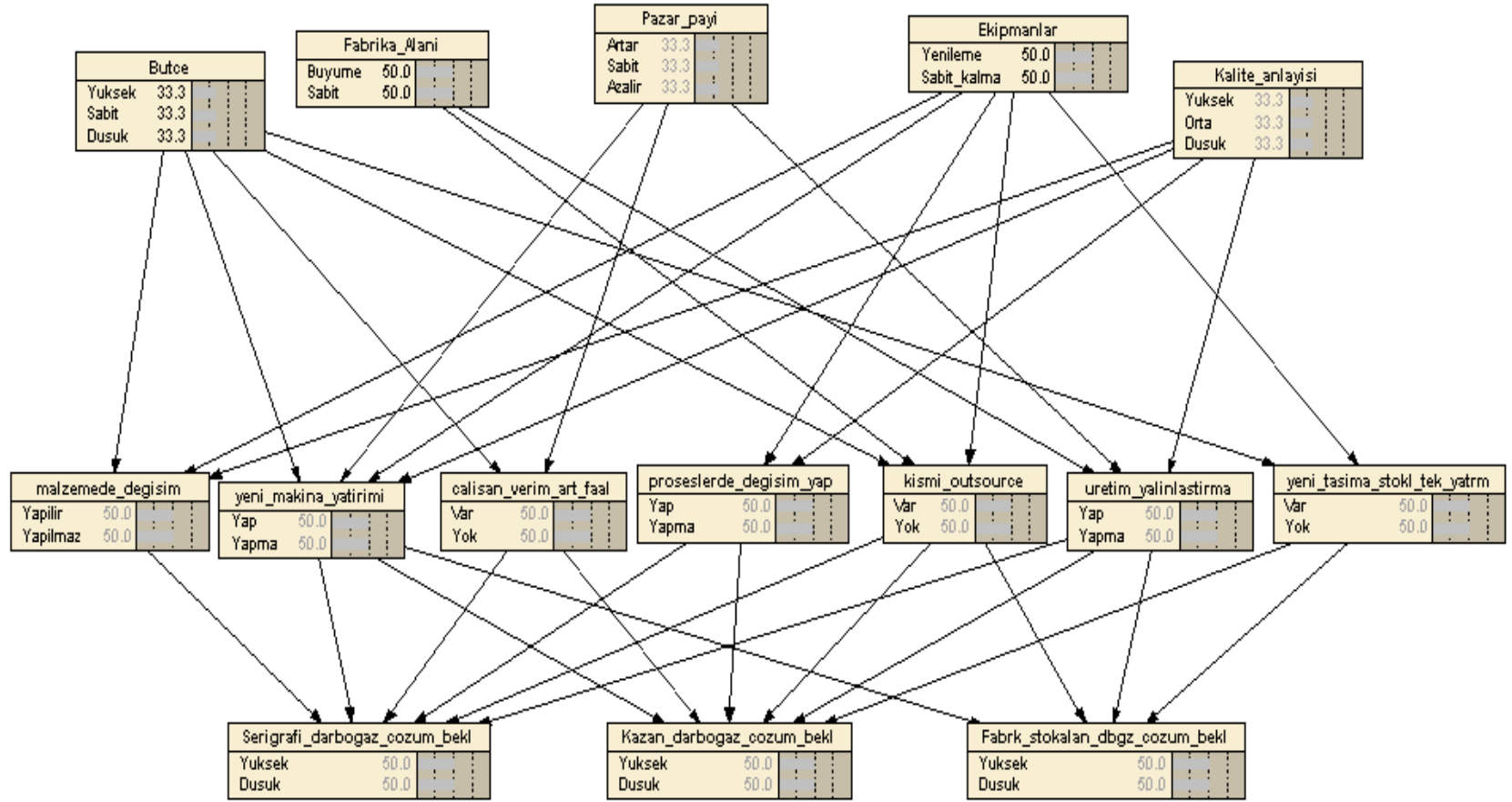
4.4.2.4 Anketlerin Uygulanması ve Değerlendirilmesi

Anketler konu hakkında fikir sahibi olan, görüş bildirebilecek yeterliliğe sahip ve fabrikada farklı departmanlarda çalışan mühendisler tarafından doldurulmuştur. Bu uzmanlardan alınan fikirler çerçevesinde ilk planda taslak olarak hazırlanmış anketlerde bazı düzenlemeler yapılarak anketler son hale getirilmiştir. Anket verileri excell dosyasında doldurulduğu için verilerin işlenmesi açısından kolaylık sağlanmıştır.

Her üç ankette yer alan bilgiler de excell dosyasında oluşturulan bazı algoritmalar ve düzenlemelerden faydalanılarak işlenmiş ve Netica programında yer alan koşullu olasılık tablolarına girilmeye uygun hale getirilmiştir. İlk olarak işletme kaynaklarının mevcut durum olasılıkları Netica'ya girilmiş daha sonra çözüm alternatifleri ve darboğaz süreçlerin düğümlerinin koşullu olasılık tabloları doldurularak program çalıştırılmaya ve Bayes Ağ modeli incelenmeye hazır hale getirilmiştir.

4.4.3 Modelin netica programına girilmesi

Önceki bölümlerde oluşturulan Bayes Ağ modeli Netica'ya girilirken ilk olarak değişkenler ve aralarındaki ilişkiler eklenmiştir. Sonra, her bir düğüme ait durumlar tanımlanmış ve programa girilmiştir. Şekil 4.5'de Netica programına aktarılmış model yer almaktadır.



Şekil 4.5 : Bayes ağ modelinin Netica'ya girilmiş hali.

Yukarıdaki şekilde verildiği gibi, değişkenlere ait düğümler ve düğümler arasındaki ilişkiler girildikten sonra düğümlere ait olasılık tablolarının girilmesi gerekmektedir. Olasılık tablolarına ait veriler, önceki bölümde yapılan anketlerle elde edilmiş ve Netica'ya girilecek şekilde düzenlenmiştir. Anketlerin hazırlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi bölümlerinde de bahsedildiği gibi, işletme kaynakları değişkenlerinin ilk olasılıkları, işletme kaynaklarının çözüm alternatiflerinin durumları üzerine etkileri ve çözüm alternatiflerinin farklı durumlarının darboğaz düğümlerin durumlarına etkilerine ait olasılık değerleri programda tanımlanmalıdır.

Birinci seviye değişkenleri oluşturan işletme kaynakları için mevcut durum olasılık değerleri yapılan anket çalışmasıyla elde edilmiştir. Mevcut durum analizi yapılırken bu olasılık değerleri kullanılacaktır ancak, ileriki bölümlerde detaylı şekilde işlenecek olan senaryo analizlerinde farklı senaryolar için bu girdi değişkenleri için tanımlanan farklı olasılık değerleri farklı tablolara girilecektir.

Modelde ikinci seviye değişkenleri oluşturan çözüm alternatifleri değişkenlerine ait farklı durumlar için gerekli olasılık değerleri de yine uzmanlar tarafından doldurulan anket sonuçlarına göre modele girilmiştir. Ekler bölümünde detaylarıyla paylaşılan ikinci anketten elde edilen veriler kullanılarak programın ihtiyaç duyduğu tablolar oluşturulmuştur. Ankette uzmanlara yöneltilen kısımda her bir ebeveyn düğümünün farklı durumları altında her bir çocuk düğümünün farklı durumları arasındaki ilişki teker teker incelenmiştir.

Ancak Netica programında olasılık tabloları hazırlanırken, çocuk düğüme etki eden tüm ebeveyn düğümlerin farklı durumlarının birbirleriyle beraber kombinasyonlar şeklinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunun içinde excellde bir format hazırlanmış ve bu hazırlanan formatla ayrı ayrı elde edilmiş olan olasılık değerleri aritmetik ortalamalı alınarak farklı kombinasyonlar için birlikte derlenmiş ve Netica'ya uygun hale getirilmiştir.

Örneğin 4 farklı ebeveyn düğümden etkilenen bir çocuk düğüm eğer bu ebeveynlerin ikişer farklı durumu olduğu biliniyorsa 16 farklı kombinasyonluk bir olasılık tablosuna sahip olacaktır. Bu şekilde her bir çözüm alternatifi düğümü için tüm kombinasyonlara ait olasılık tabloları excel'de hazırlanmış ve programa girmeye hazır hale getirilerek girişleri yapılmıştır.

Çözüm alternatifleri için uygulanan yöntem, darboğaz süreç değişkenleri için de uygulanarak bu değişkenler ile ilgili koşullu olasılık tabloları yine excell dosyasında hazırlanmış ve Netice'ya bu veriler girilmiştir. Aşağıda Çizelge 4.8'de proste değişime etki eden farklı olasılık durumlarının kombinasyonlarını içeren excel tablosu verilmiştir.

Çizelge 4.8 : Proste değişim olasılık kombinasyonları.

Proste değişim			
Ekipmanlar	Kalite Anlayısı	var	
yenileme	yuksek	70	70
yenileme	orta	70	60
yenileme	dusuk	70	30
sabit	yuksek	40	70
sabit	orta	40	60
sabit	dusuk	40	30

Proste değişim			
Ekipmanlar	Kalite Anlayısı	yok	
yenileme	yuksek	30	30
yenileme	orta	30	40
yenileme	dusuk	30	70
sabit	yuksek	60	30
sabit	orta	60	40
sabit	dusuk	60	70

Bu tabloda, ilk olarak proses değişimi kendi durum değişkenleri olan var ve yok olarak iki seviyeye ayrılmıştır ve sonrasında daha önce uygulanmış anketten kendisine etki eden işletme kaynakları değişkenlerinin farklı durumlarına göre proses değişimi var ve yok durumlarına ait olasılık değerleri tabloya girilmiştir. İlk olarak ekipman yenileme durumu varken süreçte değişim yapılması olasılığı %70 olarak ve ekipmanların sabit kalması durumu için süreçte değişim yapılması olasılığı %40 olarak girilmiştir. Aynı işlem proste değişim yok durumu için de tekrarlanmıştır. Daha sonra ekipman düğümünün iki farklı durumun için kalite anlayışı düğümünün 3 farklı durumunun kombinasyonlarının olasılıkları da tabloya girilmiştir. Bu aşamadan sonra, aşağıdaki Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi excell tablosu hazırlanmıştır.

Çizelge 4.9 : Netica'ya girilecek koşullu olasılık değerleri hazırlama tablosu.

Proseste değişim		yüzde		Netica'ya aktarılacak		Payda	
var	yok	var	yok	var	yok	200	toplam
140	60	0,70	0,30	70	30		100,00
130	70	0,65	0,35	65	35		100,00
100	100	0,50	0,50	50	50		100,00
110	90	0,55	0,45	55	45		100,00
100	100	0,50	0,50	50	50		100,00
70	130	0,35	0,65	35	65		100,00

Tabloya göre, proses değişimi için var ve yok durumlarını etkileyen tüm olasılıkların toplamı alınarak ilk iki sütun oluşturulur ve daha sonra bunların aritmetik ortalamaları alınarak 3. ve 4. Sütundaki yüzdelik değerleri elde edilir. Süreçte değişim yapılmasına iki adet girdi değişkeni etki yaptığı için payda kısmındaki toplam 200 değerini vermektedir, diğer düğümler için bu toplam farklı değerler almaktadır, örnek vermek gerekirse malzeme yatırımı için 300, yeni makina yatırımı için bu değer 400'tür. Olasılık değerleri elde edildikten sonra Netica programına daha kolay giriş yapılabilmesi için değerler yüzdelik şekle çevrilmiştir. En son sütun da var ve yok olasılıklarının toplamının 100'e eşit olup olmadığını takip etmek için kontrol amaçlı olarak oluşturulmuş ve 100'e eşit olduğu takdirde yeşil renk alması için düzenleme yapılarak kontrol mekanizmasına görsellik kazandırılmıştır. Kısaca özetlenen bu olasılık tablosu oluşturma süreci, tüm çözüm alternatifleri değişkenleri ve darboğaz süreç değişkenleri için excell dosyasında aynı şekilde gerçekleştirilmiştir.

Üçüncü seviye değişkenler olan darboğaz değişkenlerin düğümleri için aslında ilk olarak üç seviyeli bir durum tablosu oluşturulmuştur. Darboğazların çözüm beklentilerini yüksek, orta ve düşük seviye olarak sınıflandırılan bu düşünce daha sonra hem bu darboğazlar hakkında fikir sahibi uzmanlar ile, hem de bayes ağları hakkında bilgi sahibi kişiler ile görüşülerek, yüksek ve düşük seviye olmak üzere iki durumlu hale getirilmiştir. Bu sayede olasılık tablolarının oluşturulması kolaylaştırılmış, hem de Netica programında model daha tutarlı sonuçlar alınabilecek daha net analiz edilebilecek hale getirilmiştir. Önceki bölümde anlatıldığı gibi olasılık tabloları excell dosyasında oluşturulmuş ve programa girilmiştir.

En son olarakta modele darboğaz çözüm alternatiflerinin çözüm beklentileri arasında bir kıyaslama yapabilmek için Netica programında yer alan value bilgisi modülü bilgileri doldurulacaktır. Bunun için darboğaz çözüm alternatiflerinin beklentisi yüksek ise value kısmı 3 olarak, düşük ise 1 olarak girilecek ve çıkan sonuç çözümlerin beklenen değerlerin ortak bir skalada incelemeye fırsat sağlayacaktır.

Model ile ilgili bütün düğümler, düğümler arası ilişkiler ve düğümlere ait olasılık verileri programa girildikten sonra senaryo analizleri ve duyarlılık analizlerinin yapılabilmesi için hiçbir engel kalmamıştır. Bundan sonraki bölümlerde farklı senaryolar altında model incelenecek ve duyarlılık analizleri yapılacaktır.

4.5 Senaryo Analizleri

Bayes ağ modeline dair tüm değişkenler ve olasılık verileri Netica'ya girildikten sonra bu bölümde çalışmanın en önemli adımlarından biri olan senaryo analizleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında, kaynakların durumuna göre 3 senaryo analizi yapılacaktır. Çizelge 4.10'da kaynakların durumuna göre belirlenen üç senaryo tablo halinde verilmiş ve daha sonra kısaca açıklamaları yapılmıştır.

Çizelge 4.10 : Kaynakların durumuna göre senaryolar.

Senaryolar	Kaynaklar
Mevcut durum	Gerçek
En iyi durum	En iyimser
En kötü durum	En kötümser

1. *Mevcut Durum Senaryosu:* İlk senaryo analizi olan mevcut durum senaryosunda işletme kaynaklarının gerçek hayattaki güncel durumları baz alınarak model kurulmuştur. İşletme kaynaklarına ait mevcut olasılık tablosu değerleri gerçek verilere dayanılarak uzman görüşlerinin katkılarıyla belirlenmiştir.

2. *En İyimser Durum Senaryosu:* İşletme kaynakları değişkenleri durumlarının en iyi şartlarda gerçekleştiği varsayımına göre gerçekleştirilecek olan analizdir. Bunun için modelde işletme kaynaklarının olumlu durumlarının olasılık değerleri %100 olarak belirlenerek çalışma yürütülmüştür.

3. *En Kötümser Durum Senaryosu:* Bu senaryoda, işletme kaynakları değişkenlerine ait durumların en kötü koşullarda gerçekleştiği varsayımına dayanarak değerlendirme yapılacaktır ve olumsuz durumların ilk olasılıkları %100 olarak kabul edilmiştir.

4.5.1 Mevcut durum senaryo analizi

Mevcut durum senaryo analizi için ilk olarak işletme kaynakları değişkenlerinin mevcut durumları incelenmiştir. İşletme kaynakları düğümlerini oluşturan bütçe, fabrika alanı, ekipmanlar, pazar payı ve kalite anlayışı değişkenlerine ait ilk olasılık değerlerinin tespit edilmesi için, koşullu olasılıkların elde edilmesi bölümünde de bahsedildiği gibi uzmanlar ile görüşülmüş ve bu görüşme esnasında bir anket yapılmıştır. Bu çalışma yapılarak ilk olasılık değerleri elde edilmiş ve ayrıca bu olasılık değerlerine etki eden kök nedenler üzerinde incelemeler yapılmıştır.

İşletme kaynakları olarak değerlendirilen her bir girdi değişkenine ait olasılık değerlerinin belirlenmesi için uzmanlar ile yapılan görüşmeler neticesinde şu sonuçlar ortaya çıkmıştır:

- Mevcut durum şartları için senaryo analizi yapılırken ilk olarak ele alınan değişken bütçe değişkenidir. Uzmanlar ile yapılan görüşmelerde bütçe değişkeninin olasılık değerlerinin belirlenebilmesi için ilk olarak bütçeye etki eden faktörler ele alınmıştır. Bütçeye etki eden faktörlerin en başında satış gelirleri gelmektedir. Bunun yanında servislerden gelen gelirler ile yatırım giderleri, vergi giderleri, çalışan ücretleri, standart işletme giderleri, pazarlama giderleri, hurda maliyetleri gibi bir çok kalem etki etmektedir. Gizlilik politikası gereği bütçe hakkında veriler birebir paylaşılmasa bile, bütçenin en büyük girdi kalemini oluşturan satış rakamlarında %15’lik bir düşüş beklentisi vardır. Avrupa genelinde etkisi görülen krizin Türkiye’yi de etkileme beklentisi ve ülke içi ekonomik göstergelerde ki olumsuz değerler bütçe değişkeninin olasılık değerlerine karar verilmesi aşamasında negatif etki yapmaktadır. Ayrıca şirketin dünya genelinde almış olduğu tasarruf kararları ve yatırımların düşürülmesi kararı da bütçe planlamalarında olumsuz etki göstermiştir. Tüm bu açılardan bakıldığında uzman kişilerin önümüzdeki ilk planlama döneminde bütçe değişkeni hakkındaki mevcut durum olasılık değerlendirmesi bütçenin %20 olasılıkla şimdikinden daha yüksek olacağı, %30 sabit seviyede kalacağını ve %50 ihtimalle mevcut duruma göre düşeceğini öngörmektedir.
- Fabrika alanı değişkeni ele alınırken uzmanlar olasılık değerlerini fabrika alanının büyütülmesi olasılığını %30, sabit kalması olasılığını %70 olarak vermişlerdir. Alan sıkıntısı fabrikanın en önemli sorunlarından biridir. Fabrika

içinde şu anda çalışan iki bant ve bu bantlara malzeme tedariki sağlayan ön üretim alanları ile son montaj ve paketleme alanları ile ofisler bulunmaktadır. İlk başta tek bant olarak kurulan fabrikada zamanlara bant sayısı ikiye çıkarken kapasitede neredeyse 10 katına çıkmıştır. Bu süreçte, geçmişte fabrika alanı ek inşaat yapılarak %40 oranında artırılmış ve daha sonra ufak tefek eklemeler ile şimdiki halini almıştır. Fabrika alanının daha da büyütülmesi önündeki engel, yasal düzenlemeler sonucu fabrika kampüsündeki yeşil oran ve bina dengesinin sınırına gelmesidir. Bu düzenleme kampüste yer alan mevcut yeşil alanlar artırılmadan kapalı alanların genişletilmesine izin vermemektedir ve bu sebepten dolayıyla fabrika alanının büyütülmesi yüzdesi %30 olarak tespit edilmiştir.

- Pazar payı ile ilgili mevcut olasılık değerleri tamamen satış verilerine ve pazar analizlerine dayalı olarak elde edilmiştir. Şirketin pazara sunmuş olduğu ürünlerin pazardaki toplam payı 2008 krizinden beri sürekli bir artış trendindedir. Her yıl satışlarını önemli ölçüde artıran şirket pazarın da büyümesi dikkate alındığında pazar payının da artışına olanak tanımaktadır. Değişken ile ilgili olasılık değerleri %35 pazar payının artacağı, %50 aynı seviyede kalacağı ve %15’lik düşük bir ihtimalle pazar payının daralacağı şeklinde belirlenmiştir. Pazar payının aynı kalması ya da düşmesi ihtimalinin sebebi ise Avrupa’da etkili olan krizin ve Yunanistan’da yaşanan mali problemler diğer ülkelere de sıçraması ve Türkiye ekonomisini de etkilemesi beklentisidir.
- Ekipmanlara ait mevcut durum olasılıklarının belirlenirken şirketin yatırım planlamaları içinde yeni ekipman yatırımlarının yeri ve mevcut ekipmanların teknolojik ve de ekonomik yeterlilikleri dikkate alınmıştır. Fabrikanın yeni varyantları devreye alacağı kısa ve orta vadede yeni ekipmanlara gereksinim duyması sebebiyle yatırım bütçesinde ekipman yatırımı için önemli bir kaynak ayrılmıştır. Ayrıca bazı makineler ve teçhizatlar ekonomik ömürlerini doldurmuşlardır ve yenilenmeleri gerekmektedir. Bu gerekçeler göz önünde bulundurularak ekipmanların yenilenmesi olasılığı %70 ve sabit kalması olasılığı da %30 olarak belirlenmiştir. Ekipman yenileme ile ilgili son bir noktada, şirketin kaliteli üretim olgusunu herşeyin önünde tutması ve kaliteyi rekabetçi özelliklerinin en başına almasıyla doğru orantılı olarak bu mantığı destekler şekilde her zaman en teknolojik ve en kaliteli üretim araçlarına

sahip olunması anlayışıdır.

- Kalite anlayışı veya bir diğer deyişle kaliteli üretim yapma ve piyasada kalite faktörüyle ön planda yer alma isteği şirketin her zaman en büyük pazarlama stratejisi olmuştur. Gerekli zaman maliyetleri yükseltme pahasına kaliteden ödün verilmemiş ve tüm çalışanlar tarafından benimsenen bir mantıkla kalite anlayışı bir şirket kültürü olarak yerleşmiştir. Bu doğrultuda yüksek kalite standartları belirlenmiş ve uygulanmaya alınmıştır. Dolayısıyla şirketin kalite anlayışının mevcut durumdan daha yüksek olma durumu %50, aynı seviyede kalması %40 ve düşürülmesi olasılığı %10 olarak değerlendirmeye alınmıştır.

Mevcut durum olasılık değerleri ile ilgili yukardaki değerlendirmeler neticesinde uzmanların belirlemiş olduğu tablo Çizelge 4.11’de özet olarak yer almaktadır.

Çizelge 4.11 : Mevcut durum için işletme kaynaklarının ilk olasılıkları.

