



*Araştırma Makalesi / Research Article*

## Endüstri 4.0 Perspektifinden Verimlilik Etmenlerinin Bayes Ağ Modeli ile Lojistik Alanındaki Uygulaması

### *Application of Efficiency Factors from the Industry 4.0 Perspective in Logistics with Bayesian Network Model*

İrem DÜZDAR ARGUN <sup>1,\*</sup>, Gülşah OCAKLI <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 81620, Konuralp, Düzce

<https://doi.org/10.55007/dufed.1022602>

#### MAKALE BİLGİSİ

##### Makale Tarihi

*Alınış, 12 Kasım 2021*

*Revize, 08 Şubat 2022*

*Kabul, 13 Şubat 2022*

*Online Yayınlama, 01 Nisan 2022*

##### Anahtar Kelimeler

*Bayes ağ yapısı, Endüstri 4.0, Lojistik, Verimlilik*

#### ARTICLE INFO

##### Article History

*Received, 12 November 2021*

*Revised, 08 February 2022*

*Accepted, 13 February 2022*

*Available Online, 01 April 2022*

##### Keywords

*Bayesian network structure, Industry 4.0, Logistics, Efficiency*

#### ÖZ

Endüstri 4.0 tüm sektörlerde olduğu gibi lojistik sektöründe de önemli gelişmelere neden olabilecek yüksek potansiyele sahip bir uygulamadır. Bugüne kadar lojistik sektörü ile ilgili çalışmalarda Endüstri 4.0 konusunun çok az incelendiği bir gerçektir. Sektör içinde öne çıkmak, sürdürülebilirliği sağlamak ve rekabette üstünlük sağlayabilmek için pazar etkililiğini çok iyi izlemek ve yenilikçi girişimler yaratmanın yararları her türlü tartışmadan çok uzaktır. Bu yaratıcı girişimlerin uygulanmasında Endüstri 4.0 ilkeleri günün koşullarına daha uygun ve gerçekçi fikirlerin ortaya çıkmasına yardımcı olacaktır. Çalışmanın amacı Endüstri 4.0 yöntemlerini Bayes Ağı ile lojistik sektöründe en aktif şekilde kullanıp verimlilik anlamında fayda sağlamaktır. Bu çalışmada Bayes Ağı, lojistik sektörünün verimliliğini etkileyen etmenlerin analizinde kullanılmıştır. Uzman görüşlerinin alınması amacıyla gönderilen anket soruları da Bayes Ağı yardımıyla hazırlanmıştır. Bayes Ağı yapısı karar ağacı oluşturmak için anket yanıtları değerlendirilmiş, elde edilen olasılık değerleri Netica yazılımına yüklenmiş, durum senaryoları oluşturulmuş ve analizleri yapılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen verilere göre sunulan çözüm alternatifleri içinde yatırım yapılma olasılığı en yüksek olan parametre kaynak planlamasıdır. Belirlenen darboğazlar arasında ise çözüm beklentisi en yüksek olan parametre müşteri ihtiyaçlarının karşılanmasıdır. Bayes Ağı tekniğinin kullanımı ile ulaşılan sonuçlar lojistik sektöründe Endüstri 4.0 uygulamalarının yaygınlaşmasına yardımcı olabilecek ve güncel, gerçekçi ve kontrol edilebilen girişimlerin önünü açacaktır.

#### ABSTRACT

Industry 4.0 is an application with a high potential that can lead to significant developments in the logistics sector, as in all sectors. It is a fact

*\*Sorumlu Yazar*

*E-posta Adresleri: [iremduzdar@gmail.com](mailto:iremduzdar@gmail.com) (İrem DUZDAR ARGUN), [gulsah.ockl65@gmail.com](mailto:gulsah.ockl65@gmail.com) (Gülşah*

*OCAKLI)*

that Industry 4.0 has been studied very little in the studies related to the logistics sector until today. The benefits of monitoring market efficiency and creating innovative initiatives in order to stand out in the industry, to achieve the sustainability and gain a competitive advantage are far from any discussion. In the implementation of these creative initiatives, Industry 4.0 principles will help to come up with more suitable and realistic ideas for the conditions of the day. In order to create a Bayesian Network structure decision tree, the survey responses were evaluated, the probability values obtained were uploaded to the Netica software, case scenarios were created and analysed. The results obtained with the use of Bayesian Network technique will help the spread of Industry 4.0 applications in the logistics sector and will pave the way for up-to-date, realistic and controllable initiatives.

## 1. GİRİŞ

Lojistik sektörünü diğer tüm sektörlerden ayıran en önemli özelliği üretici ve müşteri arasında bir köprü olmasıdır. Bu köprü görevini üstlenen sektör olmanın da bazı zor yanları bulunmaktadır. Tam zamanında uygun şekilde doğru yerde bulunmak gibi sürekli gelişim içinde bulunması gereken durumlar ile karşı karşıya kalabilmektedir [1]. Bu durumları en doğru ve güncel şekilde iyileştirmek için ise Endüstri 4.0'dan yardım alınabilir. Endüstri 4.0 ile daha gelişmiş üretim sistemleri, daha teknolojik lojistik ağları kurmak mümkündür. Endüstri 4.0'ın doğru şekilde kullanılması gelişmenin ve ilerlenin en büyük adımı olacaktır. Lojistik sektörü de Endüstri 4.0'dan etkilenecek en büyük sektörlerdendir. Lojistik sektörünün verimliliğini doğrudan etkileyecek olan Endüstri 4.0'ın hangi alanlarda, ne şekilde kullanılması gerektiği tespit edilmelidir. Ancak tespiti yapabilmek için fazla maliyet ve işgücü gerekebilir. Böyle bir durumda firma için en sağlıklı yolu seçebilmek adına uygulama yapılabilecek alanların firmaya etkisi değerlendirilmeli ve bu değerlendirilmeler ışığında bir seçim yapılmalıdır. Bu seçimi yapmak için ise Bayes ağlarını kullanmak firmaya katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada lojistik sektöründe bulunan firmaların problem yaşadıkları alanları tespit edip incelemek ve bu alanlarda ne gibi düzenlemeler yapılacağını analiz etmek amacıyla lojistik sektörünün verimliliği için Endüstri 4.0 kullanılarak ne gibi gelişmeler ve iyileştirmelerde bulunulabileceği incelenmiştir.

Yeni nesilde lojistik terimi ile karşılaşıldığında zaman yönetimi, düzenli ve kontrollü akış, geniş pazar payı gibi etmenler göze çarpmaktadır. Bu ifadeler incelendiğinde lojistik sektöründe kayda değer bir yer edinebilmek için her yapı taşının ayrı ayrı önemsenip incelenmesi gerekmektedir. Bu incelemelerin titizlikle yapılması halinde verimlilikte de artış gözlemlenecektir [1].

Normal şartlarda akıllı hizmetin insanlara sağladığı kolaylığı tabii ki insanlar da gerçekleştirebilir. Fakat buradaki amaç akıllı hizmetleri otomatik işlemlerde kullanmak, insan beynini de daha karmaşık işlerde kullanmaktır. Akıllı lojistik hizmetlerini kullanarak firmaların gelen talebe

karşı esnekliği artacak, işletmedeki süreçlerde optimizasyon sağlanacak, depolama ve taşıma işlemlerinde maliyetler en aza indirilebilecek ve işletmede verimlilik artışı gözlemlenmiş olacaktır [2].

Lojistik sektöründe verimlilik çalışmalarının bir örneği ‘Karar Destek Sistemlerinin (KDS) Lojistik Süreçlerde Kullanımı ve Verimlilik Analizi Üzerine Bir Uygulama ‘dır. Eyüp Akçetin ve Yüksel Yurtay’ın birlikte yaptığı bu çalışmada lojistiğin ayrılmaz bir parçası olan ürünleri ulaşım araçlarına yükleme sırasında harcanan makine ve işgücünü belirlemek ve verimliliğini arttırmaktır [3].