Değişken	Değişken Durumu	Olasılık (%)
Bütçe	Yuksek	20
	Sabit	30
	Dusuk	50
Fabrika Alanı	Buyume	30
	Sabit	70
Pazar Payı	Artar	35
	Sabit	50
	Azalir	15
Ekipmanlar	Yenileme	70
	Sabit Kalma	30
Kalite Anlayışı	Yüksek	50
	Orta	40
	Düşük	10

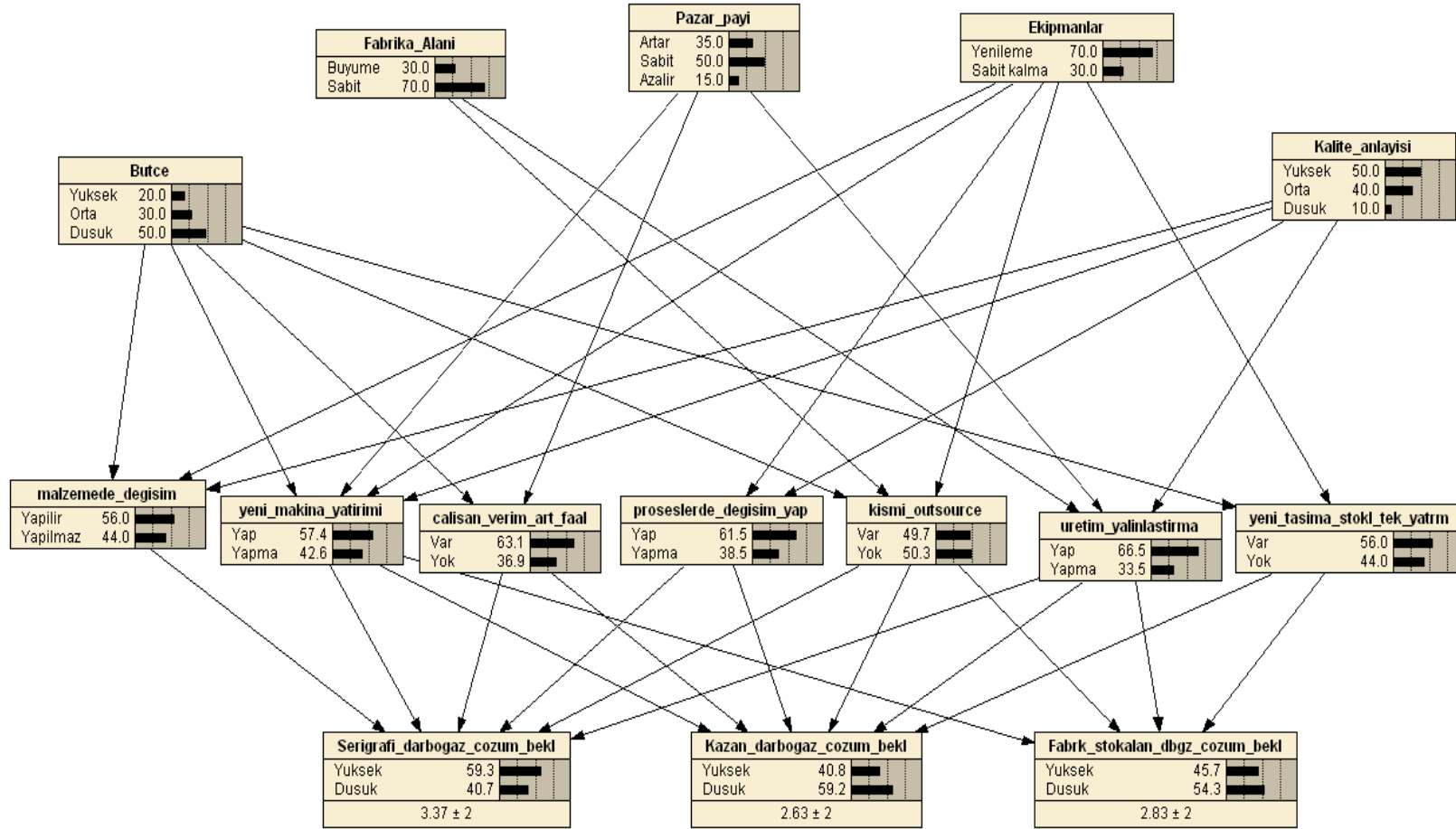
Bu aşamaya kadar tüm detaylarıyla incelenen ve olasılık tabloları belirlenen işletme kaynakları değişkenlerinin farklı durumlarına göre Bayes ağ modeli çalıştırılmış ve şekil 4.6’daki sonuç elde edilmiştir. İşletme kaynaklarının güncel mevcut verilerine göre çözüm alternatifleri ve darboğaz süreçlerin çözüm beklentileri şu şekilde analiz edilebilir:

- Malzeme değişime yönelik karar %56 olumlu yönünde oluşmuştur. Yüksek kalite anlayışı ve pazar payındaki artış beklentisi malzeme değişimine ve malzeme de iyileştirmelere olumlu bakışı sağlamlaştırmıştır.

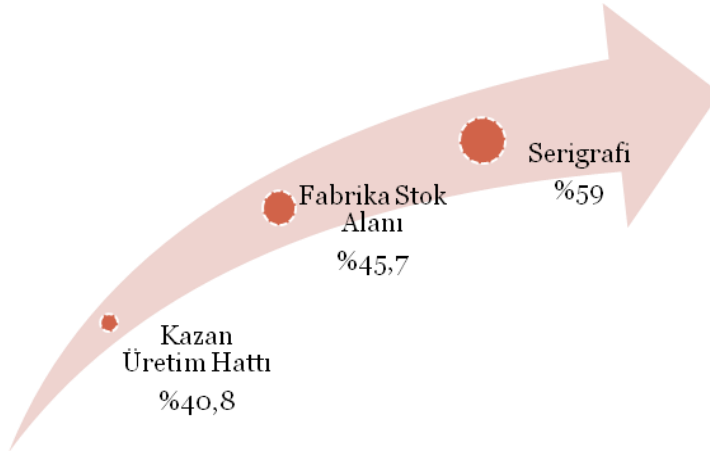
- Çalışan verim artışı faaliyetleri, proseslerde değişim ve üretim yalınlaştırma çalışmaları sırasıyla %63,1 %63,5 ve %66,5 olarak gerçekleşmiştir. Bu değişkenlerin yüksek seviyede olumlu çıkmasındaki ilk etki bütçedeki sabit kalma ya da düşme beklentisidir. Bütçenin yeteri kadar kuvvetli olmadığı senaryoda kalite anlayışını ve pazar payını yüksek tutmak için uygulanabilecek çözümler bunlardır.
- Ekipmanlardaki yenileme beklentisinin %70 seviyesinde yüksek olmasına rağmen bütçedeki düşük beklenti yeni makina yatırımı yapılması kararı %57,4 seviyesinde olumlu karşılanırken bu oran yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımında %56'ya kadar düşmektedir. Mevcut durum olasılık değerlerine göre kısmi outsource yapılması kararı ise tüm çözüm alternatifleri içerisinde en düşük seviyede gerçekleşerek yapılması olasılığı %49,7 yapılmaması olasılığı da %50,3 olarak öngörülmüştür.

Mevcut durum koşullarına göre oluşturulan bayes ağ modeline göre çözüm alternatiflerinin değerleri elde edilirken aynı zamanda darboğaz süreçlerin çözüm beklentilerinin olasılık değerleri de elde edilmiştir. Darboğaz çözüm beklentilerine yönelik güncellenmiş olasılık değerleri şu şekilde analiz edilebilir:

- Mevcut durumun olasılık değerlerine göre çözüm beklentisi en yüksek gerçekleşen darboğaz süreci 3,37 ile serigrafi darboğaz sürecidir. Bu darboğaz yaratan süreçte %59,3 gibi bir oranda yüksek çözüm beklentisi ortaya çıkarken %40,7 gibi bir oranda da çözüm beklentisinin düşük olacağı öngörülmektedir. Mevcut durum şartları incelendiğinde fabrikada serigrafi darboğazını çözmeye yönelik kararlar mantık çerçevesinde en uygun kararlar olarak görünmektedir.



Şekil 4.6 : Mevcut durum senaryosu için düzenlenmiş Bayes ağı.



Şekil 4.7 : Mevcut durumda darboğaz çözüm beklentileri.

- Kazan üretim hattında çözüm beklentisi 2,63 ile en alt düzeyde kalmıştır ve bu beklenti %40,8 yüksek iken %59,2 seviyesinde düşük olarak ortaya çıkmıştır. Bunun temel sebeplerinden biri kazan hattı darboğazı düğümünü etkileyen yeni taşıma ve stoklama teknolojileri ve dışkaynak kullanımı (kısmi outsource) düğümlerinin yeterince yüksek seviyede olumlu karar içermemesidir. Mevcut koşulların kazan üretim hattı darboğazının çözülmesi için çok da uygun bir durum oluşturmadığı ortaya çıkmaktadır.
- Fabrika stok alanı darboğazının çözüm beklentisi %45,7 yüksek olarak görülürken %54,3 düşük olasılıkta görüşmüştür. Çözüm beklentisi değeri 2,83 ile serigrafinin altında kazan üretim hattının ise üzerinde yer almıştır. Bu durumda kendisine etki eden yeni makina yatırımı, yeni taşıma ve stoklama teknolojisi gibi ebeveyn düğümlerin düşük olasılık değerleri etkili olmuştur. Yeni makina yatırımı yapılma durumunda fabrika kapasitesi artacak ve stok seviyesi düşürülece ve dolayısıyla fabrika alanında kazanç sağlanacak ve darboğaz sürecin ortadan kaldırılması yönünde katkı sağlayacaktır.

4.5.2 En iyimser durum senaryo analizi

En iyimser durum senaryo analizi için işletme kaynakları değişkenlerini oluşturan fabrika alanı, bütçe, ekipmanlar, kalite anlayışı ve pazar payı düğümlerinin hepsi için olumlu durumlar %100 olasılıkla değerlendirilecektir ve fabrika için en iyimser tablo oluşturulacaktır.

İşletme kaynakları değişkenleri için en iyimser durum senaryosunda uygulanacak olan ilk olasılıklara dair bilgiler Çizelge 4.12’de gösterildiği gibidir. Bu tabloya göre en iyi durum senaryosunda işletme kaynaklarından bütçenin ve pazar payının kesinlikle yükseleceği, fabrika alanının %100 büyütüleceği, ekipmanların yenilenmesi ve kalite anlayışının yüksek olarak gerçekleşeceği bilgileri modele girilecektir.

Çizelge 4.12 : En iyi senaryoda işletme kaynaklarının olasılıkları.

Değişken	Değişken Durumu	Olasılık (%)
Bütçe	Yuksek	100
	Sabit	0
	Dusuk	0
Fabrika Alanı	Buyume	100
	Sabit	0
Pazar Payı	Artar	100
	Sabit	0
	Azalir	0
Ekipmanlar	Yenileme	100
	Sabit Kalma	0
Kalite Anlayışı	Yüksek	100
	Orta	0
	Düşük	0

Fabrika değer akış haritasında belirlenen darboğaz süreçlerin çözümünde kaynak olarak kullanılan girdi değişkenlerinin en olumlu seviyelerde gerçekleştiği varsayımı altında düzenlenen olasılık tablosu sonucu oluşturulan model Şekil 4.8’de verilmiştir. En iyimser durum altında ilk olarak çözüm alternatifleri değişkenleri değerlendirilecektir.

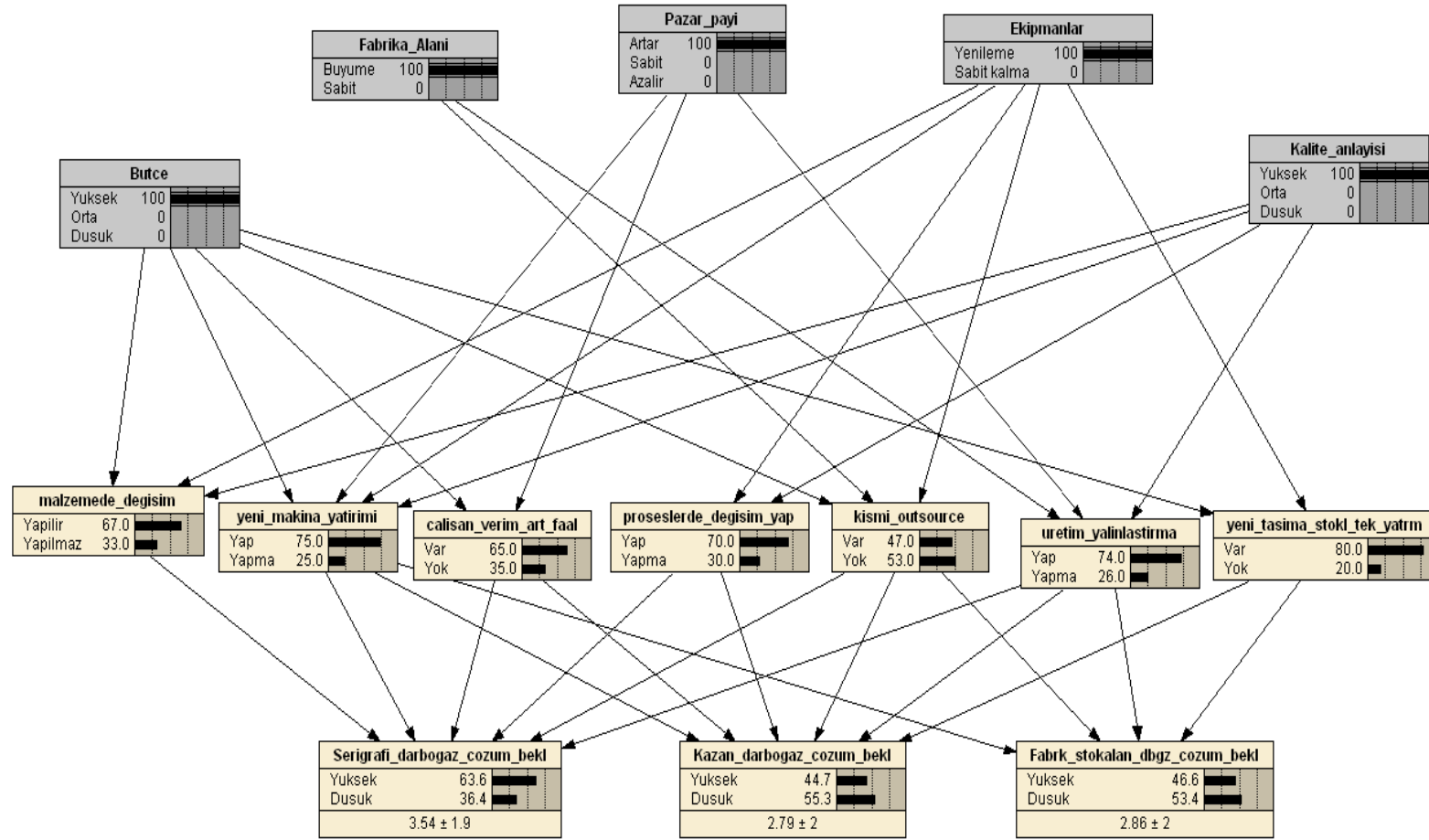
- Malzeme değişimi yapıp yapmama kararında yapılıp kararı %67 ile daha ağır bastığı görülmektedir. Mevcut durum analizinde %56 olan bu oran bütçenin yüksek olarak değerlendirilmesi ve ekipman yenileme olasılığının yüksek olması sayesinde artmıştır. Bütçenin maliyetleri karşılayabildiği durumlarda malzeme değişimi seçeneğinin daha rahat uygulanabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır.
- Yeni makina yatırımına yönelik karar düğümünde %75 olasılıkla yeni makina yatırımı yapılması yönünde bir karar olduğu görülmektedir. Bu durum, eğer bütçe sıkıntısı yoksa ve fabrikanın ekipmanlarını yenileyebilme yetisi olduğu takdirde, artan pazar payını ve yüksek kalite anlayışı gereksinimlerini karşılayabilmesi için uygulayabileceği en etkin çözüm yollarından birinin

yeni makina yatırımı olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

- Çalışan verim artışı ve proseslerde değişim yapılması ve üretim yalınlaştırma kararlarında mevcut durum senaryosuna göre olumlu yönde olasılıkların arttığı görülmektedir. Ancak bu artış çok yüksek seviyelerde değildir. Bunun sebebi hem en iyimser tablo ortaya konduğu için darboğazların çözümünde direk etkili olabilecek diğer çözüm alternatiflerinin uygulanabilir olması hem de mevcut durum senaryosunda da bu değişkenlerin olumlu yönde olasılık değerlerinin yüksek oluşlarıdır.
- Dışkaynak kullanımı (kısmi outsource) değişkeni %47 yapılmalı %53 yapılmalı yönünde bir karar elde edilmiştir. Aslında bu değişken için beklenti, işletme kaynaklarının en iyi seviyede olduğu senaryoda yüksek olması şeklindedir ancak uzman görüşlerine göre, en iyimser senaryoda fabrika içi çözüm alternatiflerinin uygulanmasının önündeki engeller de ortadan kaldırıldığı için bu karar değişkeninde bir denge olduğudur.
- Mevcut durumdan en iyimser duruma geçişte çözüm alternatiflerinin olasılık değerlerindeki en büyük artış yeni taşıma ve stoklama teknolojileri yatırımında olmuştur. Yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı yapılması kararı mevcut duruma göre %30 artarak %80 olarak gerçekleşmiştir. Teknolojik altyapı sağlamaya yönelik en iyi durumlar sağlandığı takdirde, özellikle fabrika stok alanı problemini çözmede en etkin kullanılabilecek çözüm alternatifi olarak görülen bu yatırımın mutlaka yapılması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

İşletme kaynaklarının en iyi şekilde ele alındığı modelde çözüm alternatiflerinde mevcut duruma göre önemli değişiklikler olmuştur. Bu değişiklikler olumlu yönde gelişerek, darboğazların çözüm beklentilerini de etkilemiştir. En iyimser durum için darboğazların çözüm beklentilerini şu şekilde analiz edebiliriz:

- En iyimser senaryoda serigrafi darboğaz değişkeni çözüm beklentisi değeri 3,54 ile en yüksek değer olarak gerçekleşmiştir. Bu şartlar altında serigrafi alanında yaşanan darboğaz probleminin çözümüne yönelik beklenti %63,6 ile yüksek ve %36,4 ile düşük olasılıkta çıkmıştır.



Şekil 4.8 : En iyimser durum senaryosu için düzenlenmiş Bayes ağı.

- En iyimser durumda ortaya çıkan çözüm alternatifi değişkenlerinin olası durumlarında kazan hattı darboğazının çözümünün beklenen değeri 2,8 olarak belirlenmiştir.

Kazan darboğazı değişkeninin çözüm beklentisi %44,7 yüksek ve %55,3 düşük olarak gerçekleşmiştir. Yüksek olması olasılığında mevcut duruma göre yaklaşık %5'lik bir yükselme vardır. Bu durum, yeni makina yatırımı, dışkaynak kullanımı seçeneği, çalışan verim artırma faaliyetleri ve yeni taşıma ve stoklama teknolojileri yatırımlarının iyimser durumda birlikte uygulanabilmesinden kaynaklanmaktadır.

- Fabrika stok alanı darboğazının çözümüne yönelik beklenti 2,86 değeri ile mevcut durumdaki gibi yine ikinci sırada yer almıştır.Çözüm beklentisinin yüksek olma olasılığı mevcut duruma göre %45,7'den yaklaşık %46,6'ya çıkmıştır. Bu değişimde rol oynayan temel faktör yine işletme kaynaklarının yüksek olduğu durumda yeni taşıma ve stoklama teknolojileri yatırımlarının yapılabilmesi ve bu yatırımların kazan üretim hattında uygulanabilmesidir.

4.5.3 En Kötümser Durum Senaryo Analizi

En iyimser durum senaryo analizinin tam tersi şekilde en kötümser senaryo analizinde işletme kaynakları değişkenlerini oluşturan fabrika alanı, bütçe, ekipmanlar, kalite anlayışı ve pazar payı düğümlerinin hepsi için olumsuz durumlar %100 olasılıkla değerlendirilecektir ve fabrika için en kötümser tablo oluşturulacaktır. İşletme kaynakları değişkenleri için en kötümser durum senaryosunda uygulanacak olan ilk olasılıklara dair bilgiler Çizelge 4.13'te gösterildiği gibidir.

Bu tabloya göre en kötü durum senaryosunda işletme kaynaklarından bütçenin ve pazar payının düşük olacağı, fabrika alanının sabit kalacağı, ekipmanların yenilenmeyip sabit kalacağı ve kalite anlayışının düşük olarak gerçekleşeceği bilgileri modele girilecektir. En kötümser senaryo analizi varsayımları şirketin çok büyük bir mali krize girdiği bir dönemi ya da çok büyük bir küresel krizin beyaz eşya sektörünü derinden etkilediği satışların ve dolayısıyla şirket karlılığının dramatik boyutlarda düşüş gösterdiği ekstrem özelliklere sahip bir döneme ait örnek inceleme çalışması olabilir.

Çizelge 4.13 : En kötü senaryoda işletme kaynaklarının olasılıkları.

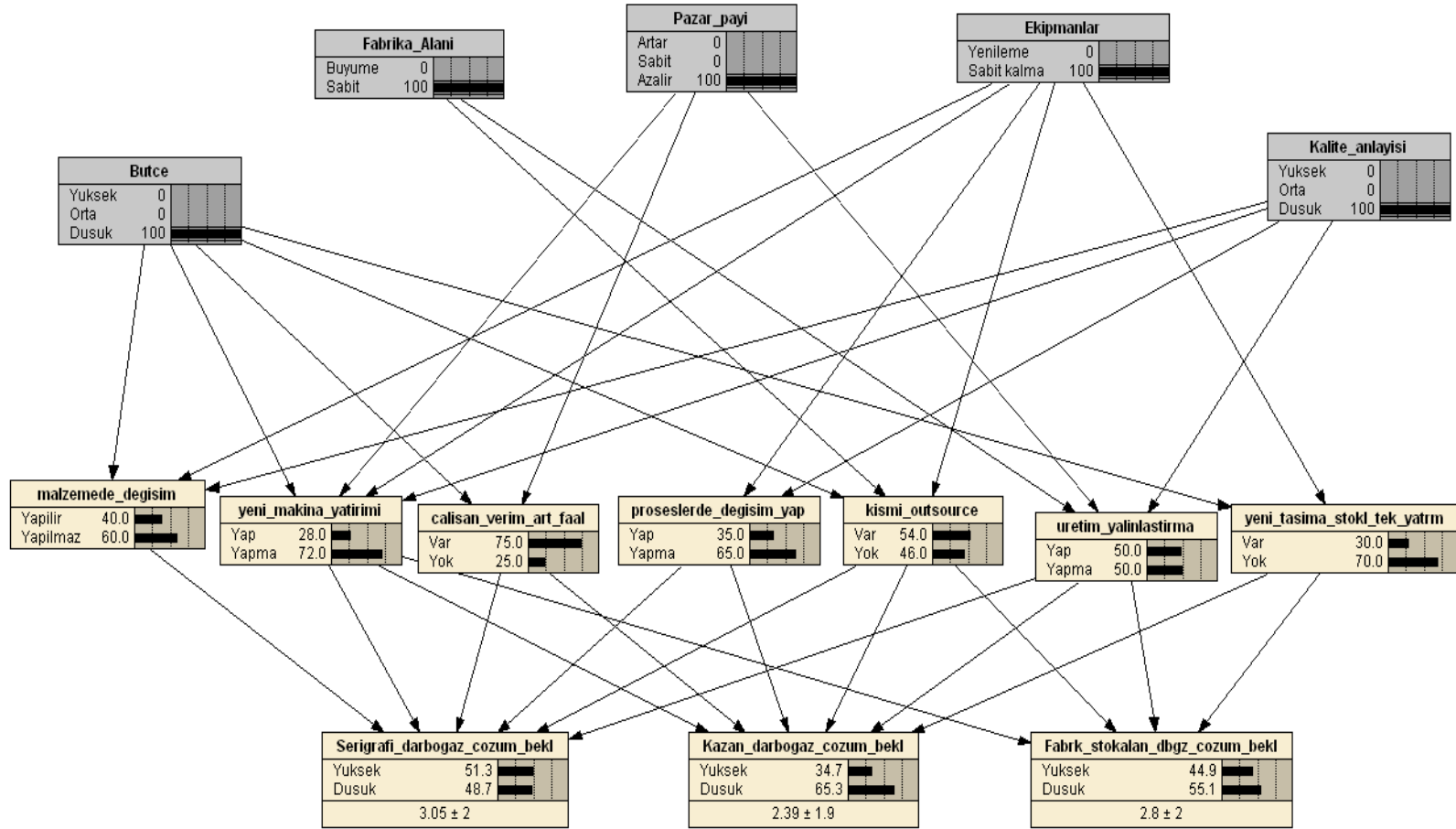
Değişken	Değişken Durumu	Olasılık (%)
Bütçe	Yuksek	0
	Sabit	0
	Dusuk	100
Fabrika Alanı	Buyume	0
	Sabit	100
Pazar Payı	Artar	0
	Sabit	0
	Azalir	100
Ekipmanlar	Yenileme	0
	Sabit Kalma	100
Kalite Anlayışı	Yüksek	0
	Orta	0
	Düşük	100

Çamaşır makinesi fabrikası için modelde işletme kaynakları değişkenlerine ait en kötü olasılık durumlarının gerçekleştiği kabul edilerek yapılan değerlendirme sonucu elde edilen model Şekil 4.9’da verildiği gibi oluşmuştur. Daha önceki senaryo analizlerinde olduğu gibi en kötümser durum senaryosunda da ilk olarak çözüm alternatifleri değişkenleri incelenecektir.