‘Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Etkileri: Lojistik 4.0’ isimli çalışmalarıyla Özdemir ve Özgüner lojistik ve Endüstri 4.0 kavramlarını bir araya getiren diğer isimlerdendir. Bu çalışmada Endüstri 4.0 ile üretim arasındaki bağı ne derece kuvvetli olduğu vurgulanmış ve lojistik ile üretimin de ayrılmaz bir bütün olduğundan bahsedilmiştir. Bu bütünlük sayesinde Endüstri 4.0’ın bütün iş süreçlerini baştan yenileyeceği beklenmektedir [4]. Çalışmanın amacı Endüstri 4.0’ın detaylarına inmek ve lojistik sektörü ile arasındaki bağı ortaya çıkarmaktır. Kavramsal olarak hazırlanan bu çalışmanın Endüstri 4.0 devriminin lojistik sektörü için önemini anlatacağı ve uygulama konusunda adım atılmasına teşvik edeceği düşünülmektedir [4].

Saatçioğlu ve ark.’nın birlikte yürüttüğü ‘Endüstri 4.0 Ve Lojistik Sektörüne Yansımalarının Örnek Olay Kapsamında Değerlendirilmesi’ isimli çalışmada lojistik sektöründe Endüstri 4.0’ın öneminden bahsedilmiştir. Tedarikçilerin anlık olarak durum bilgisi alması ve sürece doğrudan girerek yönetim güçlerini arttırabilmelerini Endüstri 4.0 sayesinde başarabilmenin mümkün olduğu anlatılmaktadır. Bu yöntemle verimlilik ve etkin kapasite kullanımının kontrol altında tutulabileceğinden söz edilmektedir. Çalışmanın amacı lojistik sektöründe Endüstri 4.0’ın önemini ve dönüşümünü anlatmaktır. Bunun için de bir lojistik firmasının hazırladığı Endüstri 4.0 çalışmaları incelenmiştir. Firmanın çalışmalarının desteklenmesi de bu konu üzerinde çalışma yapılmasının ihtiyacını gözler önüne sermektedir [5].

Alkış ve ark.’nın çalışmasının amacı sektördeki operasyonel verimliliğin iyileşmesinde Endüstri 4.0’ın katkılarını ortaya çıkarmaktır. Bu alanda yeterince çalışma bulunmadığından dolayı konuyla ilgili öğrenilmesi gereken durumların açıklıkla anlatıldığı bir makaledir. Operasyonel verimlilik için taşıma yönetimi, depo ve envanter yönetimi, sipariş yönetimi, müşteri hizmetleri ve maliyet verimliliği gibi durumlar incelenmiştir. Çalışma için gerekli veriler ise Endüstri 4.0’ı aktif olarak kullanan lojistik şirketlerinin üst ve orta düzey yöneticileri ile inceleme, araştırma ve mülakat gibi yazılı ve sözlü iletişimler sayesinde toplanmıştır. Araştırma sonucunda çıkan analizlerin güvenilirliği ise Kappa Analizi yapılarak sağlanmıştır. Gömülü teoriyi oluştururken ise açık, eksene ve seçici kodlamalar yapılmıştır ve veri çözümlemesi elde edilmiştir [6].

Şekkeli ve Bakan'ın üzerinde çalışmış oldukları 'Endüstri 4.0'ın Etkisiyle Lojistik 4.0' isimli çalışma da yine diğer birçok çalışma gibi kavramsal şekilde yürütülmüştür. Konu üzerinde kapsamlı ve uygulamalı çalışmak zor olduğundan araştırmaların ileriye ışık olacak şekilde yazılması tercih edilmiştir. Bu çalışmada diğer sektörlerin etkilendiği durumların lojistik sektörünü etkilememe şansı olmadığı vurgulanmış ve Endüstri 4.0'ın en büyük etkilerinin olduğu sektörün de lojistik olduğu üzerinde durulmuştur. Günümüzde olan değişimlerin geleceğe doğru çok daha farklı ve gelişmiş boyutlara evrilebileceği ve simülasyon, otomasyon gibi gelişmiş teknolojilere daha çok yer verileceği düşünülmektedir. Bu yeni sistemler ile zaman anlamında oldukça hız kazanılacağı ve iş gücü maliyetlerinde de azalma yaşanılacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada 2011 yılında gündeme gelen Endüstri 4.0 ve lojistik sektörüne de kattıkları ile Lojistik 4.0'ın temel özellikler ve faydaları tartışılmaktadır [7].

Eke "Lojistik Sektöründe Faaliyet Gösteren Firmaların Endüstri 4.0 Olgunluk Seviyesinin Ölçülmesi" isimli çalışmasını 2018 yılında tamamlamıştır. Bu çalışmada lojistik sektörde bulunan firmaların Endüstri 4.0'a yaklaşımları ölçülmüştür. Yöntem olarak Best Worst Method yani En İyi En Kötü Yöntem kullanılmıştır. Lojistik sektörde yapılan çalışmalar içerisinde ilk kez bu yöntemin kullanılması literatüre büyük katkı sağlamıştır [8].

Seyhan "Lojistik 4.0: Endüstri 4.0'ın Lojistik Sektörüne Uyarlanması Üzerine Bir Araştırma" isimli çalışmasını 2019 yılında tamamlamıştır. Çalışmada ilk olarak Endüstri 4.0 incelenmiştir. Daha sonra Endüstri 4.0'ın lojistik sektörü üzerindeki etkisi araştırılmıştır ve ortaya çıkan Lojistik 4.0 kavramı açıklanmıştır. Bu kavramın avantajları ve dezavantajlarından bahsedilmiştir [9].

## **2. MATERYAL VE METOT**

Çalışmanın kapsamında Bayes Ağları Yöntemi kullanılmıştır ve bu şekilde birbiri ile etkileşim içinde bulunan bütün durumlar göz önünde bulundurulmuştur. Elde edilen veriler ise Netica programında analiz edilmiştir.

### **2.1 Bayes Ağ Yapısı**

Bayes Ağ Yapısı modeli aralarında belli bir olasılık sıralaması olmayan durumların modelini çıkarmak için kullanılan bir yöntemdir [10]. Çalışmada bu yöntemin seçilmesinin en büyük sebeplerinden biri de farklı firmalar için bu modellerin en uygunlarına cevap verebilecek olmasıdır. Lojistik sektöründe oluşan darboğazların ve çözüm yöntemlerinin arasında belli bir sıralama olmaması bize Bayes Ağları yöntemini kullanmıştır.

Yöntem sonunda mevcut durum, en iyi durum senaryosu ve en kötü durum senaryosu analizleri yapılmaktadır. Analizleri yapmak için ise belirlenen model ışığında anketler hazırlanır ve bu anketler uzman kişiler tarafınca yanıtlanır [10].

Bayes teoremini meşhur matematikçi Reverend Thomas Bayes geliştirmiştir. Ancak ne yazık ki kendi adını verdiği teoremi yaşamı süresince bilim çevresi tarafından çok ilgi görmemiştir. Ölümünden 2 yıl sonra yani sene 1763'te İngiltere Kraliyet Akademisi tarafından bilim dünyasına tanıtılmıştır [11].

Bayes ağ yapısı bir çevrim değildir, tek yönlü olan bir diyagramdır. Üç kısımdan oluşan Bayes ağ yapısında düğümler oklar ve koşullu olasılık tabloları yer almaktadır. Düğümler, oklar ve koşullu olasılık tabloları açıklanacak olursa [10];

Düğümler: Değişkenleri temsil eder. 4 farklı düğüm vardır. Bunlar; ebeveyn düğüm, çocuk düğüm, kök düğüm ve yaprak düğümdür.

Ebeveyn düğüm kendisinden ok çıkan düğümdür. Kendisine ok gelen düğüm ise çocuk düğümdür. Kendisinden ok çıkan ama ok gelmeyen düğüme kök düğüm denmektedir. Yaprak düğüm ise kendisine hiç ok gelmeyen düğümü ifade eder.

Oklar: Düğümler arasındaki bağlantıyı ifade eden simgelerdir.

Koşullu Olasılık Tabloları: Her bir değişken için ifade edilen olasılık dağılımıdır.

Bayes ağlarının bağlantı tipleri de üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar; seri bağlantılar, yakınsayan bağlantılar ve iraksayan bağlantılardır.

Bayes ağlarının en büyük avantajlarından biri gerekli bilgilerin uzman kişiler tarafından belirlenmesidir. Model içinde belirlenecek tüm sayısal değişkenlerin tecrübe sahibi kişiler tarafından yapılması güvenilirlik açısından da oldukça faydalıdır. Bir diğer faydası ise gösteriminin gayet net ve anlaşılır olmasıdır. Bu şekilde projenin ilerleme durumuna göre kolaylıkla ekleme ve çıkarma yapılabilir [11]. Bu sebeple lojistik sektöründe sürdürülecek bir çalışmanın yönteminin olasılıksal senaryolara dayanması açısından Bayes Ağları ile çalışılması fayda sağlayacaktır. Bu yöntem ile, farklı alternatif senaryolar ile farklı kısıtları ve amaçları olan firmalar için en uygun senaryonun seçilmesi sonucu elde edilmesi hedeflenmiştir.

Zeynep Çakır Sayılı'nın Bayes ağlarını kullanarak yaptığı çalışmanın ismi 'İş Sürekliliği Yönetiminde Analiz Ve Planlama İçin Bayes Ağlarına Dayalı Bir Model'dir. Çalışmada iş sürekliliği için Bayes ağları kullanılarak uzman kişi görüşleri, olasılık değerleri, analiz ve planlama süreçlerinin arasındaki etkileşim ortaya konulmuştur. Literatür araştırması tamamlandıktan sonra uzman kişilerin

tavsiyeleri üzerine bir model oluşturulmuştur. Çalışmada iki adet örnek vaka kullanılmıştır. Elde edilen olasılık değerleri Netica programına aktarılmıştır ve senaryo analizleri yapılmıştır. Sonucunda çalışmanın artı ve eksi yönleri değerlendirilmiş ve gelecek için bir yol haritası çıkarılmıştır [12].

### **3. ARAŞTIRMA BULGULARI**

Çalışma kapsamında lojistik sektöründe bulunan bir işletmenin verimlilik çalışmalarında Endüstri 4.0 ile Bayes ağları yapısı oluşturulmuştur. Bunun için ilk olarak kaynak alternatifleri, çözüm alternatifleri ve darboğaz alternatifleri olan değişkenler literatür taraması ile belirlenmiştir. Daha sonra Bayes ağı modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan model doğrultusunda anketler hazırlanmıştır. Hazırlanan anketler ilgili firmaya gönderilmiş ve uzman kişiler tarafından doldurulmuştur. Elde edilen anket sonuçları Netica programında kullanılmıştır ve senaryo analizleri yapılmıştır. Senaryo analizi tamamlandıktan sonra duyarlılık analizine geçilmiştir ve sonuçlar incelenmiştir.

#### **3.1 Değişkenlerin Belirlenmesi**

Kaynak değişkenlerinin belirlenmesi Bayes ağı modelinin kurulmasında önemli adımlardan biridir. Çünkü darboğazların çözümü elde edilirken faydalanabileceğimiz durumları görmemizi sağlar. Kaynak değişkenleri yapılan literatür taraması ile bütçe, kalite, ekipman ve personel sayısı olarak belirlenmiştir.

Çözüm alternatifi değişkenleri darboğaz değişkenlerinin çözüme ulaşması için dikkatle seçilmesi gereken parametrelerdir. Ayrıca çözüm alternatiflerini belirlerken işletmenin kaynak değişkenleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Endüstri 4.0'ın getirdiği yenilikler incelenerek lojistik sektörü için en uygun olanlar seçilmiştir. Endüstri 4.0 göz önüne alınarak seçilen çözüm alternatifleri nesnelere interneti, artırılmış gerçeklik, yatay ve dikey sistem entegrasyonu, depo yönetim sistemleri, kaynak planlaması ve hizmetlerin interneti yöntemleri seçilmiştir.

Darboğaz değişkenleri seçilirken de işletme ile görüşülüp sorun yaşanan durumlar tespit edilmiştir. Bu tespitler literatürde bulunan lojistik alanındaki çalışmalarla da desteklenmiş ve sektörel olarak problem yaşanan alanlar tercih edilmiştir. Darboğaz değişkenleri depoda fazla ürün stoğu, müşteri ihtiyaçlarının karşılanması, bozulma-hasar-kayıp durumları ve bölümler arası bilgi akışı değişkenleri seçilmiştir.

Değişkenler belirlendikten sonra Bayes ağ yapısına uygun hale getirilmiştir. Bunun için oluşturulacak ağ yapısının üst kısmında kaynak alternatifleri orta kısmında çözüm alternatifleri ve alt

kısımında da darboğaz değişkenleri yer alacaktır. Şekil 1’de Bayes ağ yapısının öncül modeli gösterilmiştir.



Şekil 1. Bayes ağ yapısı öncül modeli

Şekil 1’de de gösterildiği gibi üst kısma kaynaklar orta kısma çözüm alternatifleri ve alt kısma da darboğazlar yerleştirildikten sonra bu parametreler birbirleri ile ilişkilendirilecektir. İlişkilendirme yapılırken ikili matrislerden faydalanılmıştır. Öncelikle kaynaklar ile çözüm alternatifleri daha sonra ise çözüm alternatifleri ile darboğazlar değerlendirilecektir. Bu değerlendirme sırasında üç ihtimal göz önünde bulundurulmuştur. Bunlar; 0, 1, -1 olma durumlarıdır. Bu durumları açıklayacak olursak; 1 olması halinde satır sütun değişkenleri doğru orantılı şekilde artacak veya azalacaktır. -1 olması durumunda satır ve sütun değişkenleri ters orantılı hale gelir ve bir değer azaldığında diğeri artar veya tam tersi şekilde bir değer azaldığında diğeri artacaktır. 0 olması ise satır ve sütun değişkenlerinin birbirleri ile ilişkisi olmadığını göstermektedir. Değerlendirilen ilişki matrisleri Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

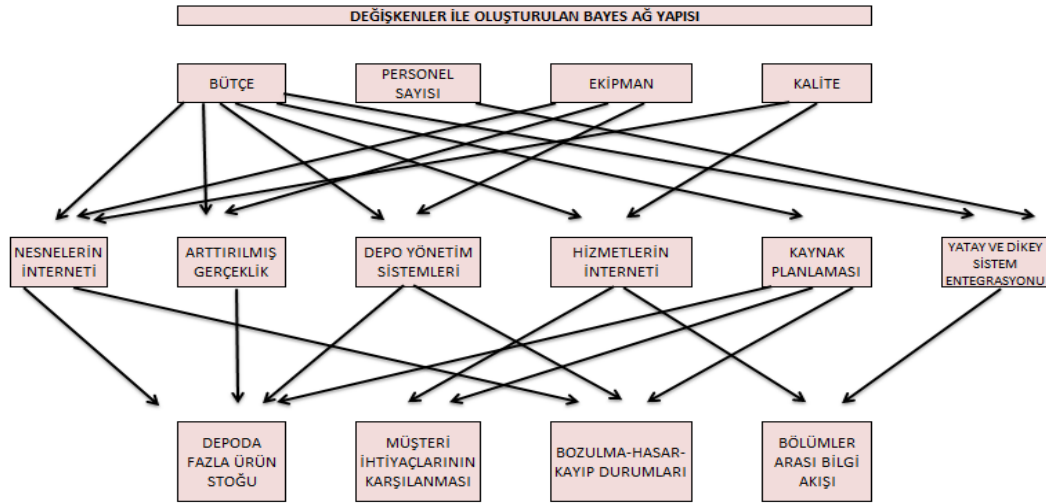
Tablo 1. İşletme kaynakları ve çözüm alternatifleri ilişki matrisi