- Malzeme değişimi ile ilgili değişkenin olasılık değerleri %40 yapılı ve %60 yapılmaz şeklinde oluşmuştur. Mevcut durum analizine göre yapılı durumunda %16’lık bir düşüş gerçekleşmiştir. Bu durum uzmanların kaynakların kısıtlı olduğu durumlarda bu kaynakları dikkatli kullanma ve mevcut durumu koruma görüşlerinden kaynaklanmaktadır. Özellikle bütçe ve pazar payının düşeceği varsayımı, şirket içi tasarruf kararlarının ön plana çıkmasına ve maliyet yaratacak tüm faaliyetlerin erteleneceği öngörüsüyle birleşerek bu değişken için olumlu durum olasılığını düşürmüştür.
- En kötü durum senaryosunda yeni makina yatırımı kararı mevcut durum ve en iyi durum ile karşılaştığında tam tersi sonuç vermiştir. En iyi duruma göre bütün çözüm alternatifi değişkenleri içinde olumlu durum olasılığı en çok düşen değişkenlerden biri yeni makina yatırımı değişkenidir. Bu durumun temel sebebi olarak yeni makina yatırımının doğrudan bütçe büyüklüğü ile ilgili olması, ekipmanların yenilenmesi durumuya direk bağlantılı olması ve pazar payı ve kalite anlayışı değişkenlerinden de en çok etkilenen değişkenlerden biri olmasıdır. Mevcut durum analizinde %57,4 en iyi durum analizinde %75 olarak gerçekleşen yeni makina yatırımı kararı, en kötü

senaryoda tam tersine dönerek %28 yapılır ve %72 yapılmaz durumlarına sahiptir.

- Çalışan verimlilik artışı faaliyetleri için değerlendirme yapıldığında diğer tüm değişkenlerden farklı bir değişim olduğu göze çarpmaktadır. Diğer değişkenlerde en kötü durum senaryosunda genel trend olumsuz kararın yüksek olasılığa sahip olması ve olumlu kararın düşük olasılığa sahip olması şeklindedir. Çalışan verim artırma faaliyetleri, vardiya düzeninin değiştirilmesi, vardiya sayısının artırılması gibi dolaylı etkiye sahip aksiyonlar içerdiğinden doğrudan bir maliyet kalemi olarak değerlendirilemez ve kısıtlı kaynaklar üzerindeki olumsuz etkisi diğer değişkenlere göre daha düşüktür. Bu yüzden en kötü senaryo gerçekleşmesi durumunda fabrika geneli için başvurulabilecek bir çözüm olarak olumlu durum olasılığı oldukça yüksek gerçekleşmiştir. Pazar payının ve kalite anlayışının yüksek olduğu durumlarda yine çalışan verim artırma faaliyetlerinin olumlu durum olasılığının yüksek olmasının sebebi ise hem pazar ihtiyacını karşılamak hem de kalite düzeyini yükseltebilmek için bu tip faaliyetlerin fabrika içinde gerekli olmasından kaynaklanmaktadır.
- Prosesler değişim yapma değişkeninin olumlu durumu %35 ve olumsuz durumu ise %65 olarak gerçekleşmiştir. Bunun sebebi uzmanlar tarafından, kaynakların kısıtlı olarak öngörüldüğü bir dönemde süreçlerde değişim yapmak gibi riskli bir aksiyon almanın mevcut kaynakların uygunsuz kullanımına ve kötümser tablonun etkisinin daha da artmasına sebebiyet verebilme ihtimalinin yüksek oluşudur.
- Dışkaynak kullanımı (kısmi outsource) değişkeninin olumlu durumunun olasılık değeri yaklaşık %5'lik bir artış göstermiştir. Bu artışta fabrika içinde üretimi maliyetli olan bazı parçaların tedarikçilerden daha uygun maliyetlerde temin edilebileceği öngürüsü rol oynamıştır.



Şekil 4.9 : En kötümser durum senaryosu için düzenlenmiş Bayes ağı.

- Üretim yalınlaştırma çalışmaları için olumlu ve olumsuz karar durumlarının yüzdeleri eşit olarak çıkmıştır. Mevcut durumda olumlu durum olasılığı %66,5 olarak gerçekleşmişti. Bu durumdaki önemli düşüşün sebebi olarak ilk olarak kalite anlayışının düşeceği öngürüsü ve pazar payındaki düşüş ile birlikte gelen atıl kapasite sorunudur. Böyle bir durumda üretim yalınlaştırma gibi kapasite ve verimlilik artırıcı bir yaklaşım, konu hakkında uzman kişiler tarafından ikincil bir çözüm alternatifi olarak görülmektedir.
- Yeni taşıma ve stoklama teknolojileri yatırımı için olumlu karar %30 iken olumsuz durum olasılığı %70 olarak gerçekleşmiştir. Mevcut durumdan sonra en iyi durum analizinde olumlu durum olasılığı en çok artan değişkenlerden olan yeni taşıma ve stoklama teknolojileri değişkeni, en kötü senaryo varsayımlarından da en çok etkilenen değişkenlerin başında gelmektedir. Çünkü, bu değişkenin yapılabilmesi direk olarak güçlü bir bütçeye, ekipman yenileme kararlarının alındığı bir stratejik yönetim planına ve daha yüksek kapasite ihtiyacına bağlıdır. Aslında fabrika stok alanının sabit kalma olasılığının kesin olduğu bir öngöründe yeni taşıma ve stoklama teknolojileri yatırımının daha yüksek seviyede olumlu sonuçlar beklenmelidir ancak, diğer olumsuz koşulların etkisi fabrika alan kısıtının etkisinden daha yüksek olduğu için %30'luk olasılık değeri elde edilmiştir.

En kötümser senaryoda üstteki bölümlerde analiz edildiği gibi oluşan çözüm alternatifleri değişkenlerine bağlı olarak darboğaz süreçlerin çözüm beklentilerinin durumları şu şekilde gelişmiştir:

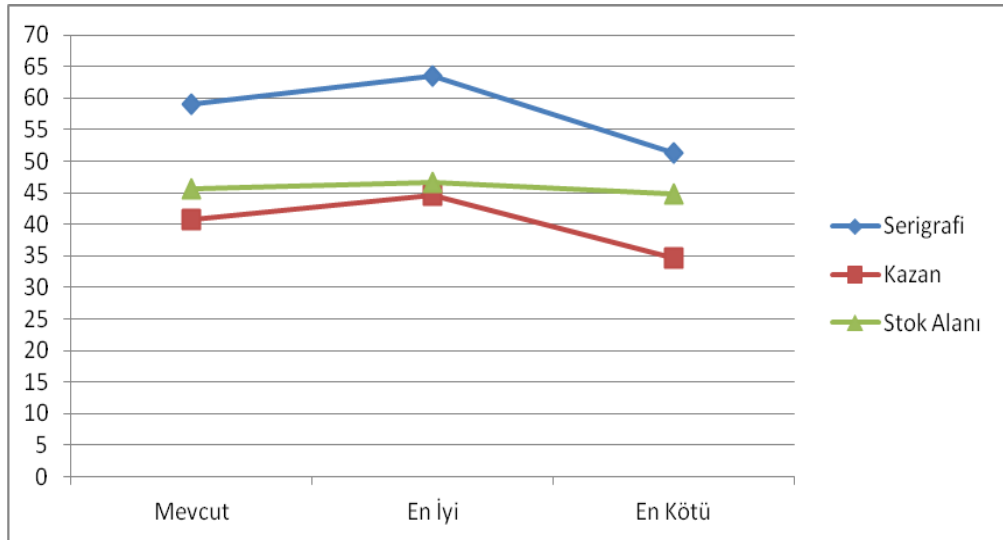
- En kötümser senaryo analizinde de mevcut durum ve en iyimser durum senaryolarında olduğu gibi üç darboğaz süreç arasında çözüm beklentisi en yüksek olan değişken yine serigrafi darboğaz süreci olmuştur. Ancak diğer senaryolarla kıyaslama yapıldığında beklenti oranı en çok düşen değişken de yine serigrafi darboğaz değişkeni olmuştur. En iyi durum senaryosunda 3,56 ve mevcut durum senaryosunda 3,37 değerinde olan değişken en kötümser durum senaryosunda 3,05'e kadar düşmüştür. Serigrafi darboğaz sürecinin çözüm beklentisi %51,3 ile yüksek ve %48,7 ile düşük olarak gerçekleşmiş ve yine %50 sınırının üstünde olumlu durum olasılığı gerçekleşmiştir.
- Kazan üretim hattı süreci ile ilgili en kötü durum senaryosunda elde edilen veriler darboğaz süreçler içinde en kötü beklentiye sahip değişkendir. Kazan

hattının çözüm beklentisi %34,7 olasılıkla yüksek ve %65,3 olasılıkla da düşük olarak gerçekleşirken çözüm beklentisi değeri 2,39 ile tüm senaryolardaki tüm değişkenlerin en düşük seviyesinde gerçekleşmiştir.

- Fabrika stok alanı darboğazının çözüm beklentisi %44,9 olasılıkla yüksek ve %55,1 olasılıkla düşük olarak gerçekleşmiştir. En kötü durum senaryosunda yer alan kısıtlı kaynak varsayımından en az etkilenen darboğaz çözüm beklentisine sahip değişkendir. Mevcut durumda 2,83 olan darboğaz çözüm beklentisi değeri en kötü durum senaryosunda 2,80 olarak gerçekleşmiştir. Fabrika stok alanı darboğazının çözüm alternatiflerinin kötü durum senaryosundan en az etkilenen değişkenler olması ve birbirine alternatif çözümlere sahip olması dolayısıyla iyi durumda da kötü durumda da yaklaşık beklenti değerlerine sahip olması beklenti değerindeki bu küçük düşüş miktarını en iyi açıklayan sebeplerdir.

Farklı durum olasılıkları altında senaryo analizleri incelendiğinde aşağıdaki şekilde yer alan ortak sonuç elde edilmiştir. Buna göre her durumda çözüm beklentisi en yüksek olan darboğaz süreç serigrafı alanı olarak belirlenmiştir. Farklı durum koşullarından en az etkilenen darboğaz süreç olarak fabrika stok alanı problemi belirlenmiştir. Bu durumda serigrafı alanındaki darboğazın çözümü için odaklanmak en mantıklı sonuç olarak ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.14 : Senaryo analizleri ortak sonucu.



4.6 Duyarlılık Analizleri

Senaryo analizleri yapıldıktan sonra modelde yer alan bazı değişkenlerin olasılık durumlarında meydana gelen değişimlerin modeli nasıl etkilediğini tespit edebilmek için duyarlılık analizleri yapılmıştır.

Duyarlılık analizlerinin yapılabilmesi için işletme kaynakları değişkenlerinden, çözüm alternatiflerinden ve darboğaz süreç değişkenlerinden seçilen bazı değişkenlerin farklı durumları altında model değerlendirilerek diğer değişkenlerin değişimleri irdelenmiştir.

Çalışma kapsamında yapılacak olan duyarlılık analizlerinde ilk olarak işletme kaynakları değişkenlerinden bütçe değişkeni ve çözüm alternatifleri değişkeninden yeni makina yatırımı değişkenleri seçilmiş ve bu iki değişkenin farklı olasılık durumları için modeldeki diğer değişkenler gözlemlenmiştir. Bütçe değişkeni üç olasılıklı bir değişken olduğu için bu değişkenin duyarlılık analizinde bütçenin sabit olması seviyesi göz ardı edilerek sadece yüksek ve düşük olması durumları incelenecektir.

Duyarlılık analizlerinin ikinci safhasında da, serigrafi, kazan üretim hattı ve fabrika stok alanından oluşun çözüm bekleyen darboğaz süreçlerin her birinin teker teker çözüm beklentilerinin yüksek ve düşük olduğu durumlarda modelde ne gibi değişimler olduğu incelenecektir. Bu inceleme yapılırken, bir darboğaz değişkeninin çözüm beklentisi %100 yüksek ve düşük seviyelerde değerlendirilirken diğer değişkenlerin olasılık değerleri mevcut durum senaryosundaki değerler olarak kalacaktır.

Çizelge 4.15 : Darboğaz çözüm beklentilerine göre duyarlılık analizleri.

	Beklentiler		
Senaryolar	Serigrafi çözüm	Kazan çözüm	Fabrika stok alanı çözüm
Serigrafi çözüm	Yüksek/Düşük	Mevcut	Mevcut
Kazan çözüm	Mevcut	Yüksek/Düşük	Mevcut
Fabrika stok alanı çözüm	Mevcut	Mevcut	Yüksek/Düşük

4.6.1 Bütçe değişkeni duyarlılık analizi

Duyarlılık analizi çalışmalarının ilki, işletme kaynakları değişkenlerinden olan bütçe değişkeni üzerinde yapılmıştır. Bütçe değişkeni üzerinde duyarlılık analizi yapabilmek için diğer işletme kaynakları değişkenlerinin olasılık değerleri mevcut durum analizindeki değerler olarak kabul edilmiştir. Bütçe değişkeni, üç farklı durum içeren bir değişken olduğundan dolayı, duyarlılık analizi giriş bölümünde de bahsedildiği gibi bütçenin sabit kalması olasılığı değerlendirilmeye alınmayacak ve yalnızca yüksek ve düşük olması olasılıkları değerlendirilecektir. Bu varsayımlar altında model çalıştırılarak diğer değişkenlerin farklı olasılık durumlarının değerlerindeki değişimler incelenmiştir. Bütçe değişkeninin yüksek ve düşük olarak kabul edildiği modelin değerleri Ek D1 ve Ek D2 kısmında verilmiştir. Modelde meydana gelen değişimler birarada Çizelge 4.16’da verilmiştir.

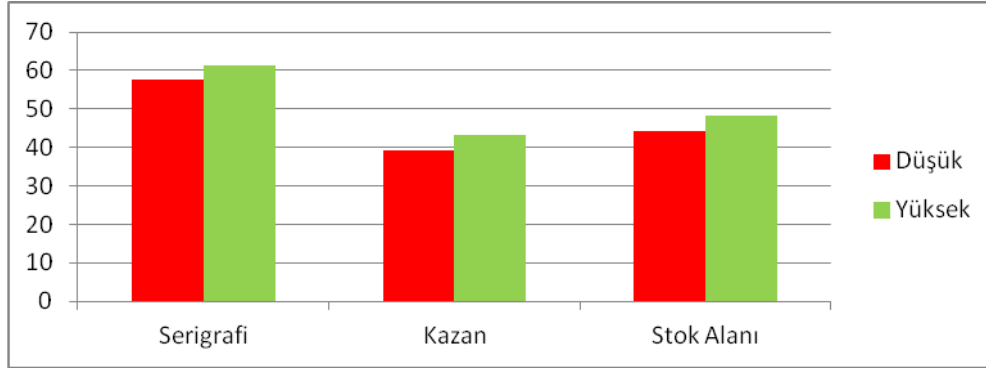
Çizelge 4.16 : Bütçe değişkenine göre duyarlılık analizleri.

BÜTÇE		Düşük Bütçe	Yüksek Bütçe
Değişken	Değişken Durumu		
Malzeme Değişimi	Yapılır	50%	64%
Yeni makina yatırımı	Yap	51%	66%
Çalışan verim artırma faaliyetleri	Var	65%	63%
Proseste değişim	Yap	62%	62%
Kısmi outsource	Var	45%	58%
Üretim Yalınlaştırma	Yap	67%	67%
Yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı	Var	44%	74%
Serigrafi	Çözüm Beklentisi	3,31	3,46
Kazan	Çözüm Beklentisi	2,56	2,73
Fabrika stok alanı	Çözüm Beklentisi	2,76	2,93

İşletme kaynaklarından bütçe değişkeni ile yapılan duyarlılık analizinde bütçeye bağlı olasılık değerlerinde en çok değişime malzeme değişimi, yeni makina yatırımı, kısmi outsource ve yeni taşıma ve stoklama teknolojileri yatırımda raslanmıştır. Yapılan değerlendirmeye göre bütçenin yüksek olduğu durumla düşük olduğu durum sırasında darboğazların çözümü için malzeme değişimi çözümüne başvurulması %64 seviyesinden %50’ye düşmektedir. Aynı şekilde yeni makina yatırımda da %66 olan yapılma olasılığı bütçenin düşük olduğu durumda %51’e gerilemiştir. Bu iki çözüm alternatifi ile benzer şekilde dışkaynak kullanımı (kısmi outsource) çözüm alternatifi de %58’den %45’e düşmüştür. Yeni taşıma ve stoklama teknolojilerine yatırım yapılması ise en büyük düşüşün yaşandığı çözüm alternatifidir. Bu değişkenin olumlu olasılık değerinde %30’luk bir düşüş yaşanmıştır. Bu durumu

değerlendirmek gerekirse, malzeme değişimi, yani makina yatırımı, dışkaynak kullanımı ve yeni taşıma ve stoklama teknolojileri oldukça maliyetli çözüm alternatifleridir ve bütçenin düşük olduğu bir durumda, fabrikanın maliyeti yüksek olan çözüm yolları yerine belki daha az etkili ama maliyetleri ve dolayısıyla bütçe üzerindeki olumsuz etkileri daha düşük olan alternatiflere yöneleceği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.17 : Bütçe değişkenine göre duyarlılık analizi.



Bütçenin yüksek ya da düşük olması durumuna göre yapılan değerlendirmede, çalışan verim artırma faaliyetlerinde sadece %2'lik bir fark ortaya çıkmıştır. Üretim yalınlaştırma ve süreç değişimi, modelde değişkenler arası ilişkiler belirlenirken bütçeden etkilenmeyen değişkenler olarak belirlenmiştir. Bu yüzden, bu üç çözüm alternatifi, bütçe sıkıntısı yaşanan durumlarda fabrikada meydana gelen darboğazların çözümünde ilk planda uygulamaya alınabilecek çözüm alternatifleri olarak görülmektedir.

Fabrika darboğaz süreçleri üzerinde bütçenin etkisine bakılacak olursa, bütçenin yüksek durumdan düşük duruma geçişte çözüm beklentisi tüm süreçler için düşmüştür. Darboğaz süreçlerin çözüm beklentisi değerlerinde 0,15 ile 0,20'lik düşüşler yaşanmıştır. Bu durumun temel sebebi bütçedeki düşüşten olumsuz etkilenen çözüm alternatiflerinin aynı doğrultuda darboğazların çözümler üzerindeki katkıları da düşmüştür ve bunların yerine alternatif çözümler uygulansa bile toplam çözüm beklentisinde bir düşüşün önüne geçilemeyecektir.

Bu duyarlılık analizi çalışmasından, bütçenin en önemli işletme kaynaklarından biri olduğu ortaya çıkmıştır.

4.6.2 Yeni makina yatırımı değişkeni duyarlılık analizi

Duyarlılık analizleri çalışmalarında ikinci adım olarak darboğaz çözüm alternatifi değişkenlerinden yeni makina yatırımı değişkeni incelemeye alınmıştır. Bu bağlamda, diğer tüm çözüm alternatiflerinin olasılık değerleri mevcut durum senaryosundaki seviyelerindeki gibi kabul edilecek, yalnızca yeni makina yatırımı için olasılık değerleri olumlu ve olumsuz yönde değiştirilecektir.

Yeni makina yatırımı değişkeninin olasılık durumları olan yatırım yapılması ve yapılmaması varsayımları altında model çalıştırılmış ve işletme kaynakları, diğer çözüm alternatifleri ve darboğaz değişkenleri üzerindeki değişimler gözlemlenmiştir ve Ek D3 ile Ek D4 kısmında paylaşılmıştır.

Yeni makina yatırımı yapılmaması ve yapılmaması durumunda modelde gerçekleşen değişimler Çizelge 4.18’de tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 4.18 : Yeni makina yatırımına göre duyarlılık analizi.

Yeni makina yatırımı		Yapma	Yap
Değişken	Değişken Durumu		
Bütçe	Yüksek	15,8%	23,1%
	Sabit	27,2%	32,1%
	Düşük	57,0%	44,8%
Fabrika alanı	Büyüme	30,0%	30,0%
Ekipmanlar	Yenileme	64,4%	74,2%
Pazar payı	Artar	32,2%	37,1%
	Azalı	17,7%	13%
Kalite anlayışı	Yüksek	47,7%	51,7%
	Düşük	11,9%	8,60%
Malzeme Değişimi	Yapılır	54,8%	56,9%
Çalışan verim artırma faaliyetleri	Var	63,5%	62,8%
Proseste değişim	Yap	60,3%	62,4%
Kısmi outsource	Var	49,3%	50,0%
Üretim Yalınlaştırma	Yap	66,1%	66,8%
Yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı	Var	53,0%	58,2%
Serigrafi	Çözüm Beklentisi	3,04	3,62
Kazan	Çözüm Beklentisi	2,26	2,91
Fabrika stok alanı	Çözüm Beklentisi	2,78	2,86

Yeni makina yatırımının yapılması ve yapılmaması durumu için gerçekleştirilen duyarlılık analizinde bütçe değişkeni için yapılan duyarlılık analizinden farklı olarak işletme kaynakları değişkenlerinin oluşturduğu girdi değişkenleri de etkilenmiştir.

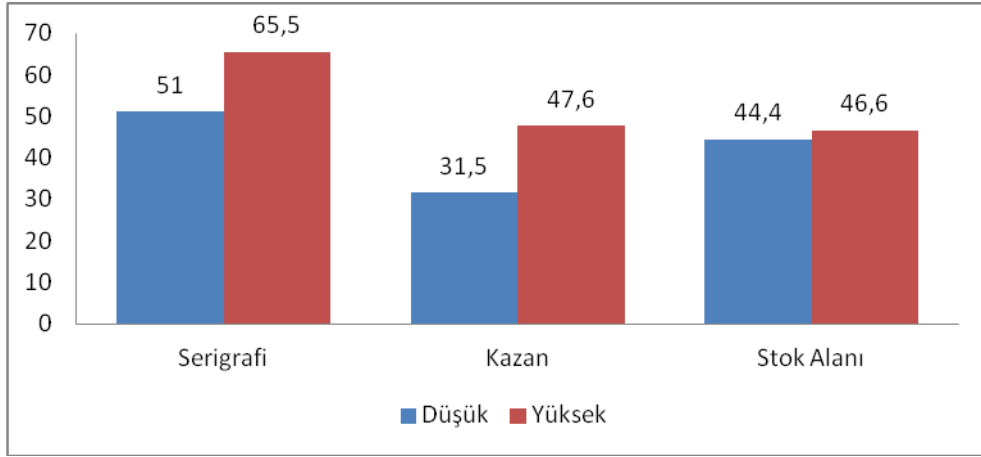
İşletme kaynaklarında meydana gelen bu değişim yeni makina yatırımı yapılıp yapılmamasına yönelik kararların hangi koşullarda gerçekleşeceğini göstermektedir. Bu açıdan değerlendirilecek olursa, darboğaz süreçlerin kaldırılmasında yeni makina yatırımı çözüm alternatifinin uygulanabilmesi için bütçe %55 seviyelerinde yüksek ya da sabit olması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bütçenin düşük olduğu durumlarda yeni makina yatırımına dair kararlar %44,8 yapılması ve %57 yapılmaması yönünde elde edilmiştir. Bir önceki bütçe duyarlılık analizinde bahsedildiği gibi, yeni makina yatırımı yapılmak isteniyorsa bütçe değişkenin düşük olmaması gerekmektedir.

Fabrika alanı değişkeni ile ilgili farklı durumların yeni makina yatırımı etkilemediği bu duyarlılık analizi sonucu elde edilen çıkarımlardan biridir. Yine aynı paralelde, yeni makina yatırımı yapılması durumunda da, yapılmaması durumunda da ekipmanların yenilenmesine dair olasılık yüksek olarak gerçekleşmiştir. Bir montaj fabrikası olan işletmede, ekipmanların üretim yapılmasında en önemli girdilerden biri olması neticesinde bu değişken her daim önemli bir kavram olarak işletme kaynakları arasında yer almaktadır. Bu nedenle, yeni makina yatırımı kararı olsun olmasın, her türlü darboğaz problemlerin çözümünde ve mevcut faaliyetlerin devam ettirilmesinde ekipmanların yenilenmesi ve bu konuda en son teknolojik gelişmelerin takip edilmesi bir işletme stratejisidir.