Parametreler	Bütçe	Personel Sayısı	Ekipman	Kalite	Nesnelerin İnterneti	Artırılmış Gerçeklik	Depo Yönetim Sistemleri	Hizmetlerin İnterneti	Kaynak Planlaması	Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu
Bütçe	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Personel Sayısı	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Ekipman	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1
Kalite	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
Nesnelerin İnterneti	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Artırılmış Gerçeklik	1	0	1	0	0	1	0	-1	0	0
Depo Yönetim Sistemleri	-1	0	1	0	1	0	1	-1	0	0
Hizmetlerin İnterneti	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
Kaynak Planlaması	-1	0	0	0	0	-1	-1	0	1	0
Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1

**Tablo 2.** Çözüm alternatifleri ve darboğazlar ilişki matrisi

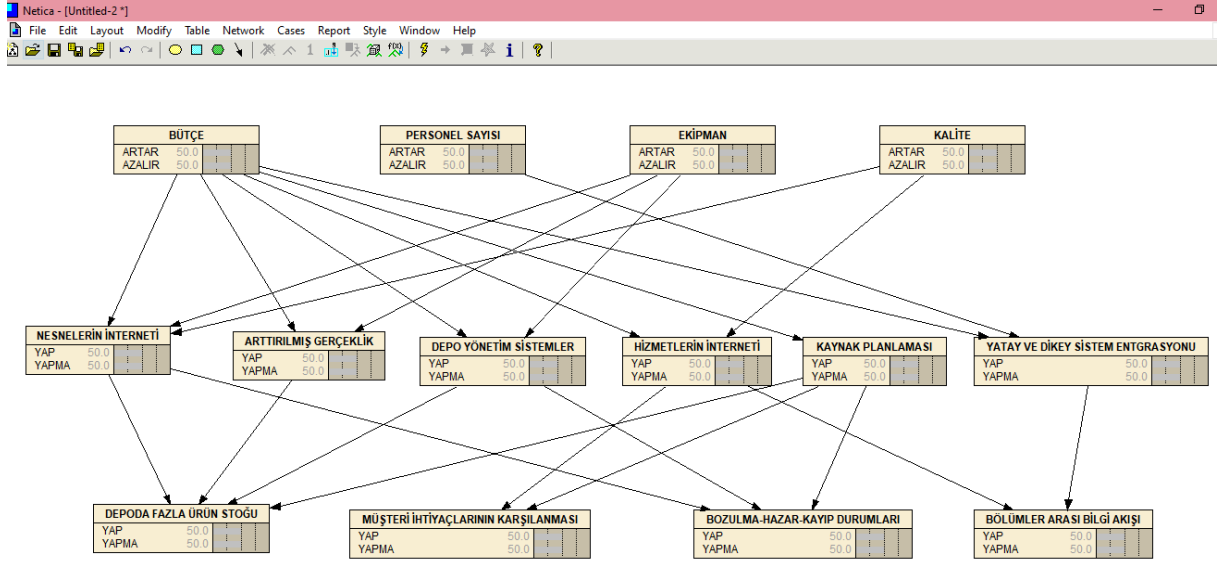
Parametreler	Nesnelerin İnterneti	Artırılmış Gerçeklik	Depo Yönetim Sistemleri	Hizmetlerin İnterneti	Kaynak Planlaması	Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	Depoda Fazla Ürün Stoğu	Müşteri İhtiyaçlarının Karşlanması	Bozulma-Hasar-Kayıp Durumları	Bölümler Arası Bilgi Akışı
Nesnelerin İnterneti	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
Artırılmış Gerçeklik	1	1	0	0	-1	0	1	0	0	0
Depo Yönetim Sistemleri	1	0	1	1	-1	0	1	0	1	0
Hizmetlerin İnterneti	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1
Kaynak Planlaması	1	-1	-1	0	1	0	1	1	1	0
Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Depoda Fazla Ürün Stoğu	1	1	1	0	1	0	1	0	0	-1
Müşteri İhtiyaçlarının Karşlanması	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1
Bozulma-Hasar-Kayıp Durumları	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
Bölümler Arası Bilgi Akışı	0	0	0	1	0	1	-1	1	0	1

İlişki matrislerinin değerlendirmeleri tamamlandıktan sonra Bayes ağ modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan model çözülmesi için model Netica programına aktarılmıştır. Şekil 2’de oluşturulan model gösterilmektedir. Netica programında olasılık değerleri girilmeden oluşturulan ilk model şekil 3’de verilmiştir.



**Şekil 2.** Bayes ağ modeli





Şekil 3. Bayes ağ Netica görünümü

### 3.2 Senaryoların Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi

Elde edilen modelin Netica’da sonuç verebilmesi için olasılık değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple uzmanların görüşlerine başvurulmuştur. Firmadaki görevli kişiler için üç anket hazırlanmıştır. Anketlerden ilki kaynaklar anketidir. İkincisi kaynak değişkenlerine bağlı çözüm alternatifleri anketidir. Üçüncüsü ise çözüm alternatiflerine bağlı olarak darboğaz değişkenleri anketidir. Anket sonuçları aşağıdaki Tablo 3’de verilmiştir.

Anket sonuçlarının Netica programına girilmesi ile mevcut durum senaryosu ortaya çıkmıştır. Kaynak değişkenlerinin artar kısımlarının %100 yapılması ile en iyi durum senaryosuna ulaşılmıştır. Kaynak değişkenlerinin azalır kısımlarının %100 yapılması ile de en kötü durum senaryosu elde edilmiştir. Yapılan mevcut durum en iyi ve en kötü senaryo analizleri aşağıda verilen sırası ile Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6 da gösterildiği gibidir.

Tablo 3. Anket sonuçları

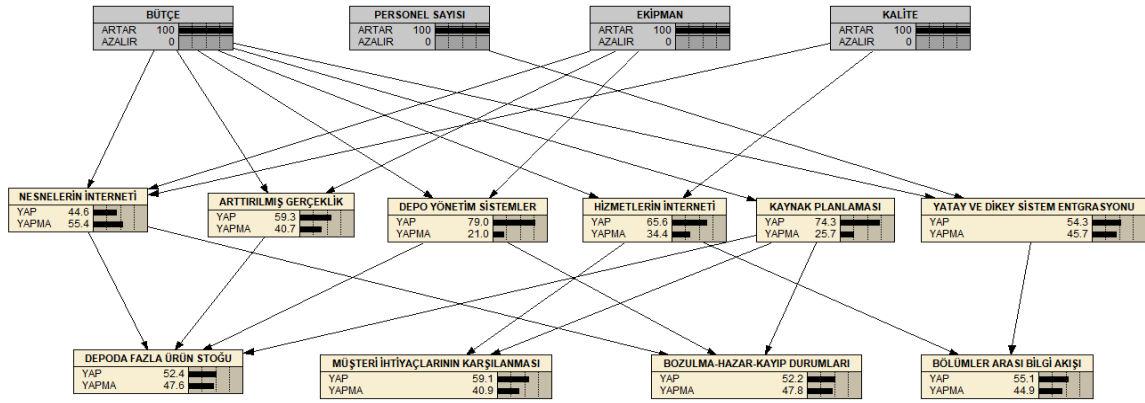
Parametreler	Durumlar	Olasılık
Bütçe	Artar	63,33333
	Azalır	36,66667
Personel Sayısı	Artar	37,66667
	Azalır	62,33333
Ekipman	Artar	42,33333
	Azalır	57,66667
Kalite	Artar	69,33333
	Azalır	30,66667

**Tablo 3**'ün devamı

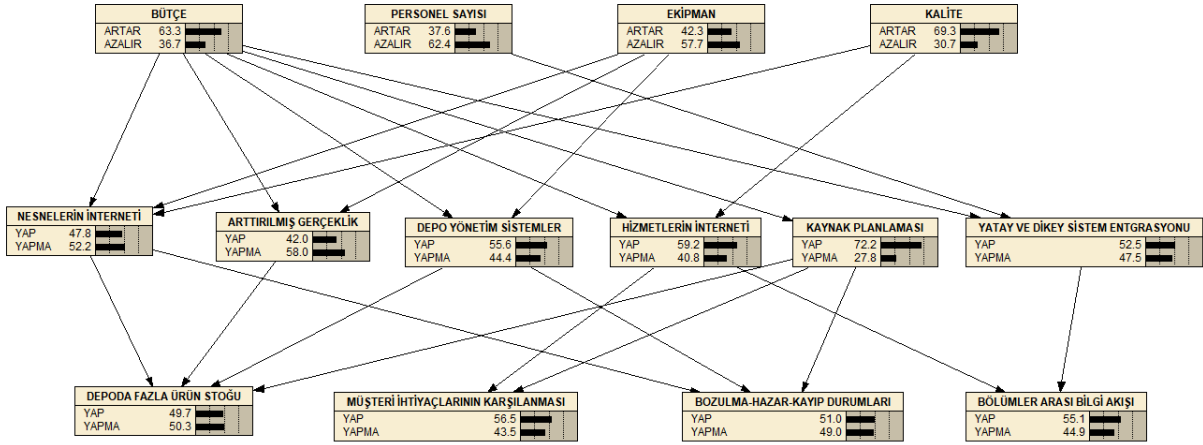
Parametreler	Durum	Nesnelerin İnterneti		Artırılmış Gerçeklik		Depo Yönetim Sistemleri		Hizmetlerin İnterneti		Kaynak Planlaması		Yatay ve Düşey Sistem Entegrasyonu	
		Yap	Yapma	Yap	Yapma	Yap	Yapma	Yap	Yapma	Yap	Yapma	Yap	Yapma
Bütçe	Artar	44,67	55,333	59,33	40,66	79	21	65,66	34,33	74,3	25,66	54,33	45,66
	Azalı	48,67	51,333	16,66	83,33	42	58	60,66	39,33	68,6	31,33	62,33	37,66
Personel Sayısı	Artar											68,33	31,66
	Azalı											40,33	59,66
Ekipman	Artar	60,6	39,333	29,33	70,66	77,66	22,33						
	Azalı	38,6	61,333	49,33	50,66	37	63						
Kalite	Artar	69,3	30,666					77,33	22,66				
	Azalı	21	79					20	80				

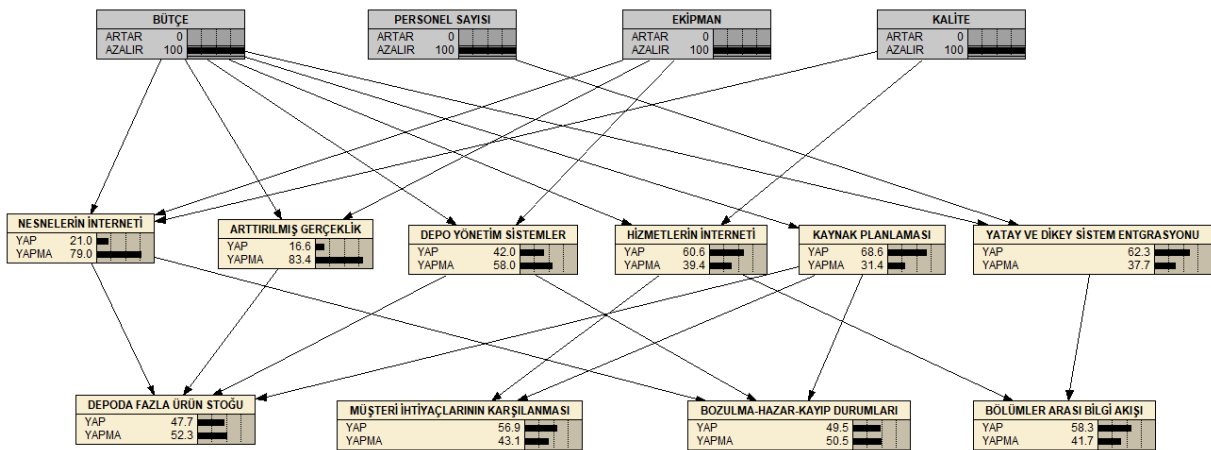
Parametreler	Durum	Depoda Fazla Ürün Stoğu		Müşteri İhtiyaçlarının Karşlanması		Bozulma-Hasar-Kayıp Durumları		Bölümler Arası Bilgi Akışı	
		Yatırım Yap	Yapma	Yatırım Yap	Yapma	Yatırım Yap	Yapma	Yatırım Yap	Yapma
Nesnelerin İnterneti	Yap	79,3333	20,6666			70	30		
	Yapma	36,3333	63,6666			34	66		
Artırılmış Gerçeklik	Yap	78,3333	21,6666						
	Yapma	28	72						
Depo Yönetim Sistemleri	Yap	82	18			82,33333	17,66		
	Yapma	19,6667	80,3333			22,66667	77,33333		
Hizmetlerin İnterneti	Yap			69,66667	30,33			70	30
	Yapma			35,33333	64,66			44	56
Kaynak Planlaması	Yap	81,6667	18,3333	73,33333	26,66	72	28		
	Yapma	29,6667	70,3333	29,33333	70,66	25,33333	74,66		
Yatay ve Düşey Sistem Entegrasyonu	Yap							73,33333	26,6666
	Yapma							32	68