Yeni makina yatırımı yapılması durumunda pazar payında artış olma olasılığının %37,1 olarak gerçekleşmesi beklentisi ortaya çıkmıştır. Yeni makina yatırımı yapılmadığı durumlar, fabrikanın pazar payının %32,2 olasılıkla yükseldiği ve %17,1 bir olasılıkla düştüğü çevre koşullarının sonucu olarak belirlenmiştir. Buradan pazar payındaki artışların ve dolayısıyla elde edilen satış miktarlarındaki yükselişin, fabrika yeni makina yatırımlarını olumlu yönde etkilediği sonucu çıkmaktadır. Mevcut darboğazların çözümlenmesinin yanı sıra artan müşteri talebini karşılamada ve fabrika kapasitesini yükseltmede yeni makina yatırımı önemli bir çözüm alternatifidir. Yeni makina yatırımının yapılma olasılığının yüksek olması fabrikanın kalite anlayışının %51,7 değerinde yüksek olarak gerçekleşmesi gerekliliğini belirtmiştir. Kalite anlayışının düşük olduğu durumda yeni makina yatırımı yapılması kararının %40 dolaylarında kalması ancak üstün kalite algısına ve kaliteli üretim yapma hedefine sahip bir fabrikanın yeni yatırımları ve fabrika gereksinimlerini karşılayacak makinaları çözüm alternatifi olarak uygulayacağı gerçeğiyle örtüşmektedir.

İşletme kaynakları değişkenlerinin ardından diğer çözüm alternatifleri üzerindeki yeni makina yatırımı yapılıp yapılmaması kararının etkileri incelenecektir. Yeni makina yatırımı yapılması yönünde bir karar alındığı takdirde malzeme değişimi yapılması kararının yüzdesi de %54,8'den %56,9'a çıkmıştır. Bu da yeni bir makina da kullanılan mevcut malzemenin değiştirilebilmesi ya da malzeme üzerinde dizayn değişikliği gibi beklenen gereksinimlerden doğmaktadır. Çalışan verim artırma çalışmaları yüzdesi yeni makina yatırımı yapılırken %62,8 ve yapılmazken de çok az yükselerek %63,5 olarak değişmektedir. Buradan yeni makina yatırımı kararından bağımsız olarak çalışan verim artırma faaliyetleri darboğaz çözümlerinden biri olarak uygulanmaktadır sonucu çıkartılabilmektedir. Aynı şekilde süreç (proses) değişimi çözüm alternatifi de yeni makina yatırımı yapılıp yapılmaması kararından sadece %2,1 düzeyinde etkilenmektedir ve bu durum proses değişimi çözümünün uygulanmasında yeni makina yatırımının çok düşük bir etkisi olduğunu göstermektedir. Süreçte değişim yapılması değişkeninde olduğu gibi dışkaynak kullanımı (kısmi outsource) ve üretim yalınlaştırma çözümlerinin uygulanmasında yeni makine yatırımı yapılmasının %1'in altında olumlu yönde etkisi bulunmaktadır. Üretim yalınlaştırma çalınlaştırmalarının yapılması her iki durum içinde %66 gibi yüksek bir değer almaktadır ve darboğaz çözümlerinde diğer tüm çözüm alternatiflerinden bağımsız şekilde uygulanan bir çözümdür. Üretim yalınlaştırma ve proses değişimlerinin yüksek yüzdelerde olumlu durumları için sonuçlanması, yeni makina yatırımı kararının bu çözüm alternatifleri ile desteklenmesi halinde darboğaz süreçlerin çözümünde daha büyük katkı sağlayacağı gerçeğini ortaya çıkarmaktadır. Son çözüm alternatifi değişkeni olan yeni taşıma ve stoklama teknolojileri yatırımının yeni makina yatırımı yapılmazken olasılık değeri %53 ve yapılırken %58,2 olarak gerçekleşmiştir. Yeni makina yatırımı ile gelen bu %5,2'lik artışın sebebi, özellikle serigrafi ve kazan üretim hattındaki darboğazların çözümünde etki derecesini yüksek olan yeni makina yatırımının bu alanlarda kapasiteyi artırması ile birlikte fabrika stok alanı probleminde artışa sebep olacağı beklentisi ve bu problem üzerinde de en çok etkiye sahip olan yeni taşıma ve stoklama teknolojilerinin yatırımının aynı paralelde desteklenmesi şeklinde öngörülebilir.

Çizelge 4.19 : Yeni makina yatırımı değişkenine göre duyarlılık analizi.



Yeni makina yatırımı ile ilgili duyarlılık analizinde son olarak yeni makina yatırımına bağlı fabrikada darboğaz oluşturan süreçlerin çözüm beklentilerinde meydana gelecek değişiklikler incelenecektir. Yeni makina yatırımı yapıldığı durumda serigrafi darboğazı çözüm beklentisi 3,62 değerinde gerçekleşirken yatırımın yapılmadığı durumda bu değer 3,04'e kadar gerilemiştir. Bu durumun ortaya çıkması kuşkusuz yeni makina yatırımının serigrafi darboğazı çözümünde en yüksek etki seviyesine sahip çözüm alternatifi olmasından kaynaklanmaktadır. Kazan üretim hattının çözüm beklentisi değeri yeni makina yatırımı yapılması durumunda 2,91 yapılmaması durumunda 2,26 olarak gerçekleşmiştir.

Fabrika stok alanı darboğazı çözüm beklentisi ise yeni makina yatırımı yapılması ve yapılmaması durumlarında sırasıyla, 2,86 ve 2,78 olarak gerçekleşmektedir. Bu sonuçlardan ortaya çıkan netice, yeni makina yatırımı kararının en çok kazan hattı darboğazı çözüm beklentisini etkilerken en az fabrika stok alanı probleminin çözümünü etkilemektedir. Serigrafi ve kazan hatları üzerindeki olumsuz etki derecesinde birbirine çok yakındır. Bu durumun ortaya çıkmasında en büyük etken, yeni makina yatırımının daha çok serigrafi ve kazan hatları ile ilgili bir çözüm olması ve fabrika stok alanı probleminin çözümünde etki derecesinin düşük olmasıdır.

4.6.3 Serigrafi darboğazı duyarlılık analizi

Duyarlılık analizlerinin bu kısmından itibaren değer akış haritasında darboğaz olarak belirlenmiş olan serigrafi, kazan ve fabrika stok alanı darboğaz süreçlerinin duyarlılıkları incelenecektir. İlk olarak serigrafi alanı darboğazının çözüm beklentisinin %100 yüksek olması durumunda ve %100 düşük olması durumunda

modelde çıkan sonuçlar, mevcut durum koşullarındaki verilere göre kıyaslanarak değerlendirme yapılacaktır. Bu analizi gerçekleştirmek için serigrafi çözüm beklentisinin en iyi ve en kötü durumuna göre oluşturulan model çalıştırılmış çözüm alternatiflerinin değerleri ve işletme kaynaklarına ait değerler Ek D5 ve Ek D6’da gösterilmiştir. Bu değişimler kısaca Çizelge 4.20’de gösterilmiştir.

Serigrafi darboğazı çözüm beklentisindeki değişimler doğrudan doğruya işletme kaynakları değişkenleri ile bağlantılı olmasa bile, serigrafi çözüm beklentisinin alacağı yüksek ve düşük durumlarına istinaden işletme kaynaklarının olasılık değerlerinde birtakım değişiklikler gözlemlenmiştir. Ancak işletme kaynakları değişkenleri üzerindeki bu değişimler yüzde olarak çok yüksek boyutlarda değildir.

Çizelge 4.20 : Serigrafi darboğazı çözümüne göre duyarlılık analizi.

Serigrafi Darboğaz Çözüm			
Değişken	Değişken Durumu	Düşük	Yüksek
Bütçe	Yüksek	18,9%	20,8%
	Sabit	29,3%	30,5%
	Düşük	51,8%	48,8%
Fabrika alanı	Büyüme	30,3%	29,8%
Ekipmanlar	Yenileme	68,3%	71,2%
Pazar payı	Artar	34,5%	35,3%
	Azalı	15,3%	14,8%
Kalite anlayışı	Yüksek	48,8%	50,8%
	Düşük	10,9%	9,4%
Malzeme Değişimi	Yapılır	50,9%	59,5%
Yeni makina yatırımı	Yap	48,7%	63,4%
Çalışan verim artırma faaliyetleri	Var	61,8%	64,0%
Proseste değişim	Yap	54,6%	66,3%
Kısmi outsource	Var	47,0%	51,6%
Üretim Yalınlaştırma	Yap	66,1%	66,8%
Yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı	Var	55,2%	56,6%
Kazan	Çözüm Beklentisi	2,57	2,67
Fabrika stok alanı	Çözüm Beklentisi	2,80	2,84

Bütçe, fabrika alanı, ekipmanlar, pazar payı ve kalite anlayışı değişkenlerinin, serigrafi darboğazının farklı çözüm beklentileri durumunda almaları beklenen yüksek ve düşük değerleri arasında en fazla %2’lik bir fark ortaya çıkmaktadır. Buna göre, işletme kaynaklarında genel olarak %2’lik küçük bir olumlu gelişme bile, kaynakların doğru ve etkin kullanımı halinde fabrika için önemli bir kapasite problemi oluşturan serigrafi alanındaki darboğazı çözmeye yetmektedir sonucu çıkmaktadır.

Serigrafi darboğaz çözüm beklentisinin yüksek durumdan düşük duruma geçerken çözüm alternatifleri arasındaki en büyük düşüşler malzeme değişimi, yeni makina yatırımı ve proseste değişim kararlarında gözlenmiştir. Yüksek çözüm beklentisinde malzeme değişimi kararı verme olasılığı %59,5 iken düşük beklentide bu değer %50,9 olarak gerçekleşmiştir. Aynı şekilde çözüm beklentisi yüksek iken yeni makina yatırımı yapılması yönünde karar verme olasılığı %63,4 süreçlerde değişim %66,3 olarak gerçekleşmiş, çözüm beklentisi düşük duruma geldiğinde ise bu değerler sırasıyla %48,7 ve %54,6 olarak gerçekleşmiştir. Bu gözlemler, serigrafi darboğazı çözümünde görece olarak en yüksek olumlu etkiyi yapan çözüm alternatiflerinin sırasıyla yeni makina yatırımı, proses değişimi ve malzeme değişimi olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu çözüm alternatiflerine ait değerlendirmelerin ardından kısmi outsource değişkeninin yüksek çözüm beklentisi durumunda %51,6 olarak gerçekleşen beklenen durumu, düşük çözüm beklentisinde %47 olarak gerçekleşmiştir. Bu yüzdelerde, dışkaynak kullanımı (outsource yapılması) durumunun serigrafi de yaşanan darboğazın çözümünde başvurulabilecek yöntemlerden biri olduğunu göstermektedir. Serigrafi alanında yaşanan darboğazı çözmeye yönelik alınabilecek çalışan verim artırma faaliyetleri kararı ise, serigrafi çözüm beklentisinin yüksek ve düşük olmasına göre yaklaşık olarak %3'lük bir düşüş gözlenmektedir. Bu düşüşe rağmen çalışan verim artırma faaliyetlerinin düşük çözüm beklentisindeki olumlu karar olasılığı %61,8 olarak beklenmektedir ve bu değerler çalışan verimliliğinin serigrafideki kilit performans girdilerinden birini oluşturduğunu göstermektedir. Aynı açıklama, serigrafideki çözüm beklentisinin yüksek ya da düşük olmasından etkilenmeyen üretim yalınlaştırma çalışmaları için de yapılabilir. Yeni taşıma ve stoklama teknolojilerine yatırım yapma durumu, serigrafideki çözüm beklentisinin yüksek ya da düşük olarak değiştirilmesinden etkilenmemektedir ve serigrafi darboğazının çözümüne etkisi çok düşüktür.

Serigrafi darboğaz çözüm beklentisindeki değişimin diğer darboğaz süreçler üzerindeki etkisi incelenecek olursa çözüm beklentisi yüksekten düşük duruma geçirirken kazan hatlarındaki çözüm beklentisi 2,67 değerinden 2,57 seviyesine inmekte ve fabrika stok alanı darboğazının çözüm beklentisi de 2,84 değerinden 2,80 değerine inmektedir. Dolayısıyla, serigrafi darboğaz ile diğer darboğazlar arasında bir ilgi olduğu ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi ise, darboğaz süreçlerin çözüm

alternatifleri arasında bir çok ortak çözüm alternatifinin bulunması ve bu çözüm alternatiflerinin ortak etkisinde kalmalarıdır.

4.6.4 Kazan üretim hattı darboğazı duyarlılık analizi

Kazan üretim hattı darboğazı duyarlılık analizi yapılması için tıpkı serigrafi duyarlılık analizinde olduğu gibi, kazan üretim hatları için çözüm beklentisinin yüksek ve düşük olma olasılıkları sırayla %100 olarak modele girilecek ve diğer değişkenlerdeki değişimler irdelenecektir. Modeldeki değişkenlerde meydana gelen değişimler Ek D7 ve Ek D8’de gösterilmiştir. Çizelge 4.21’de değişimlere ait değerler düzenlenmiştir.

Çizelge 4.21 : Kazan üretimi darboğazı çözümüne göre duyarlılık analizi.

Kazan Üretim Hattı Darboğaz Çözüm		Düşük	Yüksek
Değişken	Değişken Durumu		
Bütçe	Yüksek	19,1%	21,2%
	Sabit	29,4%	30,8%
	Düşük	51,4%	47,9%
Fabrika alanı	Büyüme	30,1%	29,9%
Ekipmanlar	Yenileme	69,1%	71,4%
Pazar payı	Artar	34,7%	35,4%
	Azalı	15,4%	14,5%
Kalite anlayışı	Yüksek	49,9%	50,4%
	Düşük	10,2%	9,7%
Malzeme Değişimi	Yapılır	55,8%	56,3%
Yeni makina yatırımı	Yap	50,8%	67,1%
Çalışan verim artırma faaliyetleri	Var	63,8%	62,1%
Proseste değişim	Yap	61,7%	61,3%
Kısmi outsource	Var	49,0%	50,7%
Üretim Yalınlaştırma	Yap	66,3%	66,8%
Yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı	Var	53,4%	59,7%
Serigrafi	Çözüm Beklentisi	3,33	3,43
Fabrika stok alanı	Çözüm Beklentisi	2,81	2,85

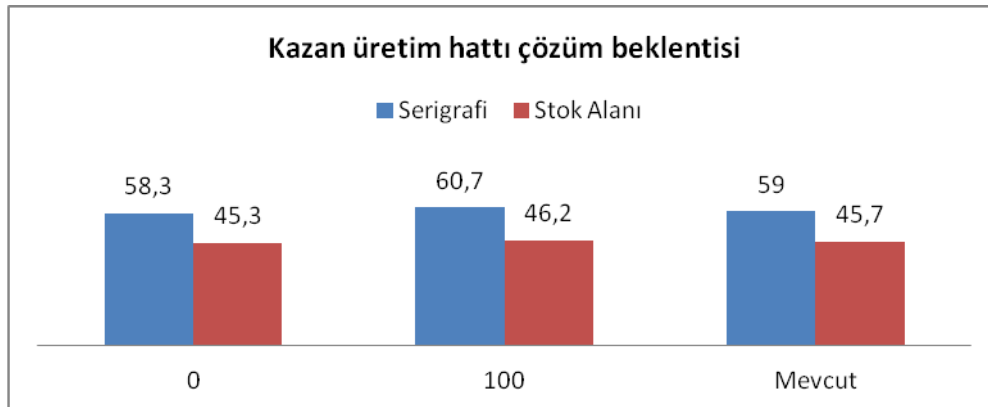
Kazan hattı darboğazı çözüm beklentisinin yüksek veya düşük olması durumlarında işletme kaynakları değişkenleri beklentilerinin nasıl oluşacağı incelendiğinde bütçe hariç diğer değişkenlerin karar değişkenlerinde en fazla %1,5’luk küçük değişimler olduğu gözlenmiştir. Bu durumu işletme kaynakları ile kazan hatları çözüm beklentisi arasında direk bir ilişki olmamasıyla açıklamak mümkündür. Yalnızca bütçe değişkeni incelenecek olursa, kazan hattı darboğaz çözüm beklentisi yüksek olduğunda bütçenin düşük olma ihtimali %47,9 iken çözüm beklentisi düşük olduğunda bütçenin düşük olmasının beklentisinin artarak %51,4 seviyesine çıktığı saptanmıştır. Buna göre, bütçenin yüksek olması durumunda kazan hattı

darboğazının çözüm beklentisinin yükselmesi beklenmektedir. Aynı sonuç, duyarlılık analizlerinin ilki olan bütçe duyarlılık analizi çalışmasında da elde edilmiştir.

Kazan üretim hattında yaşanan darboğazın çözüm beklentisi yüksek düzeyden düşük düzeye geçerken bu düşüşü sağlayan çözüm alternatifleri değişkenleri yeni makina yatırımı ve yeni taşıma ve stoklama teknolojileri yatırımına ilişkin alınan karar değişkenleridir. Diğer çözüm alternatiflerinin kazan hattı darboğazı çözüm beklentisi üzerinde etkisi yok denecek kadar azdır. Kazan hattı çözüm beklentisi yüksek iken yeni makina yatırımı yapma durumu %67,1 olarak beklenirken, çözüm beklentisinin düşük olduğu durumda yeni makina yatırımı yapılması beklentisi %50,8'e gerilemiştir. Buna göre, yüksek oranda otomasyona sahip kazan üretim hatlarında darboğaz probleminin çözülmesi için otomasyon seviyesini artıracak şekilde ya mevcut makinelere ilave yeni makina ya da makinalar alınmalıdır ya da mevcut makinalar daha yüksek kapasiteye sahip daha teknolojik makinalar ile değiştirilmelidir.

Yeni makina yatırımı kararına paralel olarak, artacak olan kapasitenin malzeme taşınması, stoklanması ve fabrika için yerleşimini daha yüksek hızda yapabilmek için yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı gerekliliği de doğmaktadır. Duyarlılık analizinde kolayca görülebildiği gibi, kazan darboğaz çözüm beklentisi yüksek iken yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı yapma olasılığı yaklaşık %60 iken, çözüm beklentisinin düşük olduğu durumda bu değer %53 seviyesine kadar gerilemektedir.

Çizelge 4.22 : Kazan hattı darboğazı çözümüne göre duyarlılık analizi.



Kazan hatları darboğazı çözüm beklentisinin diğer darboğazların çözüm beklentileri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, kazan darboğaz çözüm beklentisindeki büyük düşüşe rağmen, diğer darboğazların çözüm beklentilerinde bu seviyede bir düşüş olmamıştır. Serigrafi darboğaz çözüm beklentisi değeri 3,43'ten 3,33'e gerilerken bu durum fabrika stok alanı darboğazı çözüm beklentisi için 2,85'ten 2,81 değerine gerileme şeklinde olmuştur. Diğer iki darboğaz probleme etki düzeyleri incelenecek olursa, serigrafi darboğazının fabrika stok alanı darboğazına kıyasla, görece olarak daha fazla olumsuz etkilendiği çıkarımı yapılabilir.

4.6.5 Fabrika stok alanı darboğazı duyarlılık analizi

Modele dair yapılan son duyarlılık analizi çalışması fabrika stok alanı darboğazı duyarlılık analizidir. Fabrika stok alanı darboğazına ait çözüm beklentisinin yüksek ve düşük olma durumları %100 olarak modele girilerek elde edilen model Ek D9 ve Ek D10 kısmında paylaşılmıştır, bu modellerde yer alan veriler değerlendirildiğinde ortaya çıkan değişimler de Çizelge 4.23'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.23 : Fabrika stok alanı darboğazı çözümü duyarlılık analizi.

Fabrika Stok Alanı Darboğaz Çözüm		Düşük	Yüksek
Değişken	Değişken Durumu		
Bütçe	Yüksek	19,1%	21,1%
	Sabit	29,5%	30,6%
	Düşük	51,4%	48,3%
Fabrika alanı	Büyüme	30,9%	29,0%
Ekipmanlar	Yenileme	69,9%	70,1%
Pazar payı	Artar	35,0%	35,0%
	Azalı	15,0%	15,0%
Kalite anlayışı	Yüksek	50,9%	49,9%
	Düşük	9,9%	10,1%
Malzeme Değişimi	Yapılır	55,8%	56,2%
Yeni makina yatırımı	Yap	56,4%	58,6%
Çalışan verim artırma faaliyetleri	Var	63,1%	63,0%
Proseste değişim	Yap	61,5%	61,5%
Kısmi outsource	Var	42,3%	58,5%
Üretim Yalınlaştırma	Yap	68,1%	64,7%
Yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı	Var	53,3%	59,3%
Serigrafi	Çözüm Beklentisi	3,35	3,39
Kazan	Çözüm Beklentisi	2,61	2,65

Fabrika stok alanı darboğazındaki farklı çözüm beklentilerinin, işletme kaynaklarının beklenen durumlarına etkisi değerlendirmeye alınmayacak kadar küçük seviyelerdedir. Burada yalnızca bütçe ile fabrika stok alanı darboğazı çözüm beklentisi arasında bir doğru orantı olduğundan bahsedilebilir. Çözüm beklentisi arttıkça bütçenin de yüksek olma olasılığında artması beklenmektedir.

Malzeme değişimi, çalışan verim artırma faaliyetleri, proseste değişim çözüm alternatiflerinin farklı durumları için fabrika stok alanının çözüm beklentisindeki değişimlerin etki derecesi yok varsayılabilir seviyelerdedir. Bu değişkenlerin tersine, fabrika stok alanı darboğazı çözüm beklentisinin yüksek olduğu durumda yeni makina yatırımının yapılma olasılığı %58,6 olarak beklenirken, çözüm beklentisinin düşük olduğu durumda yeni makina yatırımı yapılması olasılığı %56,4'e gerilemektedir.

Fabrika stok alanı darboğazı çözüm beklentisi üzerinde en çok etkisi olan çözüm alternatifi kısmi outsource çözümdür. Çözüm beklentisinin yüksek olduğu durumda dışkaynak kullanımı (kısmi outsource) olasılık beklentisi %58,5 iken, çözüm beklentisinin düşük olduğu durumda dışkaynak kullanımı kararının olasılık beklentisi %42,3'e kadar düşmektedir. Dışkaynak kullanımı, fabrika bünyesinde yer alan bazı ön üretim faaliyetlerinin dışarda tedarikçilere verilmesi ve dolayısıyla bu süreçler için kullanılan alandaki makinaların, ara stokların, hammaddelerin fabrika alanından kaldırılması anlamına gelmektedir ve böyle bir durum, fabrika stok alanı darboğazının çözümüne direk etki eden bir çözüm alternatifidir. Dışkaynak kullanımı, bazı durumlarda süreçleri fabrika içinde gerçekleştirmekten daha maliyetli bir işlem olabilir, bu da fabrika stok alanı darboğaz çözümü ile bütçe arasındaki ilişkiye açıklamaktadır. Fabrika stok alanı darboğazı çözüm beklentisi ile üretim yalınlaştırma çalışmaları arasında ters orantı olduğu değerlendirilmesi yapılabilir.

Fabrika stok alanı darboğazı çözüm beklentisinin yüksek olduğu durumda üretim yalınlaştırma çalışmaları yapılması beklentisi %64,7 gibi yüksek bir değere sahipken, stok alanı darboğazı çözüm beklentisinin düşük olduğu durumda yalın üretim çalışmaları yapılması beklentisi daha da yükselerek %68,1'e çıkmaktadır. Bu durum, fabrika stok alanı darboğazının çözüme kavuşma olasılığı düştükçe meydana gelecek olumsuzlukların tesirini daha düşük seviyelere indirmek için üretim yalınlaştırma çalışmalarına ağırlık verilmesi mantığıyla açıklanabilir.

Yalın üretim faaliyetleri belki darboğaz sorununu kökünden ortadan kaldıracak bir çözüm alternatifi gibi görünmemektedir ancak darboğaz çözümü üzerinde çözüme yardımcı olan alternatiflerden biridir. Yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı kararı olasılık beklentisi stok alanı çözüm beklentisinin yüksek olduğu durumda %59,3 olarak gözlemlenirken düşükken %53,3 olarak gözlemlenmiştir. Bu durum yeni taşıma ve stoklama teknolojilerinin fabrika stok alanının daha etkili kullanılabilmesine, kullanılamayan bazı atıl bölgelerin daha teknolojik yöntemlerle kullanılabilir hale getirilmesine katkıda bulunması ile açıklanabilir. Ayrıca daha hızlı malzeme transferi ile stok seviyeleri düşürülebilir ve fabrika alanında yer açılması sağlanabilir.