Şekil 4. Mevcut durum senaryo analizi

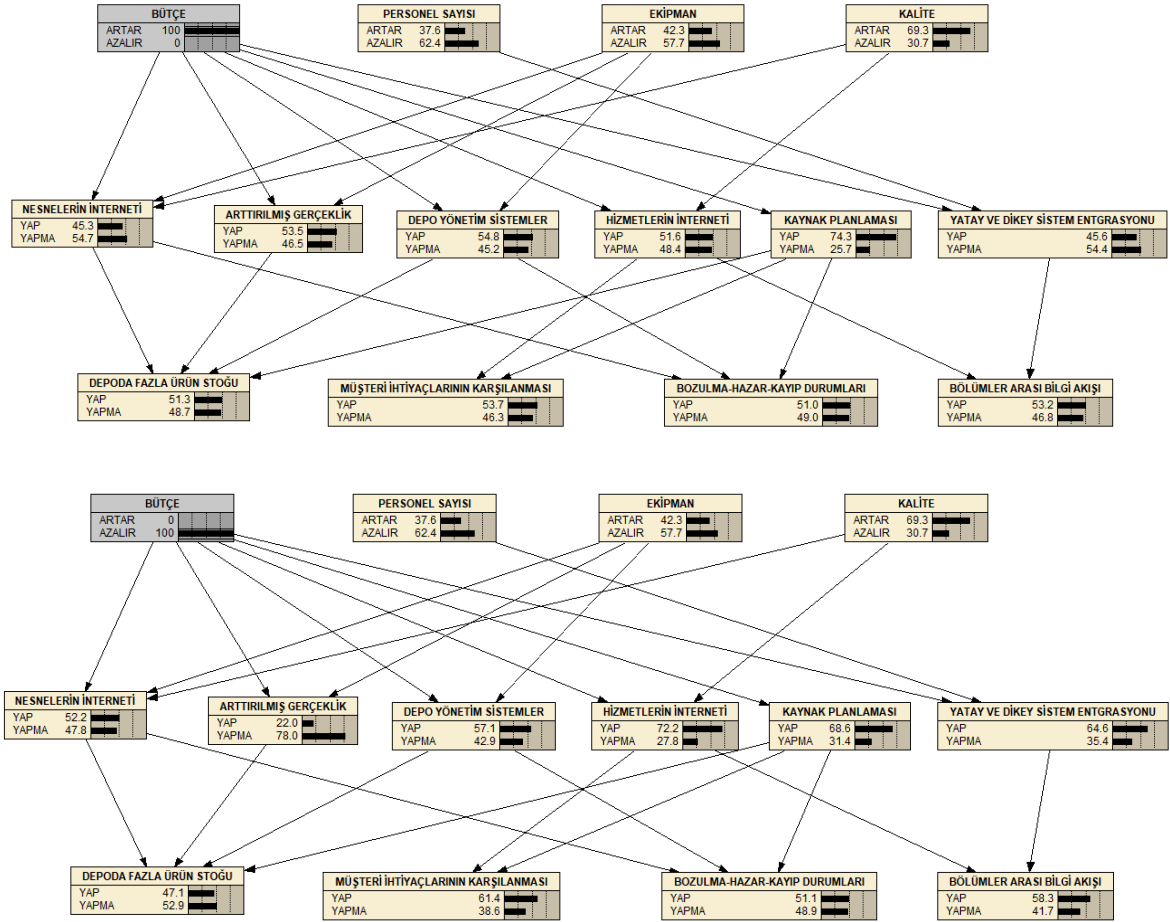


Şekil 5. En iyi durum senaryo analizi



Şekil 6. En kötü durum senaryo analizi

Kurulan modelin duyarlılığını tespit etmek amacı ile bazı değişkenler üzerinde duyarlılık analizi yapılmıştır. Modelde bulunan kaynak değişkenlerinden bütçe, çözüm alternatifi değişkenlerinden kaynak planlaması ve darboğazlardan da depoda fazla ürün stoku değişkenleri ile duyarlılık analizi yapılmıştır. Seçilen bu değişkenlerin artan ve azalan değerlerini %100 yapıp diğer değişkenlerdeki farklılıklar gözlemlenmiştir. Bütçe duyarlılık analizi için kurulan Netica modelleri aşağıda verilen Şekil 7'deki gibidir.



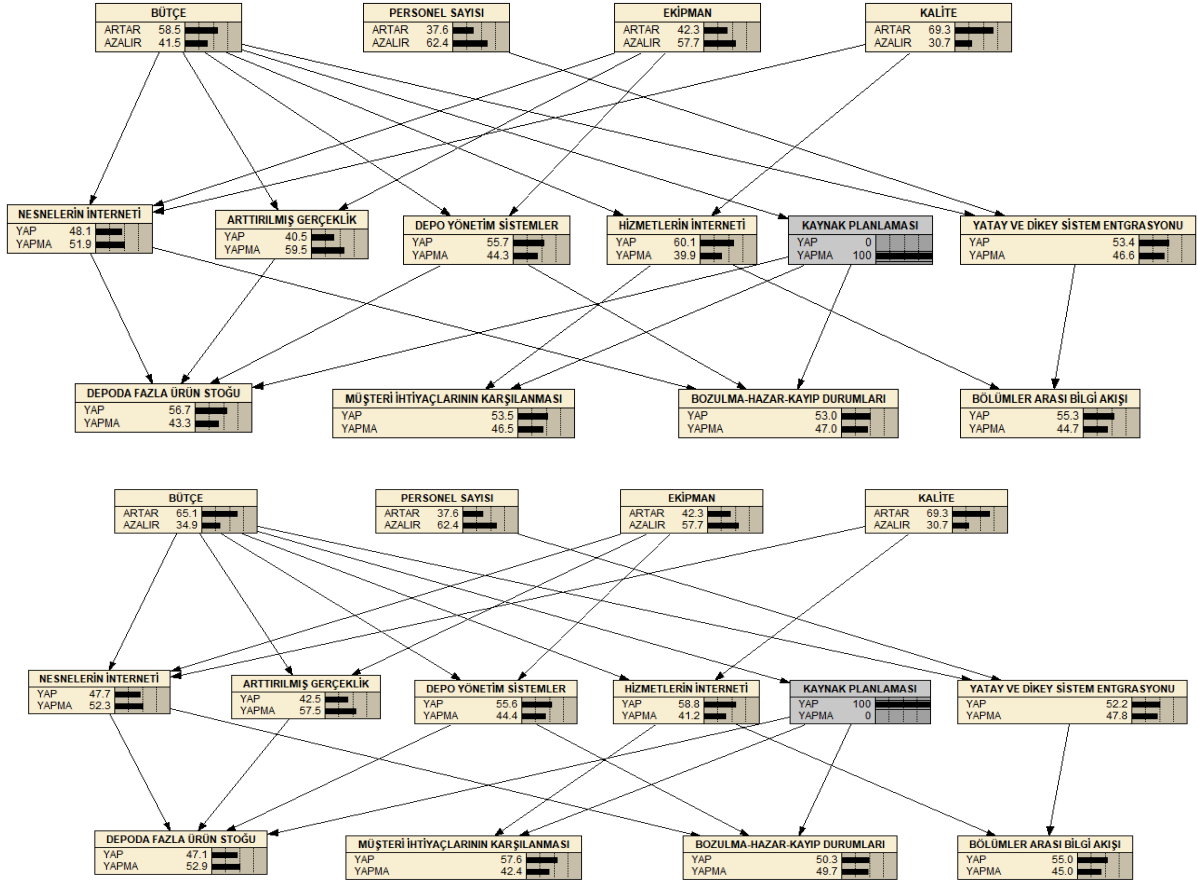
Şekil 7. Bütçe duyarlılık analizi için Netica modeli

Bütçe duyarlılık analizi tamamlandıktan sonra çözüm alternatifleri ve darboğazlardaki değişimler incelenmiştir. Değişimler Tablo 4'de verilmiştir.

**Tablo 4.** Bütçe duyarlılık analizinde çözüm alternatifleri ve darboğazların karşılaştırılması

Değişkenler	Değişken durumu	Mevcut durum	Bütçe artar	Bütçe azalır
Nesnelerin İnterneti	Yap	47,80%	45,30%	52,20%
	Yapma	52,20%	54,70%	47,80%
Arttırılmış Gerçeklik	Yap	42%	53,50%	22%
	Yapma	58%	46,50%	78%
Depo Yönetim Sistemleri	Yap	55,60%	54,80%	57,10%
	Yapma	44,40%	45,20%	42,90%
Hizmetlerin İnterneti	Yap	59,20%	51,60%	72,20%
	Yapma	40,80%	48,40%	27,80%
Kaynak Planlaması	Yap	72,20%	74,30%	68,60%
	Yapma	27,80%	25,70%	31,40%
Yatay ve Düşey Sistem Entegrasyonu	Yap	52,50%	45,60%	64,60%
	Yapma	47,50%	54,40%	35,40%
Depoda Fazla Ürün Stoğu	Yap	49,70%	51,30%	47,10%
	Yapma	50,30%	48,70%	52,90%
Müşteri İhtiyaçlarının Karşılanması	Yap	56,50%	53,70%	61,40%
	Yapma	43,50%	46,30%	38,60%
Bozulma-Hasar-Kayıp Durumları	Yap	51%	51%	51,10%
	Yapma	49%	49%	48,90%
Bölümler Arası Bilgi Akışı	Yap	55,10%	53,20%	58,30%
	Yapma	44,90%	46,80%	41,70%

Kaynak planlaması duyarlılık analizi için kurulan Netica modelleri Şekil 8'deki gibidir. Kaynak planlaması duyarlılık analizi tamamlandıktan sonra kaynak değişkenleri ve darboğazlardaki değişimler incelenmiştir. Değişimler Tablo 5'de verilmiştir.

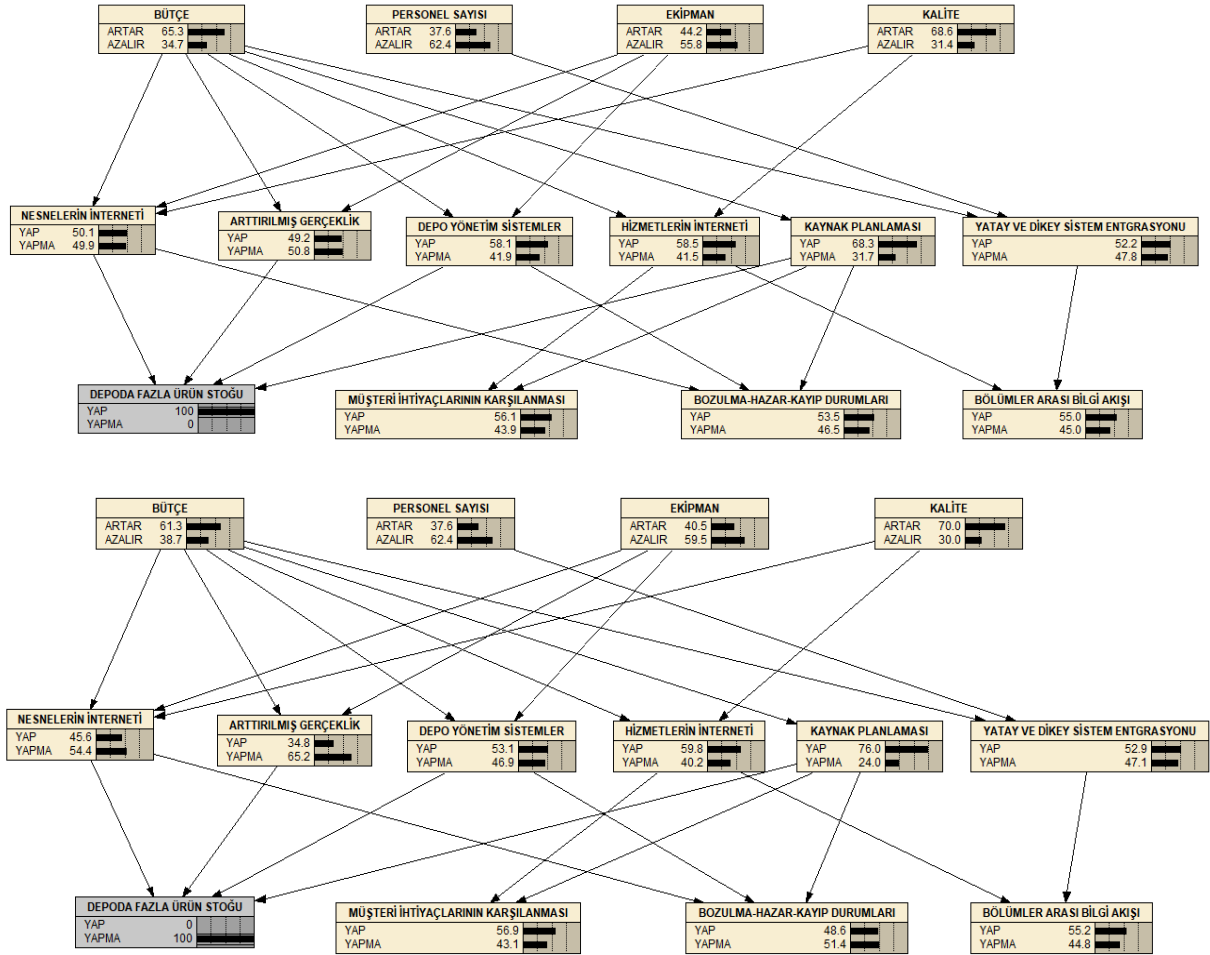


Şekil 8. Kaynak planlaması duyarlılık analizi için kurulan Netica modelleri

Tablo 5. Kaynak planlaması duyarlılık analizinde kaynak değişkenleri ve darboğazların karşılaştırılması

Değişkenler	Değişken durumu	Mevcut durum	Kaynak planlama yatırımı yap	Kaynak planlama yatırımı yapma
Bütçe	Artar	63,30%	65,10%	58,50%
	Azalı	36,70%	34,90%	41,50%
Personel Sayısı	Artar	37,60%	37,60%	37,60%
	Azalı	62,40%	62,40%	62,40%
Ekipman	Artar	42,30%	42,30%	42,30%
	Azalı	57,70%	57,70%	57,70%
Kalite	Artar	69,30%	69,30%	69,30%
	Azalı	30,70%	30,70%	30,70%
Depoda Fazla Ürün Stoğu	Yap	49,70%	47,10%	56,70%
	Yapma	50,30%	52,90%	43,30%
Müşteri İhtiyaçlarının Karşılanması	Yap	56,50%	57,60%	53,50%
	Yapma	43,50%	42,40%	46,50%
Bozulma-Hasar-Kayıp Durumları	Yap	51%	50,30%	53,00%
	Yapma	49%	49,70%	47,00%
Bölümler Arası Bilgi Akışı	Yap	55,10%	55,00%	55,30%
	Yapma	44,90%	45,00%	44,70%

Depoda fazla ürün stoku duyarlılık analizi için kurulan Netica modelleri Şekil 9'daki gibidir. Depoda fazla ürün stoku duyarlılık analizi tamamlandıktan sonra çözüm alternatifleri ve kaynaklardaki değişimler incelenmiştir. Değişimler Tablo 6'da verilmiştir.



Şekil 9. Depoda fazla ürün stoku duyarlılık analizi için kurulan Netica modelleri

**Tablo 6.** Depoda fazla ürün stoğu duyarlılık analizinde çözüm alternatifleri ve kaynakların karşılaştırılması

Değişkenler	Değişken durumu	Mevcut durum	Depoda fazla ürün stoğu için yatırım yap	Depoda fazla ürün stoğu için yatırım yap
Bütçe	Artar	63,30%	65,30%	61,30%
	Azalı	36,70%	34,70%	38,70%
Personel Sayısı	Artar	37,60%	37,60%	37,60%
	Azalı	62,40%	62,40%	62,40%
Ekipman	Artar	42,30%	44,20%	40,50%
	Azalı	57,70%	55,80%	59,50%
Kalite	Artar	69,30%	68,60%	70,00%
	Azalı	30,70%	31,40%	30,00%
Nesnelerin İnterneti	Yap	47,80%	50,10%	45,60%
	Yapma	52,20%	49,90%	54,40%
Arttırılmış Gerçeklik	Yap	42%	49,20%	34,80%
	Yapma	58%	50,80%	65,20%
Depo Yönetim Sistemleri	Yap	55,60%	58,10%	53,10%
	Yapma	44,40%	41,90%	46,90%
Hizmetlerin İnterneti	Yap	59,20%	58,50%	59,80%
	Yapma	40,80%	41,50%	40,20%
Kaynak Planlaması	Yap	72,20%	68,30%	76,00%
	Yapma	27,80%	31,70%	24,00%
Yatay ve Düşey Sistem Entegrasyonu	Yap	52,50%	52,20%	52,90%
	Yapma	47,50%	47,80%	47,10%