Fabrika stok alanı darboğazı çözümünün diğer darboğaz süreçler üzerindeki etkisine bakılacak olursa, stok alanı darboğazının çözüm beklentisinin yüksek olduğu durumda serigrafi çözüm beklentisi 3,39 ve kazan üretim hattı çözüm beklentisi 2,65 değerinde gerçekleşmiştir ve stok alanı çözüm beklentisinin düşük olduğu durumda bu değerler sırasıyla 3,35 ve 2,61 değerine gerilemektedir. Eğer fabrika fabrika stok alanını çözmeye odaklanırsa diğer darboğazların çözüm beklentisi düşmektedir. Bunun nedeni, işletmenin sahip olduğu kısıtlı kaynakların fabrika stok alanı probleminin çözümü için kullanılması durumunda diğer problemler için direk çözümlerin uygulanamaması ve ikincil çözüm alternatiflerine başvurulmasıdır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında değer akış haritalama uygulaması sonucu tespit edilen darboğaz süreçlerin ortadan kaldırılması için kaynaklar, etkenler ve çözümler arasında bir Bayes Ağı modeli oluşturulmuştur. Bu modelin oluşturulması amacıyla üretim kavramları ve bilişsel haritalar kullanılmıştır.

Önerilen model bir çamaşır makinesi fabrikasında çözüm senaryoları üretmek üzere uygulanmıştır. Uygulamanın ilk bölümünde fabrika değer akışı haritası incelenerek Bayes Ağı'nda yer alan darboğaz süreç değişkenleri belirlenmiştir. Sonra bu darboğazların ortadan kaldırılabilmesi için başvurulabilecek çözüm alternatifleri değişkenleri ile, çözüm alternatifleri değişkenlerinin bağlı olduğu işletme kaynakları belirlenmiştir. Bu değişkenlerin aralarındaki ilişkilerin değerlendirmesi neticesinde, işletme kaynakları değişkenlerinin farklı durumları için uzman görüşlerinin katkılarıyla uygulanabilecek muhtemel çözüm alternatifleri ve bu çözüm alternatiflerinin farklı durumlar altında uygulanması halinde fabrika darboğaz süreçlerinin çözüm beklentileri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Gerçekleştirilen uygulama sonucunda gelecek durum değer akış haritasının çıkarılmasında kullanılacak olan beklenen değer verileri elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan senaryo analizleri ve duyarlılık analizleri sonucunda her bir darboğaz sürecin çözümünde etkisi yüksek olan çözüm alternatif değişkenleri belirlenmiştir. Buna göre serigrafi alanında karşılaşılan darboğazın çözümünde en etkili olan çözüm alternatifleri malzemede değişim yapılması, yeni makina yatırımı yapılması, süreçlerde değişiklik yapılması ve bu çözümlerin üretim yalınlaştırma çalışmalarıyla desteklenmesi şeklinde ortaya çıkmıştır. Bu çözüm alternatiflerinin yanı sıra bu alandaki üretimin outsource edilerek tedarikçi bir firmaya verilmesi veya çalışan verim artırıcı çalışmalar yaparak elemanların verimli kullanılmasına yönelik kararlar da serigrafi alanındaki kapasite probleminin etkisini azaltacak çözümler

olarak belirlenmiştir. Kazan üretim hattındaki darboğazın çözülmesinde yüksek etkisi olan çözüm alternatifleri yeni makina yatırımı yapılması ve bu yatırımın paralelinde yeni taşıma ve stoklama teknolojileri yatırımının yapılması olarak analiz edilmiştir. Kazan hattında bu durumun ortaya çıkmasının sebebi duyarlılık analizleri kısmında da bahsedildiği gibi yüksek otomasyona sahip bu bölgede çalışan performanslarından ziyade kullanılan makina kapasitesi ve verimliliğinin etkili olmasından kaynaklanmaktadır. Son olarak fabrika stok alanı darboğazının önlenmesi için uygulanabilecek çözümler fabrika içinde bazı süreçler için dışkaynak kullanımı (outsourcing) veya yeni taşıma ve stoklama teknolojilerine yatırım yapılması olarak belirlenmiştir. Fabrikada dışkaynak kullanımı mümkün olan bazı süreçlerin tedarikçi firmalara verilmesi alan kısıtının çözülmesi için uygulanabilecek çözümlerden direk sonuç alınabilecek ilk alternatiftir. Ancak dışkaynak kullanımının bütçeye getireceği yükün yüksek olması durumunda; daha az maliyetle gerçekleştirildiği takdirde, yeni taşıma ve stoklama teknolojileri kullanılarak, fabrika alanının daha etkin kullanımı ve malzeme hareketlerinin hızlandırılarak stok seviyesinin düşürülmesi ve yalın üretim teknikleriyle fabrika alanının daha verimli kullanımının sağlanması da alan kısıtı probleminin boyutunu düşürecek çözüm yollarından biri olarak değerlendirilmiştir.

Fabrikada değer akış haritalama tekniği ile tespit edilen üç darboğaz sürecin üçünde çözülmesinde etkisi olan çözüm alternatifi değişkenleri yeni makina yatırımı, yeni taşıma ve stoklama teknolojileri, belli şartlar altında dışkaynak kullanımı (outsourcing yapılması) alternatifleri olarak belirlenmiştir. Bu açıdan bakıldığında bu değişkenler darboğaz süreçlerin çözümünde direk etkisi olan değişkenler olarak sınıflandırılabilir. Bu değişkenlerin yanı sıra, duyarlılık analizlerinde çözüm beklentilerinin yüksek ya da düşük olmasından bağımsız olarak yüksek olasılık değerine sahip proses değişimi, çalışan verim artırma faaliyetleri ve yalın üretim metodolojisinin fabrikada yerleştirilmesi çalışmaları, kapasite problemlerinin ortadan kaldırılmasında dolaylı olarak katkı sağlayan ve işletme kaynakları üzerinde daha az olumsuz etkisi olan alternatifler olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu çözüm alternatiflerinin darboğaz yaşanan bölgelerde uygulanmasının yanı sıra, fabrika genelinde uygulanan kapasite ve verimlilik artırıcı üretim teknikleri olarak uygulanmasının bir şirket stratejisi olarak benimsenmesi gerektiği belirlenmiştir.

Uygulama aşamasında yapılan analizler, darboğaz süreçlerin çözüm beklentileri ve kapasite sorunlarının ortadan kaldırılması ile işletme kaynakları arasındaki ilişkiyi de ortaya çıkarmıştır. İşletme kaynaklarından pazar payı, kalite anlayışı ve fabrika alanı değişkenleri darboğaz süreçler üzerindeki etki seviyeleri göreceli olarak daha düşük iken, bütçe ve ekipman değişkenlerinin darboğaz çözüm beklentileri üzerindeki etkileri yüksek olarak belirlenmiştir. Bu durumda, fabrika güçlü bir bütçeye sahip olduğu takdirde mevcut darboğazların çözümünde başarılı olma olasılığının yükseleceği belirlenmiştir. Bütçenin darboğaz çözümlerinde bu denli etkili olmasının sebebi ise, yeni makina yatırımı, yeni stoklama ve taşıma teknolojisi ve dışkaynak kullanımı (outsourcing yapılması) gibi darboğaz problemlerinin ortadan kaldırılmasında direkt etkili çözüm alternatiflerinin maliyetlerinin diğer çözüm alternatiflerine göre daha yüksek olmasıdır. Netice olarak, fabrika içi sorunların çözülmesi ve darboğazların önlenmesi amacıyla yüksek etkiye sahip çözüm alternatiflerinin uygulanabilmesi için güçlü bir bütçeye sahip olunması ve çözüm alternatiflerinin maliyetlerinin karşılanabilmesi gerekmektedir. Bütçe kaynağının kısıtlı olduğu bir durumda ise, maliyeti daha düşük ancak çözüm beklentisine etkisi daha düşük alternatifler uygulanarak darboğazların önünce geçilmeye çalışılmalıdır.

Senaryo analizlerine bağlı olarak mevcut durum, en iyi durum ve en kötü durum koşulları altında yapılan değerlendirmelerde serigrafi darboğazının çözüm beklentisi her üç senaryo altında da en yüksek seviye de çıkmıştır. Bu durum muhtemel çözüm alternatiflerinin hangi kaynak koşullarında uygulanırsa uygulansın en başarılı sonucun serigrafi alanında alınacağını göstermektedir. Bu kıyaslamada serigrafi darboğazından sonra fabrika stok alanı çözüm beklentisi ve son olarak da kazan üretim hattı çözüm beklentisi gelmektedir. Darboğazların çözüm beklentileri analiz edildiğinde, mevcut durum koşullarında sadece serigrafi darboğazının çözüm beklentisinin yüksek olma durumu %50'nin üzerinde bir olasılık değerine sahiptir. Diğer iki darboğazın çözüm beklentisinin yüksek olma olasılığı %50'nin altında kalmıştır. Bu durum da, mevcut şartlar devam ettiği takdirde, serigrafi darboğazının çözülebilme ihtimalinin yüksek iken, kazan enjeksiyon hattı ve fabrika stok alanı darboğazlarının bir süre daha problem yaratmaya devam edeceği yönünde bir değerlendirmeyi ortaya çıkarmıştır.

Senaryo analizleri incelendiğinde darboğaz proseslerin çözüm beklentilerinin işletme kaynaklarının olumlu ya da olumsuz durumlarından etkilenme seviyeleri

değerlendirildiğinde, fabrika stok alanı darboğazı çözüm beklentisi işletme kaynaklarının durum değişiminden en az etkilenen değişken olarak ortaya çıkmaktadır. Serigrafi darboğaz çözüm beklentisi ise en çok etkilenen değişken olarak belirlenmiştir. Bu durumda, işletme kaynaklarının olasılık durumlarında belirsizlik varsa, yani bütçe, pazar payı gibi mevcut çevre koşulları hakkında kestirim yapılamıyorsa çözüm beklentisi daha stabil olan fabrika stok alanı darboğazının çözümüne yönelik alternatiflerin uygulanması ve bu darboğazın çözümüne öncelik verilmesi mantıklı bir karar olarak ortaya çıkmaktadır.

Çözüm bekleyen darboğaz süreçlerin teker teker çözüm beklentilerinin yüksek ve düşük seviyede değerlendirildiği duyarlılık analizleri bir arada ele alındığında, mevcut kaynak kısıtları ile üç darboğaz sürecini aynı anda çözüme kavuşturamaktansa, tek birine odaklanıp çözüme kavuşturmaya çalışmanın daha doğru bir strateji olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Başka bir açıdan değerlendirilecek olursa, tek bir darboğaz sürecine odaklanması durumunda o darboğazın çözüm beklentisindeki artışın diğer iki darboğazın çözüm beklentisindeki düşüşlerin toplamından daha fazla olduğu ortaya çıkmaktadır. Darboğaz çözüm beklentileri bu bağlamda incelendiğinde, işletme için en doğru kararın tek serigrafi darboğazını öncelikli olarak ele alması ve çözüme kavuşturmaya çalışması en yüksek çözüm beklentisine sahip strateji olarak değerlendirilebilir.

Fabrikadaki darboğazları ortadan kaldırmak için uygulamaya alınabilecek çözüm alternatiflerinin işletme kaynakları üzerindeki etkileri incelendiğinde yeni makina yatırımı, yeni taşıma ve stoklama teknolojileri ve kısmi outsource çözümleri kaynakların yüksek ya da düşük olması durumlarından en çok etkilenen değişkenler olduğu ortaya çıkmaktadır. Süreçte değişim, üretim yalınlaştırma çalışmaları, çalışan verim artırma faaliyetleri gibi çözüm alternatifleri ise işletme kaynaklarının olası durumlarından daha düşük seviyede etkilenen çözümlerdir. Bu durumda, mevcut durum olasılıkları göze alınarak uygulanmasına karar verilecek çözüm alternatiflerinin belirlenmesinde, çözümü gerçekleştirecek darboğaz sürecin belirlenmesinin etkisi olduğu kadar, çözüm alternatiflerinin işletme kaynaklarına bağlı olarak gerçek hayatta uygulanabilmesi durumlarının yüksek olasılığa sahip olmaları da etkilidir.

Darboğazların çözümleri için hangi alternatif çözümlerin uygulanacağına karar verilirken, bu seçeneklerin işletme kaynağı değişkenlerinden nasıl etkilendikleri de

dikkatli şekilde analiz edilmelidir. Genel olarak işletme kaynaklarının olumlu durumları yükselirken, çözüm alternatiflerinin de uygulanması durumunun olasılığı yükselmektedir. Ancak bu durumun, pazar payı ve kalite anlayışı değişkenlerinin çözüm alternatifleri üzerindeki etkileri incelendiğinde tam olarak bu şekilde gerçekleşmediği görülmektedir. Pazar payı ve kalite anlayışı düşükken çalışan verim artışı ve üretim yalınlaştırma değişkenlerinin uygulanma olasılıkları fabrika verimliliği ve kaynakların etkin kullanımı açısından mantıklı olarak değerlendirilirken, pazar payının yükselmesi ve kalite anlayışının yüksek olması durumunda ise artan müşteri taleplerini ve kalite gereksinimlerini karşılamak için yine bu değişkenlerin uygulanması mantıklı kararlar olarak değerlendirilmektedir. Çalışan verimlilik artırma, üretim yalınlaştırma faaliyetleri ve süreç değişimleri gibi çözüm alternatiflerinin sadece darboğaz çözümünde değil, işletme kaynaklarında değişimlere fabrikanın ayak uydurabilmesinde uygulanabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Senaryo analizlerine göre bir darboğaz probleminin çözülmesi durumunda diğer darboğazların boyutlarında daha büyük olumsuzluklarla karşılaşılması tehlikesi ortaya çıkarabilmektedir. Yapılan analiz çalışmaları neticesinde bu tip durumların ortaya çıkmasını önlemek için birbirini etkileyen darboğazların aynı paralelde değerlendirilerek ortak çözümlere kavuşturulmaları gerekliliği sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, çamaşır makinası fabrikası için oluşturulacak gelecek durum değer akışında darboğaz süreçlerin yeni üretim değerlerinin belirlenmesinde değerlendirilmeye alınabilir. Sonraki bölümde modeldeki kısıtlara ilişkin çıkarımlardan bahsedilmiş ve daha sonra da gelecek araştırmalar için önerilerde bulunulmuştur.

5.1 Modele İlişkin Çıkarımlar

Temelinde olasılık hesaplamalara dayalı çıkarımlar yapılmasını bulunduran bayes ağ modelleme tekniğinin üretim sektöründe uygulandığı bir çalışma olan bu tez kapsamında bir çok inceleme ve analiz yapılmıştır. Bu incelemeler kapsamında işletme darboğazlarının çözümünde kullanılacak çözüm alternatiflerinin farklı senaryolar altında incelenmiş bu sayede işletme kaynaklarının çözüm alternatifleri üzerinde ve çözüm alternatiflerinin darboğazlar üzerinde farklı olasılık durumlarında nasıl etkileri olabileceği araştırılmıştır. Darboğaz süreçlerin belirlenmesi aşamasında

ise bir yalın üretim tekniği olan değer akış haritalama metodundan faydalanılmıştır. Çalışma değer akış haritalama ve Bayes Ağ modelleme tekniklerini bir araya getirmesi ve Bayes Ağları yönteminin üretim alanında kullanılmasına örnek teşkil etmektedir. Çalışmanın en önemli getirilerinden biri de genel olarak deterministik hesaplamaların kullanıldığı üretim işletmelerine olasılıksal yaklaşımların kullanılabileceğini gösteren bir yöntem geliştirmiştir.

Olasılığa dayalı bir modelleme tekniğinin üretimde kullanılmış olmasından dolayı ortaya çıkan bazı sorunların üstesinden de uzman görüşleri, literatür araştırmaları ve bazı varsayımlar ile gelinmiştir. Üretim ve imalat ile ilgili literatür taranarak uzman görüşleriyle birleştirilmiş ve işletme kaynakları ve çözüm alternatifleri değişkenleri belirlenirken bu bilgiler kullanılmıştır. Modelde Bayes Ağ modelleri tekniğinin gerekliliklerini yerine getirmek için bazı ilişkiler koparılmış, bazı değişkenler bir arada değerlendirilmiş ve bazı değişkenler de modele katılmayarak düzenlemeler yapılmıştır. Olasılık tablolarının daha rahat hazırlanabilmesi için de olasılık durumları modelin netliğini bozmayacak şekilde mümkün olan düşük sayılarda tutularak çalışmanın yürütülmesi kolaylaştırılmıştır.

Çalışma süresince senaryo ve duyarlılık analizleri yapılarak tek bir model üzerinde çözümlere değişik açılardan değerlendirme yapılmıştır. Bir çok farklı değişkenden oluşan model, kullanılan yazılım programı ve Bayes Ağ modelleme tekniğinin getirdiği avantajları sayesinde tek bir parça halinde incelenmiş ve olasılık hesaplamaları ile farklı koşulların fabrikaya ve darboğazlara etkisi analiz edilebilmiştir.

5.2 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

Tez çalışması kapsamında ele alınan Bayes Ağ modelleri ve bu tekniğin üretim alanında kullanılmasıyla ilgili olarak bundan sonraki çalışmalar için faydalı olacak birtakım çıkarımlar yapılmıştır. Bu bölümde bu çıkarımlardan elde edilen önerilere değinilecektir.

Çalışma kapsamında değerlendirilen darboğaz değişkenlerinin sayıları çalışmanın incelenebilir seviyede kalması ve modelin analize uygun boyutlarda kalması maksadıyla kısıtlı tutulmuştur. Bunun yanında, başlangıçta daha fazla sayıda olan çözüm alternatifi değişkenlerinin sayısı da gerek sınıflandırma yapılarak, gerekse de

bazı varsayımlarla eleme yapılarak düşürülmüştür. İleri de yapılacak daha kapsamlı çalışmalarda ele alınan darboğaz sayısı artırılarak bunlara daha spesifik çözümler sunan çözüm alternatifleri değişkenleri modele eklenirse çalışmadan daha net ve kesin sonuçlar çıkarılabilir.

Model oluşturulurken ihtiyaç duyulan koşullu olasılık tablolarının doldurulmasında uzman görüşlerine dayanan bir çalışma yapılmıştır. Çalışma üretim sektöründe yapıldığı için ve bu konuda daha önce yapılmış örnekler bulunmadığı için olasılık değerlerinin elde edilmesi ile ilgili literatürde rastlanılan bir model yoktur. Geçmiş değer akış haritalarını tutmuş bir üretim şirketinde daha fazla veri ile model daha güvenilir hale getirilir.

Çalışma kapsamında üç seviyeli bir model oluşturularak bir analiz çalışması yapılmıştır. Analizi yapılan sistem bu üç seviyeli modelde mümkün mertebe en iyi şekilde değerlendirilmiştir. Ancak, bu çalışmadakine kıyasla daha karmaşık ve daha büyük sistemlerinin analizini yapabilmek için daha fazla seviyede değişkenlerin sınıflandırılması gerektiği takdirde birbirini takip eden birden fazla model kurulması yoluyla bir değerlendirilme yapılabilir. Böyle bir çalışmada bir modelin çıktıları diğer modelin girdi değişkenlerini oluşturacak şekilde düzenleme yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Abbett, D., Payne, V.** (1999). Gulfstream V value stream tour, 1999 Lean Summit, GA, Lean Enterprise Institute, Atlanta.
- Abdulmalek, F.A., Rajgopal, J.** (2007). Analyzing The Benefits Of Lean Manufacturing And Value Stream Mapping Via Simulation: A Process Sector Case Study, *International Journal of Production Economics*, **107**, 223-36.
- Anderson, C.J., James A.Narus., Wouter Van Rossum.** (2006). Customer Value Propositions in Business Markets, (Sf. 225–406), Harvard Business Review.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F.E., Giacchetta, G.** (2008). Value Stream Mapping in Project Management: A Case Study, *Project Management Journal*, **39** (3), 110-24.
- Birgün, S., Güven, K. ve Özkan, K.** (2006). Yalın Üretime Geçiş Sürecinde Değer Akışı Haritalama Tekniğinin Kullanılması: İmalat Sektöründe Bir Uygulama, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **5**, (Sf. 1-49).
- Buntine, W.** (1996). A Guide To The Literature on Learning Probabilistic Networks from Data. *Ieee Trans. On Knowledge And Data Engineering*, **8**, 195–210.
- Braglia, M., Carmignani, G. ve Zammori, F.** (2006). A New Value Stream Mapping Approach For Complex Production Systems, *International Journal of Production Research*, **44**, 3929-3952.
- Brunt, D.** (2000). From Current State To Future State: Mapping The Steel to Component Supply Chain, *International Journal of Logistics Research Application*, **3**, 259-71.
- Bushell, S.** (2002). Discovering Lean Thinking at Progressive Healthcare, *Journal for Quality and Participation*, **25**, 20-25.
- Caballero, J. L. G.** (2005). Measuring the Effect of Organisational Factors Using Bayesian Networks. PhD thesis, University of London.
- Cınar, D., Kayakutlu, G.** (2010). Scenario Analysis Using Bayesian Networks: A Case Study in Energy Sector. *Knowledge Based Systems*, **23**, (Sf. 267-276).
- Day, J. C.** (1998). Learning About Lean Systems At Freudenberg-NOK: Where Continuous Improvement is A Way of Life. In LIKERT, J.K. (Ed.), *Becoming Lean*, OR, Productivity, Portland, 179-198.
- Duggan, K. J.,** (2002). *Creating Mixed Model in Value Streams*, Productivity Press, New York.

- Esain, A.** (2000). Networks, Benchmarking and Development of the Strategic Supply Base: A Case Study, *International Journal of Logistics Resource Application*, **3** (2), 157-171.
- Gates, M. D.** (2004). Lean Manufacturing System Design And Value Stream Management in a High-Mix, Low-Volume Environment, Master of Science Thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- Gardner, B.** (2001). What Do Customers Value?, *Quality Progress*, **41**.
- George, M.** (2002). Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed, (Sf. 122-145), New York, McGraw-Hill.
- Haque, B.** (2004). Applying Lean Thinking to New Product Introduction, *Journal of Engineering Design*, **15**, 1-31.
- Heckerman, D.** (1995). A tutorial on Learning Bayesian Networks, Technical Report, Microsoft Research, Redmond, WA.
- Hines, P., Rich, N.** (1997). The Seven Value Stream Mapping Tools, *International Journal of Operations & Production Management*, **17**, 46-64.
- Hines, P., Rich, N., Esain, A.** (1999). Value Stream Mapping—A Distribution Industry Application, *Benchmarking International Journal*, **6**, 60-77.
- James-Moore, S.M., Gibbons, A.** (1997). Is Lean Manufacture Universally Relevant? An Investigative Methodology, *International Journal of Operations & Production Management*, **17**, 899-911.
- Jensen F. V.** (2001). Bayesian Network And Decision Graphs, (Sf. 45-74), Springer-Verlag, New York.
- Jones, B., Jenkinson, I., Yang, Z. Wang, J.** (2010). The Use Of Bayesian Network Modelling For Maintenance Planning in a Manufacturing Industry, *Reliability Engineering and System Safety*, **95**, 267-277.
- Keyte, B., Locher, D.** (2004). The Complete Lean Enterprise: Value Stream Mapping for Administrative and Office Processes, Productivity Press, New York, 1-56327-301-2.
- Khaswala, Z., Irani, S.** (2001). Value Network Mapping: Visualization and Analysis of Multiple Flows in Value Stream Maps, Proceedings of the Lean Management Solutions Conference, St. Louis, Ohio University Publish.
- Kim, H., Park, Y.** (2008). The Impact of R&D Collaboration on Innovative Performance in Korea: A Bayesian Network Approach, *Scientometrics*, **75**, 535-554.
- Kurtçan, E.** (2004). Değer Akış Yönetimi, Toplam Verimlilik ve Kalite Yönetiminin (TPQM), Yalın Değer ile İlişkisi ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kwabena Adusei-Poku,** (2005). Operational Risk Management: Implementing a Bayesian Network for Foreign Exchange and Money Market Settlement, Presented for the Degree of Doctor of Philosophy at the Faculty of Economics and Business Administration of the University of Gottingen, Gottingen.