#### 4. SONUÇLAR

Çalışmada kaynaklar, çözüm alternatifleri ve darboğazlar tespit edilmiş daha sonra bu parametreler hazırlanan anket aracılığıyla uzman kişiler tarafından değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda elde edilen olasılık değerleri işletme için hangi konularda yüzde kaç olasılıkla yatırım yapılır yapılmaması istendiğini göstermektedir. Yapılan duyarlılık analizleri sayesinde modelin duyarlılığı da ölçülmeye çalışılmıştır

Çalışma sonucunda dört çözüm alternatifinin yapılma olasılığı %50'nin üzerinde diğer iki çözüm alternatifinin yapılma olasılığı da %40'ın üzerinde çıkmıştır. Çözüm alternatifleri arasında yapılma olasılığı en yüksek olan değer %72 ile kaynak planlamasıdır. “Lojistik 4.0: Endüstri 4.0'ın Lojistik Sektörüne Uyarlanması Üzerine Bir Araştırma [9]” çalışmasında Endüstri 4.0 ve lojistik arasındaki bağ incelenmiş, firmaların yatırımları için doğru planlamalar yapmaları gerektiği üzerinde durulmuştur.

Darboğazlar arasında çözülme beklentisi en yüksek olan durum ise %56,5 yatırım yapılması olasılığı ile müşteri ihtiyaçlarının karşılanması parametresidir. Çözüm beklentisi en yüksek olan ikinci parametre %55,1 ile bölümler arası bilgi akışıdır. Üçüncü sırada çözüm beklentisi %51 olasılık değeri ile bozulma-hasar-kayıp durumlarıdır. Darboğazlar arasında çözüm beklentisi en az olan durum depoda fazla ürün stoku bulundurma olmasına rağmen bu darboğazın çözülmesi için yatırım yapılması olasılığı %49,7 ile diğer olasılık değerleri ile çok yakındır ve göz ardı edilmeyecek kadar yüksek bir olasılık



değeridir. ‘Endüstri 4.0’ın etkisiyle Lojistik 4.0 [7]’ çalışmasında, bu çalışmadakine benzer olarak Endüstri 4.0 ve lojistik sektörüne kattıkları ve faydaları tartışılırken özellikle bilgi akışı ve doğru depo yönetiminin önümüzdeki 10 yılda Endüstri 4.0’ın etkisiyle lojistik gelişmeleri arasından olduğu vurgulanmıştır. Çıkan oranlar göz önüne alınarak yapılacak olan yatırım için en doğru yer tespit edilebilir.

Bu çalışmanın sonucu, lojistik firması kaynak planlaması için daha büyük yatırımlar yapması gerektiği kanaatine varılabilmesine imkân sağlayacaktır. Aynı şekilde çözülmesi gereken ilk darboğazının müşteri ihtiyaçlarının karşılanması parametresinin çıkması bu alanda yapacağı iyileştirmelerin daha kritik olduğunu gösterir. Bir lojistik firmasının yaşadığı darboğazlar için Bayes Ağı yöntemi kullanması onun önünde bulunan darboğazlarının ve çözüm alternatiflerinin arasındaki ilişkiyi şeffaf şekilde ortaya sermesinde fayda sağlayacaktır. Seçenekler arasında hangi durumun daha mühim olduğu kanısına varmasına yardımcı olacaktır.

Çalışmada kullanılan Endüstri 4.0 uygulamaları daha da genişletilerek çözüm olasılığı daha yüksek fakat maliyeti de doğru orantılı olarak daha yüksek çözüm alternatifleri üretilebilir. Bayes ağıları yönteminde yardım alınan uzman kişilerin görüşleri çok önemlidir. Alınan görüş sayısı artırılabilir. Farklı kişilerden görüş almak sonuçları doğrudan etkileyecektir.

## **TEŞEKKÜR**

Sunan Mobilya ve Gereçleri Tic. ve San. Ltd. Şirketi’ne bu çalışmayı yürütmek için verdikleri destek ve imkânlardan dolayı teşekkür ederiz.

## **ÇIKAR ÇATIŞMASI**

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

## **YAZARLARIN KATKILARI**

Gülşah OCAKLI: Yazma-orijinal taslak hazırlama, yazma-gözden geçirme ve düzenleme, veri toplama, verinin düzenlenmesi. İrem DÜZDAR ARGUN: Kavramsallaştırma, gözetim ve liderlik sorumluluğu, proje yönetimi.

## KAYNAKLAR

- [1] İ. Kıymetli Şen, “Lojistik Faaliyetlerin Yönetimi ve Maliyetleme Yaklaşımları,” Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, c. 4, sayı 1, s. 83-106, 2014.
- [2] G. Ulusoy, “Endüstri 4.0 Uygulamalarının Lojistik Sektöründe Operasyonel Verimlilikle İlişkisi Üzerine Bir Araştırma,” Yüksek Lisans Tezi, İşletme, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2019.
- [3] E. Akçetin ve Y. Yurtay, “Karar Destek Sistemlerinin Lojistik Süreçlerde Kullanımı ve Verimlilik Analizi Üzerine Bir Uygulama,” Pamukkale İşletme ve Bilişim Yönetimi Dergisi, c. 2, sayı 1, s. 39-58, 2015.
- [4] A. Özdemir ve M. Özgüner, “Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Etkileri: Lojistik 4.0,” İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi, c. 6, sayı 4, s. 39-47, 2018.
- [5] Ö. Saatçioğlu, G. Kök ve N. Özispa, “Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Yansımalarının Örnek Olay Kapsamında Değerlendirilmesi,” Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, c. 23, Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı, s. 1675-1696, 2018.
- [6] G. Alkış, S. Piritini ve A. Ertemel, “Lojistik Sektöründe Endüstri 4.0 Uygulamalarının Operasyonel Verimliliğe Etkisi,” Business & Management Studies: An International Journal, c. 1, sayı 8, s. 371-395, 2020.
- [7] Z. Şekkeli ve İ. Bakan, “Endüstri 4.0’ın Etkisiyle Lojistik 4.0,” Journal of Life Economics, c. 5, sayı 2, s. 17-36, 2018.
- [8] E. Eke, “Lojistik Sektöründe Faaliyet Gösteren Firmaların Endüstri 4.0 Olgunluk Seviyesinin Ölçülmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2018.
- [9] Ç. Seyhan, “Lojistik 4.0: Endüstri 4.0’ın Lojistik Sektörüne Uyarlanması Üzerine Bir Araştırma,” Yüksek Lisans Tezi, İşletme, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2019.
- [10] K. Albayrak, “Enerji Verimliliğinde Yalın Yöntemlerin Uygulanması: Soğutucu Fabrikasında Bir Uygulama,” Yüksek Lisans Tezi, Enerji Bilim ve Teknoloji, Enerji Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2019.
- [11] Ö. Akçaoğlu, “Değer Akış Haritalarında Belirlenen Darboğazların Çözümü İçin Bayes Ağları ile Senaryo Üretimi: Çamaşır Makinesi Fabrikasında Bir Uygulama,” Yüksek Lisans Tezi, Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2012.
- [12] Z. Çakır, “İş Sürekliliği Yönetiminde Analiz ve Planlama İçin Bayes Ağlarına Dayalı Bir Model,” Yüksek Lisans Tezi, Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2019.