- Lasa, I.S., Laburu, C.O. Vila, R.C.** (2008). An Evaluation of the Value Stream Mapping Tool, *Business Process Management*, **14**, 39-52.
- Lee, E., Park, Y., Shin, J.** (2009). Large Engineering Project Risk Management Using Bayesian Belief Network, *Expert Systems with Applications*, **36**, 5880-5887.
- Liker, K. J.** (2005), Toyota Tarzı 14 Yönetim İlkesi, Orhan Holding Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Liker, J.** (2004). The Toyota Way, McGraw-Hill.
- Lloyd, O.** (2008). Bayesian Belief Networks for Dementia Diagnosis and Other Applications: A Comparison of Hand-Crafting and Construction Using a Novel Data Driven Technique, Degree of Doctor of Philosophy, University of Stirling, Scotland.
- Lummus, R.R., Vokurka, R.J. Rodeghiero, B.** (2006). Improving Quality Through Value Stream Mapping: A Case Study of a Physician's Clinic, *Total Quality Management*, **17**, 1063-75.
- Macmanus, H. ve Millard, R.** (2002). Value Stream Analysis and Mapping for Product Development, *23rd. ICAS Kongresi, 8-13 Eylül 2002, Toronto*, International Council of The Aeronautical Science Publisher, 6103-1 – 6103-10.
- Marchwinski, Chet., John Shook.** (2007). Yalın Kavramlar Sözlüğü. Ayşe Soydan ve Regaip Baran(çev.). Yalın Enstitü Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- McDonald, T., Aken, E.M.V., Rentes, A.F.** (2002). Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application, *International Journal of Logistics Research Application*, **5**, (Sf. 213-232).
- Morgan, M.J. Liker, J. K.** (2007). Toyota Ürün Geliştirme Sistemi. Aysel Yılmaz(çev.), (Sf. 122-166). Farba Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Nadkarni, S. Shenoy, P. P.** (2001). A Bayesian network approach to making inferences in causal maps, *European Journal of Operational Research* **128**, (Sf. 479-498).
- Nash, M. A. Poling, S.R.** (2008). Mapping The Total Value Stream- A Comprehensive Guide for Production and Transactional Processes, Productivity Press, New York, USA.
- Orzechowski, M. A.,** (2004). Measuring Housing Preferences Using Virtual Reality and Bayesian Belief Networks, Degree of Doctor of Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven.
- Ohno, T.** (1996). Toyota Ruhu – Toyota Üretim Sisteminin Doğuşu ve Evrimi. Canan Feyyat (çev.). (Sf. 25-34) Scala Yayıncılık, İstanbul, Türkiye.
- Okur, A. S.** (1997). Yalın Üretim -2000'li Yıllara Doğru Türkiye Sanayii İçin Yapılanma Modeli. , (Sf. 23–121). İstanbul, Söz Yayınları.
- Özgürler Ş.** (2007). Değer Akışı Haritalandırma ve CONWIP Sistemine Yönelik Bir Tasarım, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

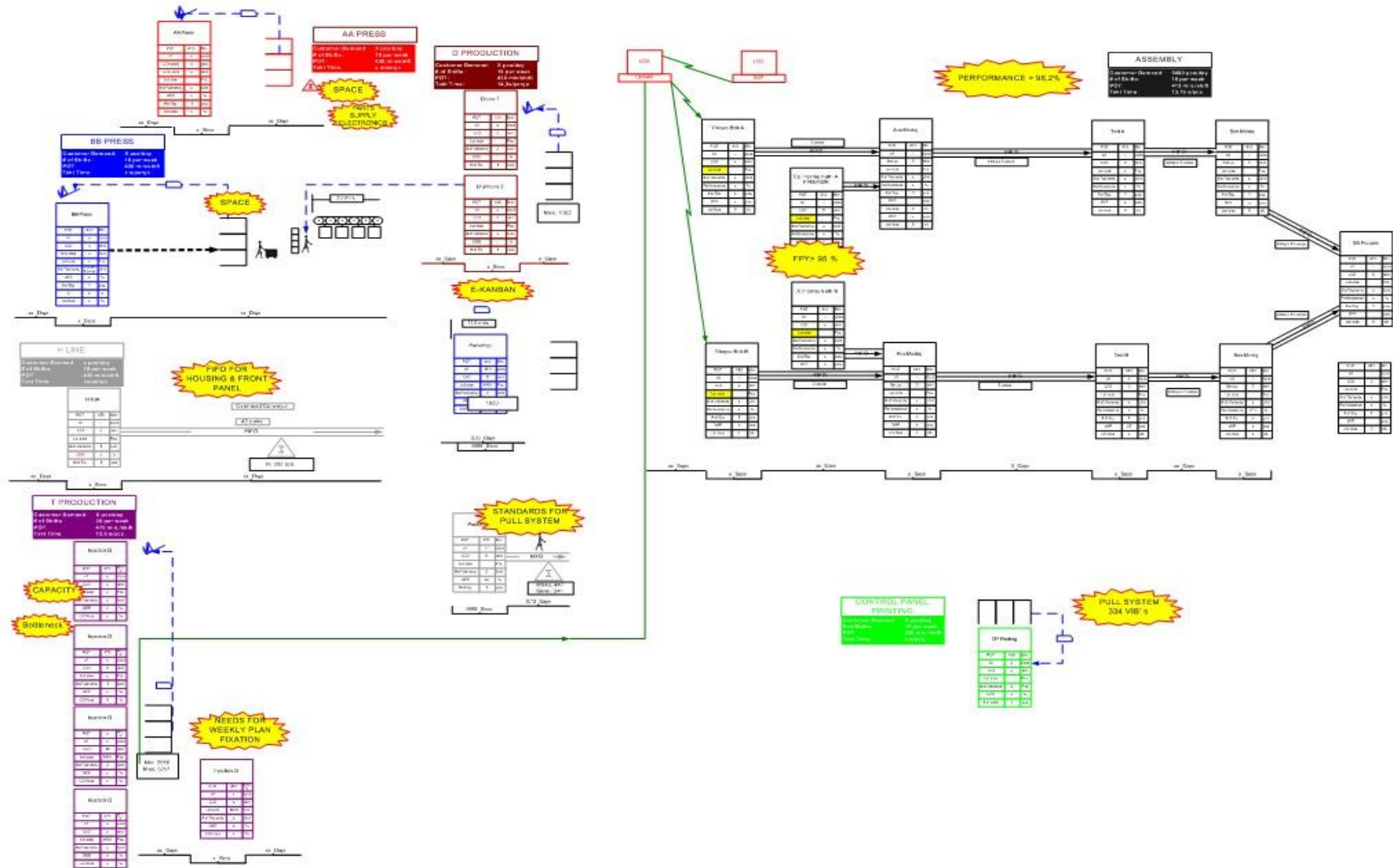
- Pattanaik, L.N., Sharma, B.P.** (2009). Implementing Lean Manufacturing with Cellular Layout: A Case Study, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **42**, 772-779.
- Pearl, J.** (2000). Causality: Models, Reasoning and Inference. Cambridge University Press, Cambridge.
- Pearl, J.** (1988). Probabilistic reasoning in Intelligence Systems: Networks of Plausible Inference. Morgan Kaufman Publishers, San Mateo, CA.
- Pearl, J., Russel, S.** (2001). Bayesian networks. In M. Arbib (Ed), Handbook of Brian Theory and Neural Networks, MIT Press.
- Peters, G., Lodge, M.** (1999). BF Goodrich Aerospace 717 Engine Nacelle, 1999 Lean Summit, GA, Lean Enterprise Institute, Atlanta.
- Pew, R.W., Mavor, A.S.** (2000), Modelling Human and Organisational Behaviour: Application to Military Simulations, National Academy Press, Washington.
- Rother, M., Shook, J.** (1998). Learning to See, Lean Enterprise Institute, Brookline, MA.
- Rother, M., Harris, R.** (2001). Sürekli Akış Yaratmak.Versiyon 1.0., Ülkü Kulaç (çev.), Yalın Enstitü Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Sahin, S. O., Ulengin, F., Ulengin, B.** (2006). Using Neural Networks and Cognitive Mapping in Scenario Analysis: The Case of Turkey's Inflation Dynamics, *European Journal of Operational Research*, **158**, 124-145.
- Satoğlu, Ş.** (2009). Just in Time Production System Dersi, Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Seth, D. Gupta, V.** (2005). Application of Value Stream Mapping for Lean Operations and Cycle Time Reduction: An Indian Case Study, *Production Planning&Control*, **16**, 44-59.
- Seth, D., Seth, N. Goel, D.** (2008), Application of Value Stream Mapping for Minimization of Wastes in the Processing Side of Supply Chain of Cotton Seed Oil Industry in Indian Context, *Journal of Manufacturing Technology and Management*, **16**, 529-550.
- Sullivan, W.G., McDonald, T.N., Aken, E.M.V.** (2002), Equipment Replacement Decisions and Lean Manufacturing, *Robotics&Computer-Integrated Manufacturing*, **18**, 255-265.
- Suzaki, K.** (2005), İmalatta Mükemmellik Yolu Sürekli İyileştirme Teknikleri. Saadet Özkal (çev.). Otoyol Sanayi Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Tanyaş, M.** (1997). "İşletme Kaynakları Planlaması", Üretim ve Kurumsal Kaynak Planlaması, İstanbul.
- Tapping, D., Luyster, T., Shuker, T.** (2002). Value Stream Management: Eight Steps to Planning, Mapping, and Sustaining Lean Improvements, Productivity Press, New York.

- Thomas, M., Eileen M. V. ve Rentes. F. A.** (2002), Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application, *International Journal of Logistic: Research and Applications*, **5**, 217.
- Toyota Motor Corporation.** (2006), Toyota Üretim Sistemi (Standart İşler ve Kaizen) Kitabı, 1974(Şubat 2004 Revizyonu) Toyota Otomotiv Sanayi Türkiye A.Ş. İnsan Kaynakları Geliştirme Bölümü.
- Thorsen W.** (2005), Value Stream Mapping, (Sf. 55-184). New York, McGraw-Hill
- Trucco, P., Cagno, E., Ruggeri, F., Grande, O.** (2008). A Bayesian Belief Network Modelling of Organisational Factors in Risk Analysis: A Case Study in Maritime Transportation, *Reliability Engineering and System Safety*, **93**, 823-834.
- Url-z** <http://en.wikipedia.org/wiki/Bayesian_network>, alındığı tarih: 16.04.2012
- Url-2** <<http://www.niedermayer.ca/papers/bayesian>>, alındığı tarih: 12.03.2012
- Url-3** <<http://www.eecs.qmul.ac.uk/~norman/BBN/>>, alındığı tarih: 12.03.2012
- Url-4** <<http://www.norsys.com/tutorials/netic/>>, alındığı tarih: 20.04.2012
- Ülengin, F., Önsel, Ş., Aktaş, E., Kabak, Ö.** (2010). Otomotiv Sektörü Rekabet Gücü Raporu, TÜSİAD-Sabancı Üniversitesi Rekabet Forumu (REF) ve Sektörel Dernekler Federasyonu, İstanbul.
- Varis, O.** (1997). Bayesian Decision Analysis for Environmental and Resource Management, *Environmental Modelling Software*, **12**, 177-185.
- Varis, O., Kuikka, S.** (1999), Learning Bayesian Decision Analysis by Doing: Lessons from Environmental and Natural Resources Management, *Ecological Modelling*, **119**, 177–195.
- Womack, J.P., Jones, D.T.** (1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Simon & Schuster, New York.
- Womack, J. P., Jones, D. T.,** (2006) Yalın Çözümler. Saadet Özkal (çev.). Petrol Ofisi Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Womack, J. P., Jones D. T., Ross, D.** (1992). Dünyayı Değiştiren Makina, Osman Kobak(çev.), Otomotiv Sanayi Derneği Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Winkler, R.L.** (2001). Why Bayesian Analysis Hasn't Caught on in Healthcare Decision Making. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, **17** , 56-66.
- Yang, Z. L., Bonsall, S., Wang, J.** (2008). Fuzzy Rule-Based Bayesian Reasoning Approach for Prioritization of Failures in FMEA. *IEEE Transactions on Reliability*, **57**, 517–28.

EKLER

- EK A** : Çamaşır makinası fabrikası değer akış haritası
- EK B** : İlişki matrisleri
- EK B1** : İşletme kaynakları-çözüm alternatifleri ilişkiler matrisi şablonu
- EK B2** : Çözüm alternatifleri-darboğaz süreçler ilişkiler matrisi şablonu
- EK C** : Anketler
- EK C1** : Mevcut olasılık koşullarını belirleme anketi
- EK C2** : Çözüm alternatifi değişkenlerinin olasılıklarını belirleme anketi
- EK C3** : Darboğaz süreç değişkenlerinin olasılıklarını belirleme anketi
- EK D** : Netica modeli çıktıları
- EK D1** : Bütçe değişkeni yüksek durumu duyarlılık analizi için netica modeli
- EK D2** : Bütçe değişkeni düşük durumu duyarlılık analizi için netica modeli
- EK D3** : Yeni makina yatırımı yapılması durumunda netica modeli
- EK D4** : Yeni makina yatırımı yapılmaması durumunda netica modeli
- EK D5** : Serigrafi darboğazı yüksek çözüm beklentisi durumu için netica modeli
- EK D6** : Serigrafi darboğazı düşük çözüm beklentisi durumu için netica modeli
- EK D7** : Kazan hattı darboğazı yüksek çözüm beklentisi netica modeli
- EK D8** : Kazan hattı darboğazı düşük çözüm beklentisi netica modeli
- EK D9** : Fabrika stok alanı darboğazı yüksek çözüm beklentisi netica modeli
- EK D10** : Fabrika stok alanı darboğazı düşük çözüm beklentisi netica modeli

EK A



Şekil A.1: Değer akış haritası.

EK B**EK B1****Çizelge B. 1:** İşletme kaynakları-çözüm alternatifleri ilişki matrisi.

Kaynaklar- Çözümler İlişki Matrisi	Bütçe	Fabrika alanı	Pazar payı	Ekipmanlar	Yeni makine	Kalite anlayışı	Malzeme değişimi	Çalışan verim artışı	Proses değişimi	Yerleşim düzeninde değişim	Çalışma zamanı düz.	Kalite standart gün.	Kısmi outsource	Üretim yalınlaştırma	Yeni taşıma ve stoklama tek.	Malzeme stok seviyesi düş.	İnsan kaynağı
Bütçe		1		1	1	1	1	1		1		1	1	1	1		1
Fabrika alanı	-1			1						1			1		1	1	
Pazar payı	1					1			1		1	-1					1
Ekipmanlar	1	-1			1	1	1	1		1		1	-1		1		1
Yeni makine	-1		1	1		1	1	1	1	1	1	1				1	1
Kalite anlayışı	1	1	1		1		1	1			1	1				1	1
Malzeme değişimi	-1			-1	1			1	1			1		1			1
Çalışan verim artışı	1					1			1		1	1					1
Proses değişimi	-1	1			-1	1	1	-1		1	1	1	1	-1			
Yerleşim düzeninde değişim	1	1		1	1			1	1				1	-1	1	1	
Çalışma zamanı düz.	1	1						1				1	-1	1		1	
Kalite standart gün.	1			1	1	1	1	1	1				1	1			
Kısmi outsource	-1	1		1	-1			-1		1				1		1	1
Üretim yalınlaştırma	1	1			-1			1	1	1		1	1		1	1	1
Yeni taşıma ve stoklama tek.	-1	1		1						1			-1			1	1
Malzeme stok seviyesi düş.	1	1			1				1				1	1	1		

EK B2

Çizelge B. 2 : Çözüm alternatifleri-darboğaz süreçler ilişki matrisi.

Sorunlar-Çözümler İlişki Matrisi	Malzeme değişimi	Çalışan verim artışı	Proses değişimi	Yerleşim düzeninde değişim	Çalışma zamanı düz.	Kalite standart gün.	Kısmi outsource	Üretim yalınlaştırma	Yeni taşıma ve stoklama tek.	Malzeme stok seviyesi düş.	SERİGRAFİ	KAZAN	STOK ALANI YETERSİZ.
Malzeme değişimi		1	1			1		1			1		
Çalışan verim artışı			1		1	1					1		1
Proses değişimi	1	-1		1	1	1	1	-1			1	1	
Yerleşim düzeninde değişim		1	1				1	-1	1	1	1		1
Çalışma zamanı düz.		1				1	-1	1		1	1	1	
Kalite standart gün.	1	1	1				1	1			1	1	1
Kısmi outsource		-1		1				1		1	1	1	1
Üretim yalınlaştırma		1	1	1		1	1		1	1	1	1	1
Yeni taşıma ve stoklama tek.				1			-1			1		1	1
Malzeme stok seviyesi düş.			1				1	1	1			1	1
SERİGRAFİ	1		1	1	1								-1
KAZAN	1	1	1			1	1		1				-1
STOK ALANI YETERSİZLİĞİ		1	1	1	1		1	1	1	1	-1	-1	

EK C

EK C1

1. Bilgi

Bu anket, oluşturulan bayes ağında ilk seviye değişkenleri oluşturan işletme kaynaklarının mevcut durumlarının olasılık dağılımlarını belirlemeye yönelik hazırlanmıştır. Beş farklı işletme kaynağı değişkenine ait 13 farklı olasılığın şu anki durum için doldurulması gerekmektedir.

Bu kısa başlangıç anketi tamamlandığında, Netica programında oluşturulan modelde çözüm alternatiflerinin olasılık tablolarının oluşturulmasında kullanımına başvurulacak değerler elde edilmiş olacaktır.

Destekleriniz için teşekkür ederim.

Saygılarımla.

Özcan Akçaoğlu

Değerlendirilecek değişkenlere dair açıklamalar:

Değişken	Açıklama	Durumlar
Bütçe	Fabrika bütçesi	Yuksek: Bütçede artış beklentisi
		Orta: Bütçe mevcut seviyesinde kalır
		Dusuk: Bütçede kısıntı beklentisi
Fabrika Alanı	Üretimin gerçekleştiği tüm fabrika alanı	Buyume: Alan artışı (genişleme)
		Sabit: Alanda değişim yok
Pazar Payı	Firmanın çamaşır makinesi pazarında tüm markaları ile sahip olduğu pay	Artar: Pazar payı artar
		Sabit: Pazar payı sabit kalır
		Azalir: Pazar payı düşer
Ekipmanlar	Üretim için kullanılan tüm makina, teçhizat kısaca fabrika layoutunda yer alan tüm ekipman	Yenileme: Yeni ekipman temini
		Sabit Kalma: Mevcut ekipmanlar korunur
Kalite Anlayışı	Firmanın üretime başladığı yıllardan itibaren edinmiş olduğu bilgi birikimi, tecrübe, kurumsal kültür, entelektüel sermaye gibi değerlerin toplamı	Yüksek: Kaliteye odaklanma artar
		Orta: Kalite algısı aynı seviyede
		Düşük: Kalite odaklanmasında gevşeme

2. Anket Tablosu

Anket doldurulurken değişkenler hakkında farklı durum olasılıklarının toplamının 100'e eşit olması gerekmektedir.

	Durum	Olasılık
Bütçe	Yuksek	20
	Orta	30
	Dusuk	50
Fabrika Alanı	Buyume	30
	Sabit	70
Pazar Payı	Artar	35
	Sabit	50
	Azalir	15
Ekipmanlar	Yenileme	70
	Sabit Kalma	30
Kalite Anlayışı	Yüksek	50
	Orta	40
	Düşük	10

EK C2

1. Bilgi

Bayes ağ modelinde çözüm alternatifleri olarak belirlenen değişkenlerin, işletme kaynakları olarak değerlendirilen girdi değişkenlerine bağlı olarak daha önceden yine uzmanlarca tanımlanmış değişik durumlar için gerçekleşme olasılıkları tespit edilmeye çalışılacaktır.

Toplam 5 adet işletme kaynağı değişkeninin 7 adet çözüm alternatifi değişkeni üzerindeki etkisi farklı durumlar altında incelenmiştir. Daha önce ilişkiler matrisinde belirlenen ilişkiler dikkate alınarak, birbirleri arasında bağlantı olan işletme kaynakları ile çözüm alternatifleri arasındaki gerçekleşme olasılıkları incelenmiştir. Ankette birbiriyle ilgisi olmayan ilişkiler kapatılarak gereksiz işlem yapılmasının önüne geçilmiştir.

Destekleriniz için teşekkür ederim.

Saygılarımla.

Özcan Akçaoğlu

Değerlendirilecek değişkenlere dair açıklamalar:

İşletme kaynakları sınıfındaki değişkenler:

Değişken	Açıklama	Durumlar
Bütçe	Fabrika bütçesi	Yuksek: Bütçede artış beklentisi
		Sabit: Bütçe mevcut seviyesinde kalır
		Dusuk: Bütçede kısıntı beklentisi
Fabrika Alanı	Üretimin gerçekleştiği tüm fabrika alanı	Buyume: Alan artışı (genişleme)
		Sabit: Alanda değişim yok
Pazar Payı	Firmanın çamaşır makinesi pazarında tüm markaları ile sahip olduğu pay	Artar: Pazar payı artar
		Sabit: Pazar payı sabit kalır
		Azalı: Pazar payı düşer
Ekipmanlar	Üretim için kullanılan tüm makina, teçhizat kısaca fabrika layoutunda yer alan tüm ekipman	Yenileme: Yeni ekipman temini
		Sabit Kalma: Mevcut ekipmanlar korunur
Kalite Anlayışı	Firmanın üretime başladığı yıllardan itibaren edinmiş olduğu bilgi birikimi, tecrübe, kurumsal kültür, entelektüel sermaye gibi değerlerin toplamı	Yüksek: Kaliteye odaklanma artar
		Orta: Kalite algısı aynı seviyede
		Düşük: Kalite odaklanmasında gevşeme

Çözüm alternatifleri sınıfındaki değişkenler:

Değişken	Açıklama	Durumlar
Malzeme Değişimi	Serigrafi ya da kazan proseslerinde kullanılan malzemelerde değişim	Yap: Malzeme değişimi yapılır
		Yapma: Malzeme değişimi yapılmaz
Yeni makina yatırımı	Darboğaz yaratan alanlarda sorunların çözümüne yönelik yeni makinaya yatırım yapmak	Yap: Yeni makina yatırımı yapılır
		Yapma: Yeni makina yatırımı yapılmaz
Çalışan verim artırma faaliyetleri	Vardiya çalışma düzeninin ayarlanması, vardiya sayısının artırılması gibi yöntemlerle çalışan verimini yükseltmek	Var: Verimlilik artırma çalışmaları var
		Yok: Verimlilik artırma çalışmaları yok
Proseste değişim	Darboğaz yaşanan noktalarda süreçlerde değişiklikler yapmak	Yap: Proses değişimi yapılır
		Yapma: Proses değişimi yapılmaz
Kısmi outsource	Darboğaz yaşanan bölgelerdeki proseslerin kısmen outsource edilmesi	Var: Outsource var
		Yok: Outsource yok
Üretim Yalınlaştırma	5S, stok seviyesi düşürme, OEE ve set-up time düşürme, varyant sayısı düşürme gibi yöntemlerle üretim yalınlaştırma	Yap: Üretim yal. çalışmaları yapılır
		Yapma: Üretim yal. çalışmaları yapma
Yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı	Mevcut taşıma ve stok yöntemlerine ek olarak daha teknolojik ekipmanların devreye alınması	Var: Yeni yatırım var
		Yok: Yeni yatırım yok

2. Anketin Doldurulması Esnasından Dikkate Alınması Gereken Öneriler

Ankette her çözüm alternatifinin farklı durumlarının her bir işletme kaynağı durumu için oluşma olasılıkları toplam 100 puan olarak değerlendirilicidir. Her bir çözüm alternatifine ait farklı durumların olasılıkları toplamının 100 olmasını kontrol etmek için ankette formata eklenen excell formuluyla kontrol mekanizması oluşturulmuştur.

Doldurma işlemi biten ankette her bir değişken için olasılıkların toplamı 100'e eşit olduğunda toplam sütunu yeşil renk olacaktır. Buradan doğruluk kontrolü yapılabilir.

Aşağıda doldurulmaya hazır boş anket formu yer almaktadır.

3. Anket

		Çözüm Alternatifleri											
İşletme Kaynakları	Durumlar	Proseste_deg			Kismi_outsource		Toplam	Üretim Yalınlaştırma			Yeni_tas_stok_tek_yat		
		Yap	Yapma	Toplam	Var	Yok		Yap	Yapma	Toplam	Yap	Yapma	Toplam
Bütçe	Yuksek												
	Sabit												
	Dusuk												
Fabrika Alanı	Buyume												
	Sabit												
Pazar Payı	Artar												
	Sabit												
	Azalir												
Ekipmanlar	Yenileme												
	Sabit Kalma												
Kalite Anlayışı	Yüksek												
	Orta												
	Düşük												

		Çözüm Alternatifleri								
İşletme Kaynakları	Durumlar	Malz_Degisimi			Yeni_mak_yatirimi			Çalışan_verim_art_faal		
		Yap	Yapma	Toplam	Yap	Yapma	Toplam	Var	Yok	Toplam
Bütçe	Yuksek									
	Sabit									
	Dusuk									
Fabrika Alanı	Buyume									
	Sabit									
Pazar Payı	Artar									
	Sabit									
	Azalir									
Ekipmanlar	Yenileme									
	Sabit Kalma									
Kalite Anlayışı	Yüksek									
	Orta									
	Düşük									

4. Anket Sonuçları

İşletme Kaynakları	Durumlar	Çözüm Alternatifleri											
		Proseste_deg			Kısmi_outsource			Üretim Yalınlaştırma			Yeni_tas_stok_tek_yat		
		Yap	Yapma	Toplam	Var	Yok	Toplam	Yap	Yapma	Toplam	Yap	Yapma	Toplam
Bütçe	Yuksek				70	30	100				80	20	100
	Sabit				50	50	100				60	40	100
	Dusuk				30	70	100				20	80	100
Fabrika Alanı	Buyume				30	70	100	70	30	100			
	Sabit				70	30	100	60	40	100			
Pazar Payı	Artar							70	30	100			
	Sabit							60	40	100			
	Azalir							70	30	100			
Ekipmanlar	Yenileme	70	30	100	40	60	100				80	20	100
	Sabit Kalma	40	60	100	60	40	100				40	60	100
Kalite Anlayışı	Yüksek	70	30	100				80	20	100			
	Orta	60	40	100				60	40	100			
	Düşük	30	70	100				30	70	100			

İşletme Kaynakları	Durumlar	Çözüm Alternatifleri								
		Malz_Degisimi			Yeni_mak_yatirimi			Çalışan_verim_art_faal		
		Yap	Yapma	Toplam	Yap	Yapma	Toplam	Var	Yok	Toplam
Bütçe	Yuksek	70	30	100	80	20	100	65	35	100
	Sabit	60	40	100	60	40	100	50	50	100
	Dusuk	30	70	100	20	80	100	80	20	100
Fabrika Alanı	Buyume									
	Sabit									
Pazar Payı	Artar				75	25	100	65	35	100
	Sabit				60	40	100	60	40	100
	Azalir				30	70	100	70	30	100
Ekipmanlar	Yenileme	60	40	100	75	25	100			
	Sabit Kalma	50	50	100	30	70	100			
Kalite Anlayışı	Yüksek	70	30	100	70	30	100			
	Orta	60	40	100	60	40	100			
	Düşük	40	60	100	30	70	100			

EK C3

1. Bilgi

Bayes ağ modelinde darboğaz olarak belirlenen değişkenlerin, çözüm alternatifleri olarak değerlendirilen ikinci seviye değişkenlere bağlı olarak daha önceden yine uzmanlarca tanımlanmış değişik durumlar için gerçekleşme olasılıkları tespit edilmeye çalışılacaktır.

Toplam 7 adet çözüm alternatifinin 3 adet darboğaz değişkeni üzerindeki etkisi farklı durumlar altında incelenmiştir. Daha önce ilişkiler matrisinde belirlenen ilişkiler dikkate alınarak, birbirleri arasında bağlantı olan çözüm alternatifleri ile darboğaz değişkenleri arasındaki gerçekleşme olasılıkları incelenmiştir. Ankette birbiriyle ilgisi olmayan ilişkiler karartılarak gereksiz işlem yapılmasının önüne geçilmiştir.

Destekleriniz için teşekkür ederim.

Saygılarımla.

Özcan Akçaoğlu

Değerlendirilecek değişkenlere dair açıklamalar:

Çözüm alternatifleri sınıfındaki değişkenler:

Değişken	Açıklama	Durumlar
Malzeme Değişimi	Serigrafi ya da kazan proseslerinde kullanılan malzemelerde değişim	Yap: Malzeme değişimi yapılır
		Yapma: Malzeme değişimi yapılmaz
Yeni makina yatırımı	Darboğaz yaratan alanlarda sorunların çözümüne yönelik yeni makineye yatırım yapmak	Yap: Yeni makina yatırımı yapılır
		Yapma: Yeni makina yatırımı yapılmaz
Çalışan verim artırma faaliyetleri	Vardiya çalışma düzeninin ayarlanması, vardiya sayısının artırılması gibi yöntemlerle çalışan verimini yükseltmek	Var: Verimlilik artırma çalışmaları var
		Yok: Verimlilik artırma çalışmaları yok
Proseste değişim	Darboğaz yaşanan noktalarda süreçlerde değişiklikler yapmak	Yap: Proses değişimi yapılır
		Yapma: Proses değişimi yapılmaz
Kısmi outsource	Darboğaz yaşanan bölgelerdeki proseslerin kısmen outsource edilmesi	Var: Outsource var
		Yok: Outsource yok
Üretim Yalınlaştırma	5S, stok seviyesi düşürme, OEE ve set-up time düşürme, varyant sayısı düşürme gibi yöntemlerle üretim yalınlaştırma	Yap: Üretim yal. Çalışmaları yapılır
		Yapma: Üretim yal. Çalışmaları yapma
Yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı	Mevcut taşıma ve stok yöntemlerine ek olarak daha teknolojik ekipmanların devreye alınması	Var: Yeni yatırım var
		Yok: Yeni yatırım yok

Darboğaz sınıfındaki değişkenler:

Değişken	Açıklama	Durumlar
Serigrafi	Fabrika serigrafi alanında yaşanan darboğaz problemi	Yüksek: Çözüm beklentisi yüksek
		Düşük: Çözüm beklentisi düşük
Kazan Üretim Hattı	Fabrika kazan üretim hattında yaşanan darboğaz problemi	Yüksek: Çözüm beklentisi yüksek
		Düşük: Çözüm beklentisi düşük
Fabrika Stok Alanı	Fabrika stok alanında yaşanan darboğaz problemi	Yüksek: Çözüm beklentisi yüksek
		Düşük: Çözüm beklentisi düşük

2. Anketin Doldurulması Esnasında Dikkate Alınması Gereken Öneriler

Ankette her darboğaz değişkeninin farklı durumlarının her bir çözüm alternatifi durumu için oluşma olasılıkları toplam 100 puan olarak değerlendirilicektir. Her bir darboğaz değişkenine ait farklı durumların olasılıkları toplamın 100 olmasını kontrol etmek için ankette formata eklenen excell formuluyla kontrol mekanizması oluşturulmuştur.

Doldurma işlemi biten ankette her bir değişken için olasılıkların toplamı 100'e eşit olduğunda toplam sütunu yeşil renk olacaktır. Buradan doğruluk kontrolü yapılabilir.

Aşağıda doldurulmaya hazır boş anket formu yer almaktadır.

3. Anket

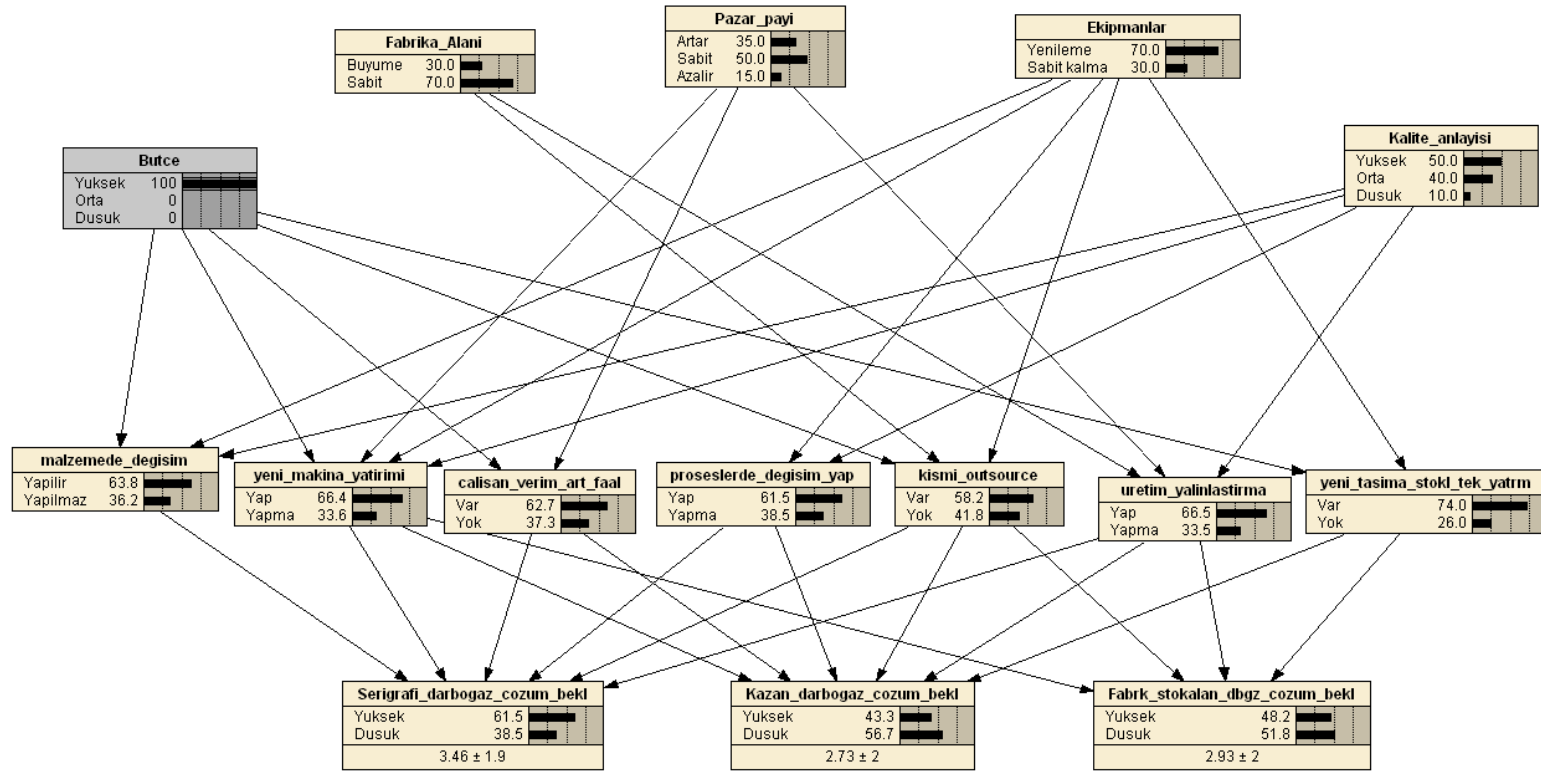
		Serigrafi darboğazı çözüm beklentisi			Kazan darboğazı çözüm beklentisi			Fabrika Stok Alanı darboğazı çözüm beklentisi		
Çözüm Alternatifleri	Karar	Dusuk	Yuksek	Toplam	Dusuk	Yuksek	Toplam	Dusuk	Yuksek	Toplam
Malzeme Degisimi	Yap									
	Yapma									
Yeni makina yatirimi	Yap									
	Yapma									
Çalışan verim artırma faaliyetleri	Var									
	Yok									
Proseste değişim	Yap									
	Yapma									
Kısmi outsource	Var									
	Yok									
Üretim Yalınlaştırma	Yap									
	Yapma									
Yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı	Var									
	Yok									

4. Anket Sonuçları

		Serigrafi darboğazı çözüm beklentisi			Kazan darboğazı çözüm beklentisi			Fabrika Stok Alanı darboğazı çözüm beklentisi		
Çözüm Alternatifleri	Karar	Dusuk	Yuksek	Toplam	Dusuk	Yuksek	Toplam	Dusuk	Yuksek	Toplam
Malzeme Degisimi	Yap	25	75	100						
	Yapma	65	35	100						
Yeni makina yatirimi	Yap	20	80	100	20	80	100	40	60	100
	Yapma	90	10	100	80	20	100	60	40	100
Çalışan verim artırma faaliyetleri	Var	40	60	100	40	60	100			
	Yok	60	40	100	60	40	100			
Proseste değişim	Yap	30	70	100	40	60	100			
	Yapma	65	35	100	60	40	100			
Kısmi outsource	Var	25	75	100	30	70	100	20	80	100
	Yok	70	30	100	70	30	100	70	30	100
Üretim Yalınlaştırma	Yap	35	65	100	35	65	100	35	65	100
	Yapma	70	30	100	65	35	100	60	40	100
Yeni taşıma ve stoklama teknolojisi yatırımı	Var				40	60	100	10	90	100
	Yok				60	40	100	90	10	100

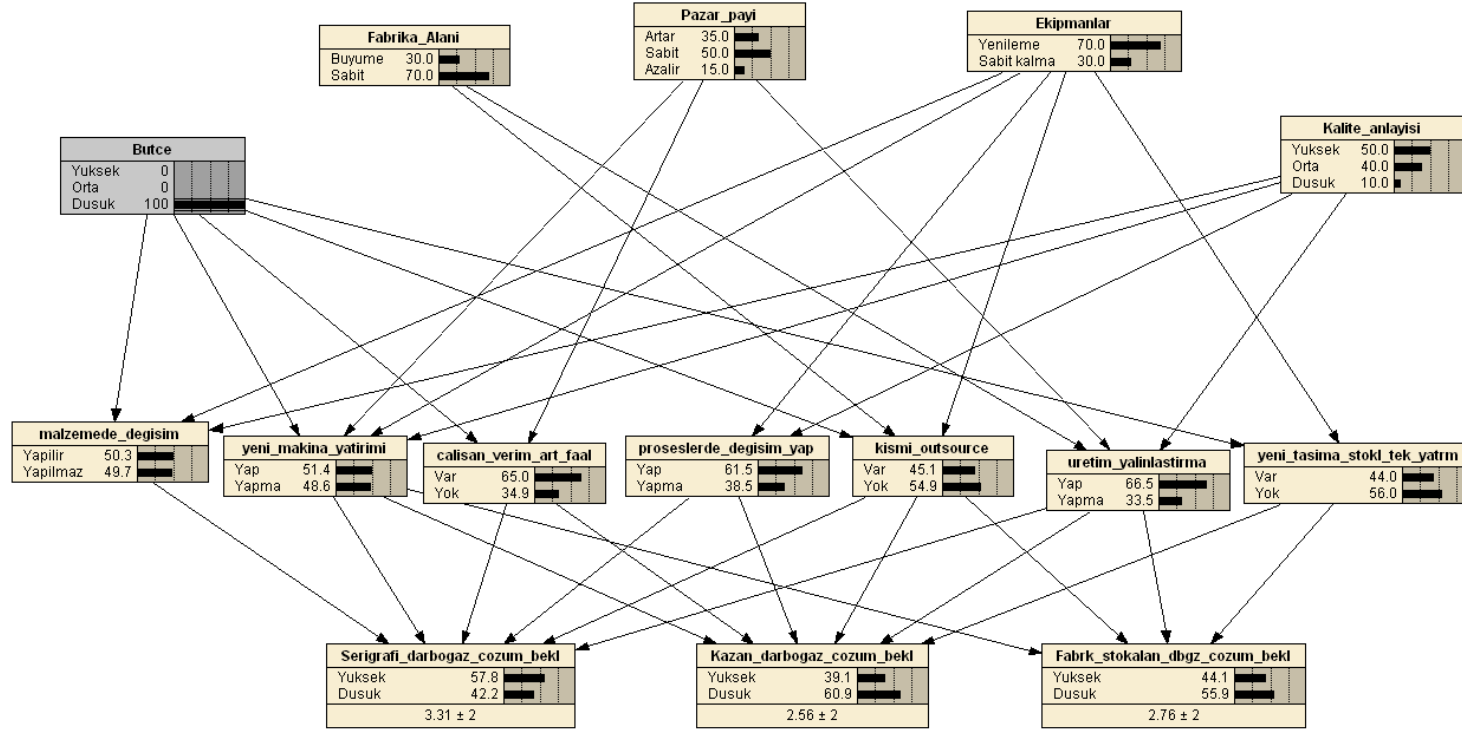
EK D

EK D1



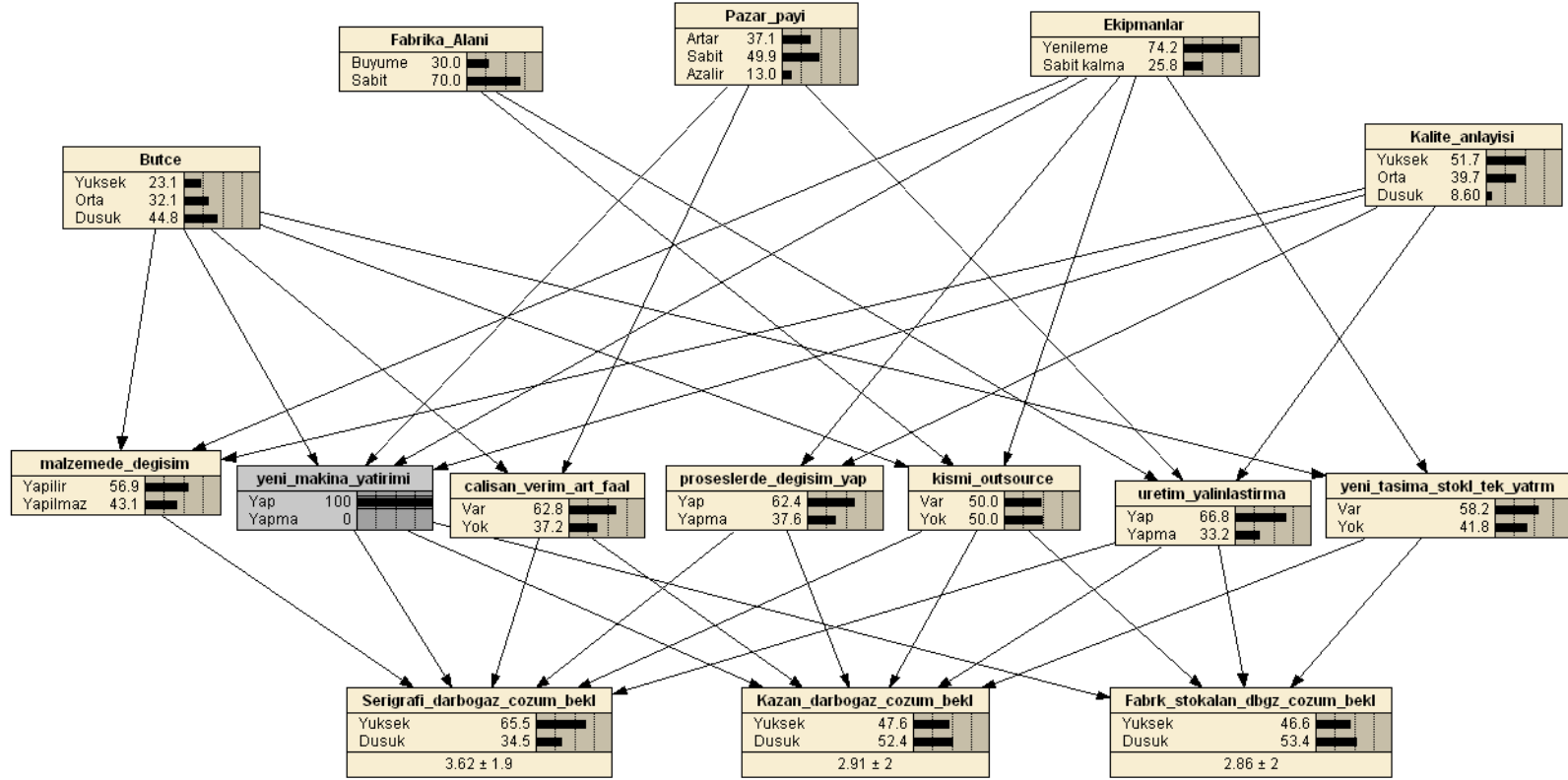
Şekil D.1 : Bütçe değişkeni yüksek durumu için Netica modeli.

EK D2



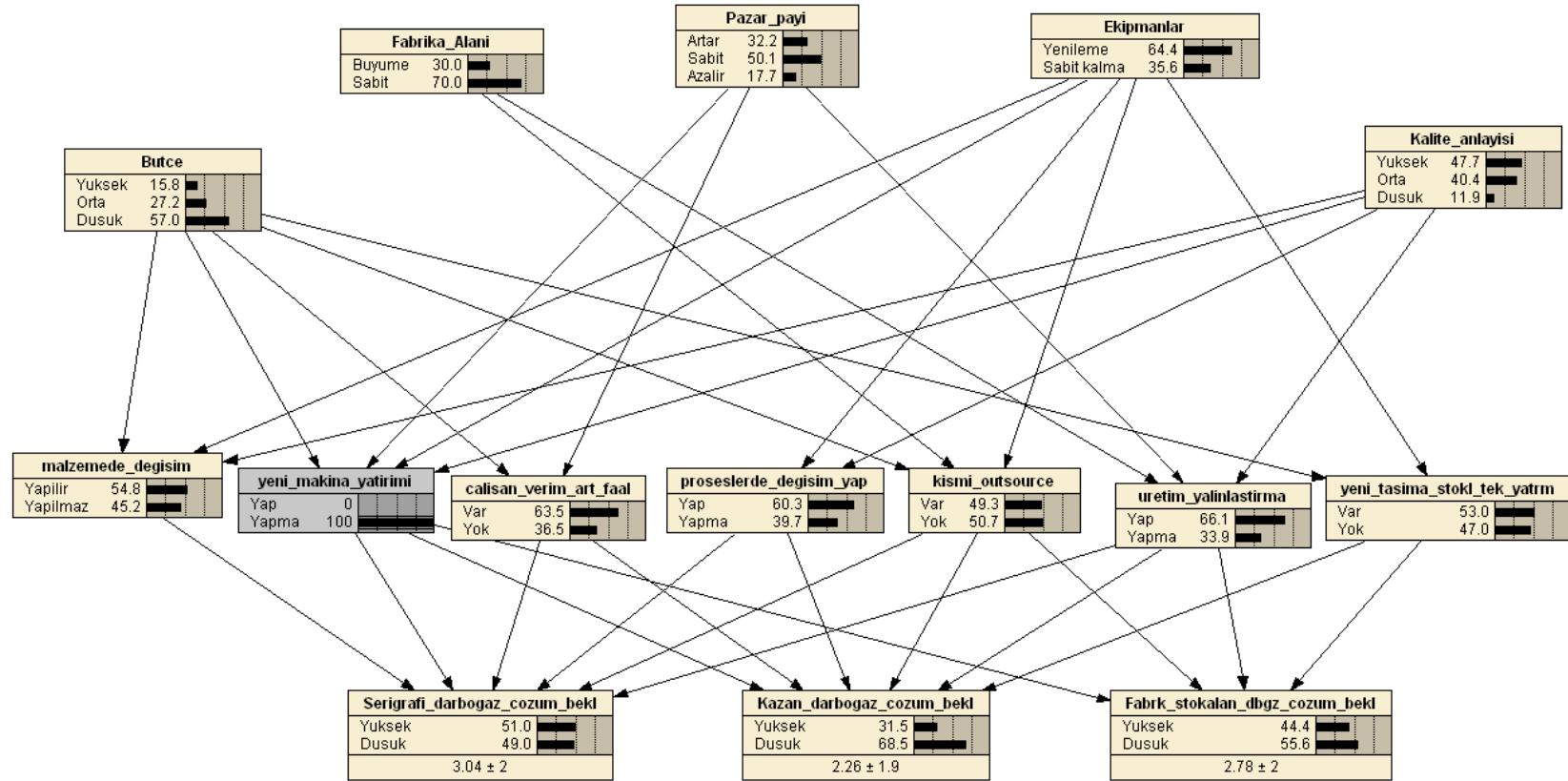
Şekil D.2 : Bütçe değişkeni düşük durumu için Netica Modeli.

EK D3



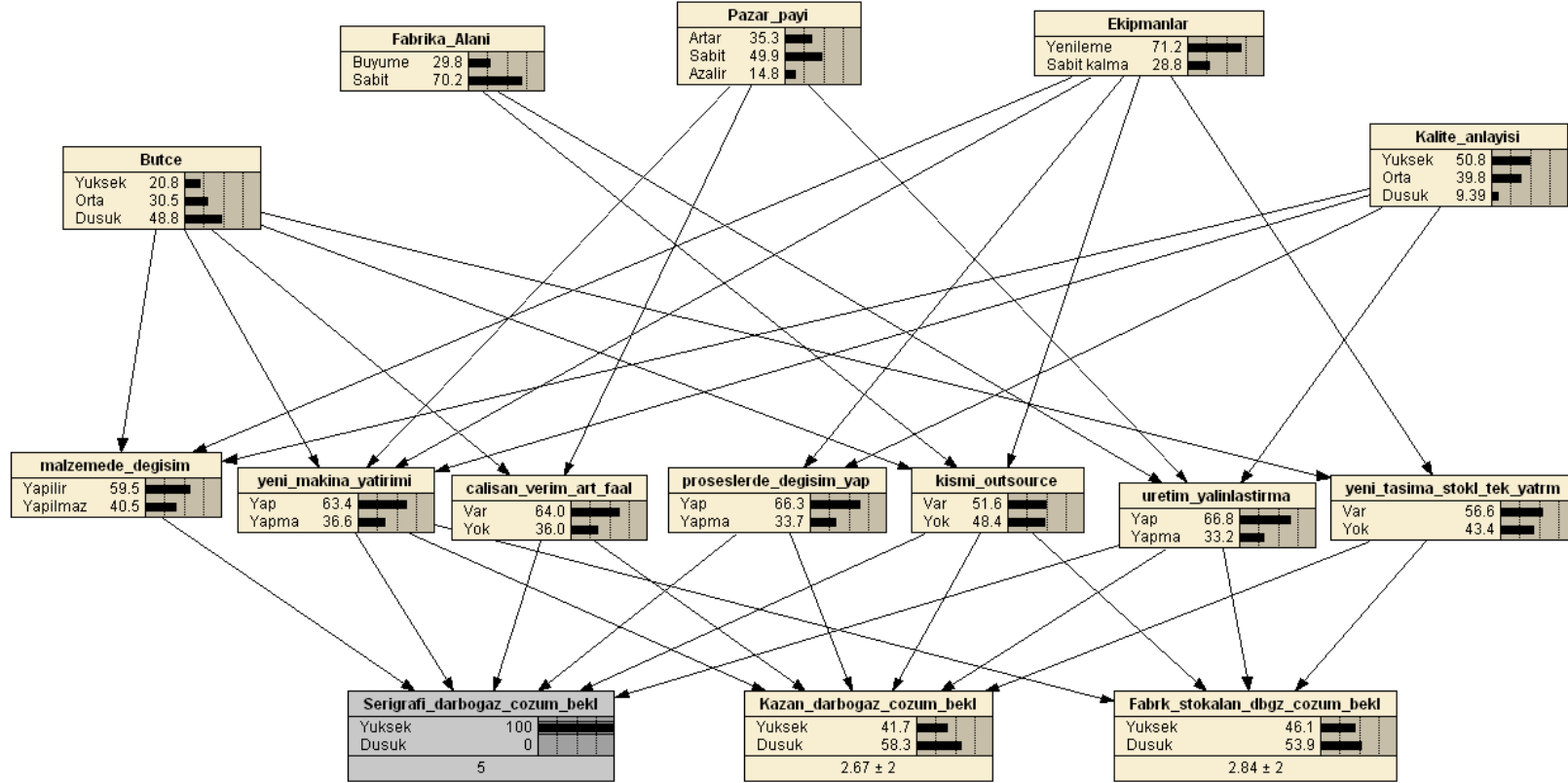
Şekil D.3 : Yeni makina yatırımı yapılması durumu için Netica modeli.

EK D4



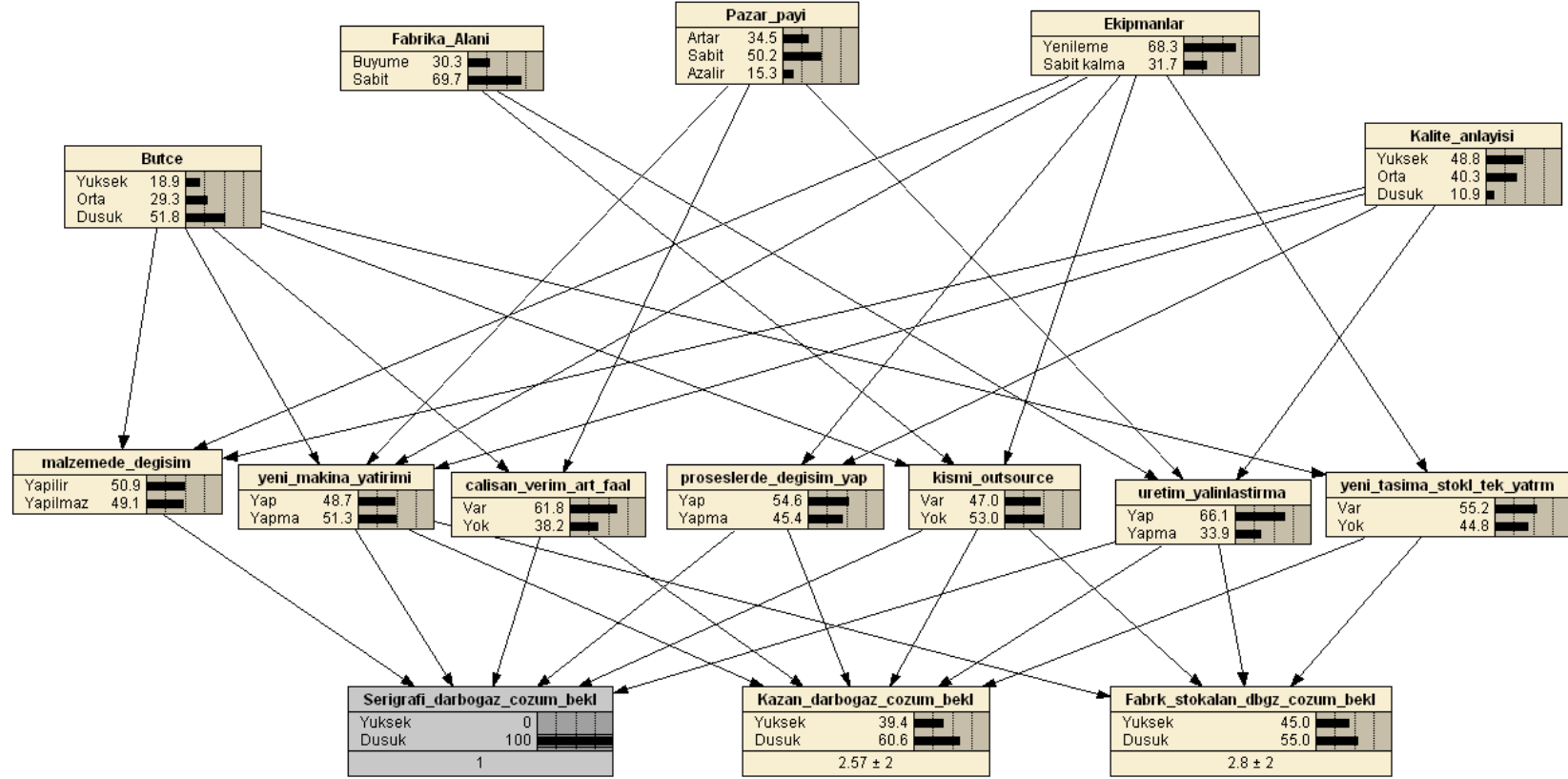
Şekil D.4 : Yeni makina yatırımı yapılmaması durumu Netica modeli.

EK D5



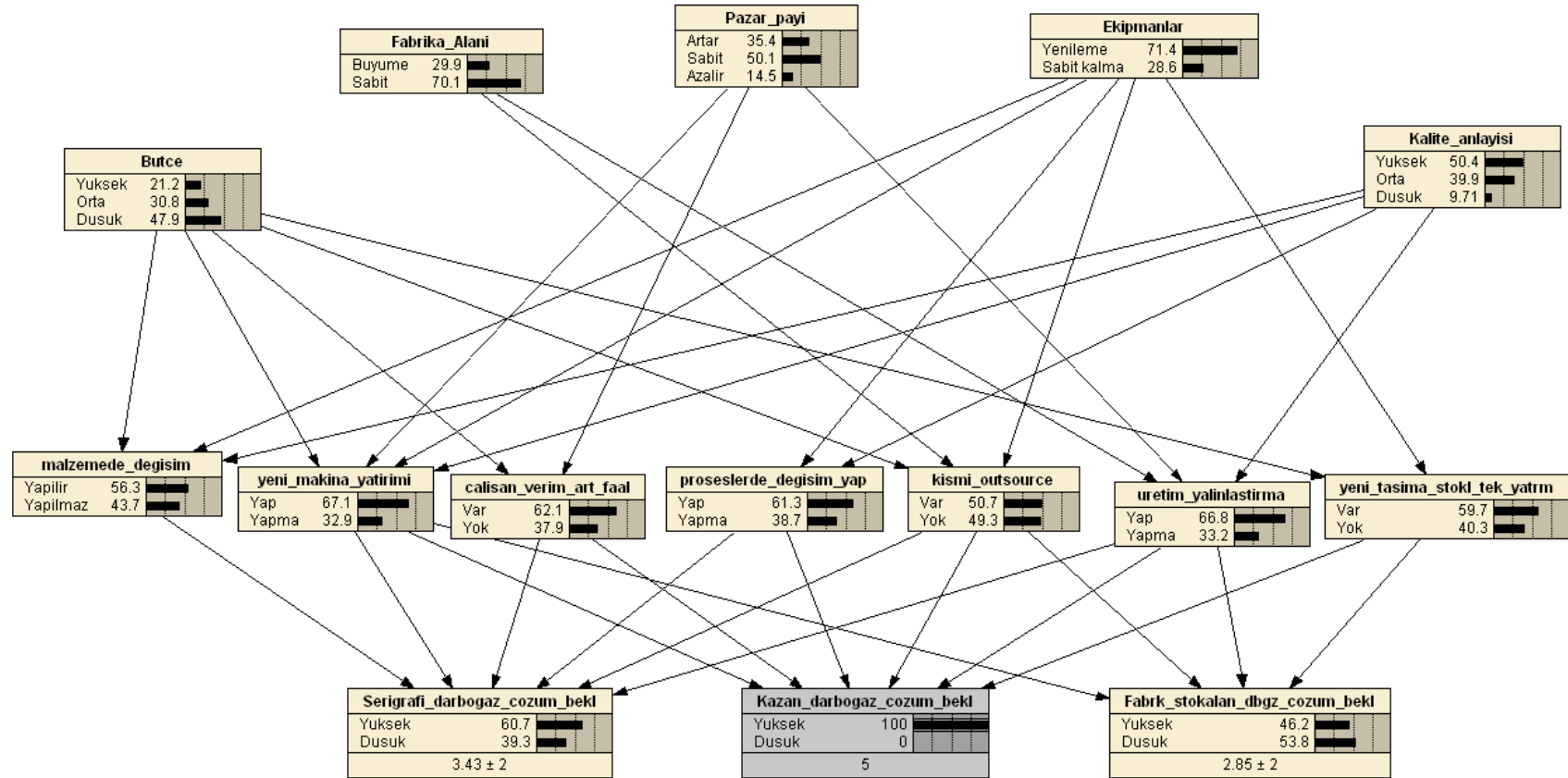
Şekil D.5 : Serigrafi darboğazı yüksek çözüm beklentisi Netica modeli.

EK D6



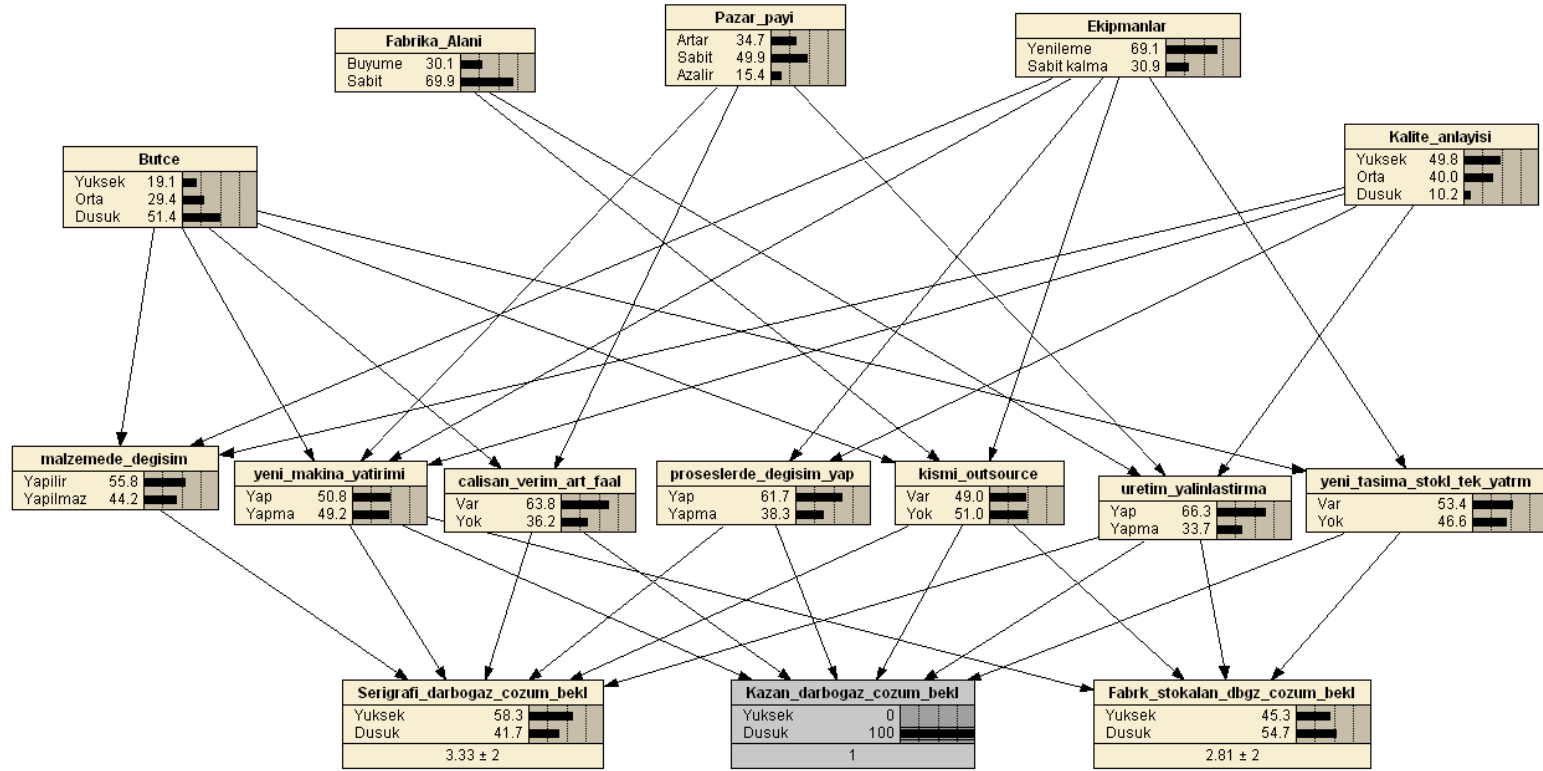
Şekil D.6 : Serigrafi darbogazı düşük çözüm beklentisi Netica modeli.

EK D7



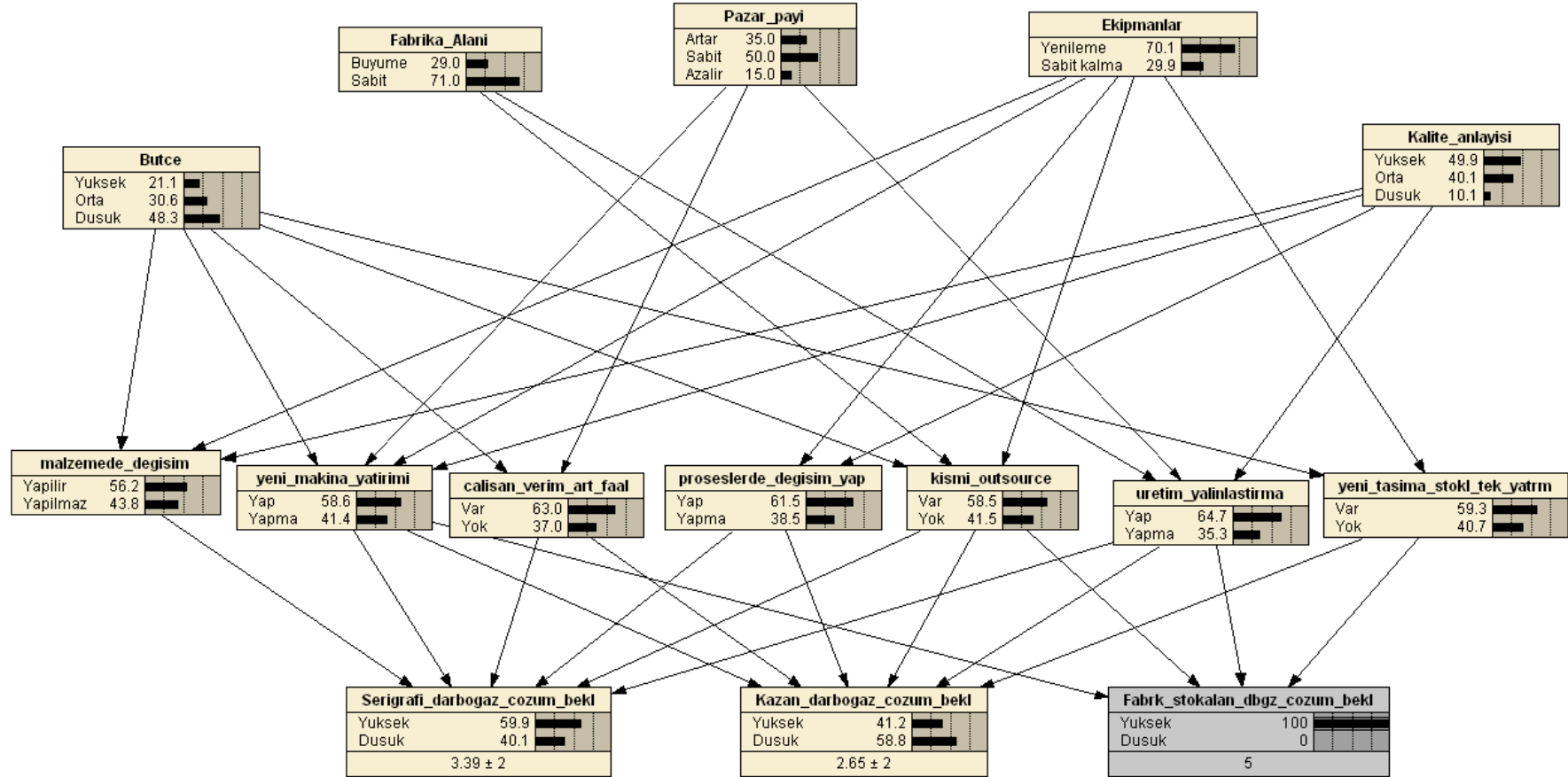
Şekil D.7 : Kazan hattı darboğazı yüksek çözüm beklentisi Netica modeli.

EK D8



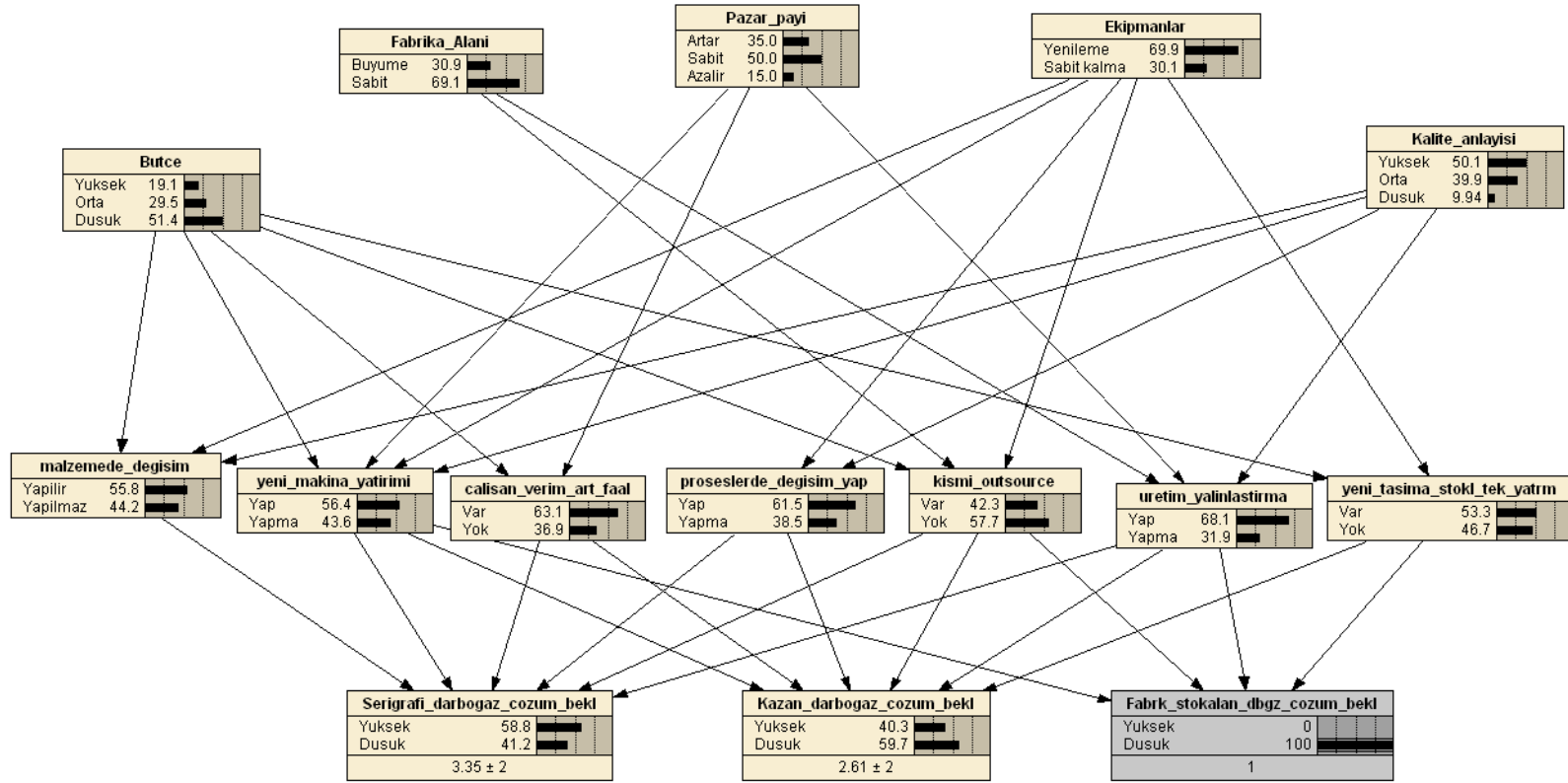
Şekil D.8 : Kazan hattı darboğazı düşük çözüm beklentisi Netica modeli.

EK D9



Şekil D.9 : Fabrika stok alanı yüksek çözüm beklentisi Netica modeli.

EK D10



Şekil D.10 : Fabrika stok alanı düşük çözüm beklentisi Netica modeli

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Özcan Akçaoğlu

Doğum Yeri ve Tarihi: Araç 26.07.1987

Adres: Kağıthane/ İstanbul

E-Posta: ozcanakcaoglu@gmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği