



**ETMEN TABANLI BENZETİM VE YAPAY ZEKÂ TEMELLİ
BİR YÖNETİM BİLGİ SİSTEMİ: ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
AÇIKÖĞRETİM SİSTEMİ UYGULAMASI**

Doktora tezi

Mehmet Fatih SERT

Eskişehir 2021

**ETMEN TABANLI BENZETİM VE YAPAY ZEKÂ TEMELLİ
BİR YÖNETİM BİLGİ SİSTEMİ: ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
AÇIKÖĞRETİM SİSTEMİ UYGULAMASI**

Mehmet Fatih SERT

DOKTORA TEZİ

İşletme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sinan AYDIN

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Kasım 2021

ÖZET

ETMEN TABANLI BENZETİM VE YAPAY ZEKÂ TEMELLİ BİR YÖNETİM BİLGİ SİSTEMİ: ANADOLU ÜNİVERSİTESİ AÇIKÖĞRETİM SİSTEMİ UYGULAMASI

Mehmet Fatih SERT

İşletme Anabilim Dalı

Sayısal Yöntemler Bilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekim 2021

Danışman: Doç. Dr. Sinan AYDIN

Sosyal sistemlerde yöneticilerin verecekleri kararlar sistemi derinden etkileme potansiyeline sahip olduğundan, karar vericilere daha fazla bilgi sunacak ve karar verme süreçlerini kolaylaştıracak çeşitli araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Gelişen teknoloji sayesinde bu sosyal sistemler üzerinde etmen tabanlı benzetim (simülasyon) yöntemlerini kullanarak deney yapma imkânı doğmuştur. Günümüzde birçok alanda kullanılmaya başlayan yapay zekânın etmen tabanlı benzetim ile entegrasyonu sağlanarak gerçek hayatı daha iyi temsil edebilen bir benzetim modeli elde edilebilir.

Bu çalışmada yapay zekâ tekniklerinden çok katmanlı algılayıcıların ve etmen tabanlı benzetimin birlikte kullanımını içeren bir modelleme yaklaşımı geliştirilerek, temelde bu yaklaşımı kullanan, çeşitli senaryo ve kararları test etmeye olanak sağlayacak bir yönetim bilgi sisteminin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu yönetim bilgi sistemi Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Sistemi özelinde uygulanmış ve sisteme kayıtlı 41.000 öğrenciden veri toplanarak modelleme yapılmıştır. Önerilen modelleme yaklaşımının benzer yapıdaki birçok sosyal sistem için de kullanılabilir olması hedeflendiğinden dolayı çalışma birçok açıdan özgün noktalar içermekte ve benzeri alanlarda yapılabilecek çalışmalara örnek teşkil edebilecek veri, analiz süreci ve yöntemler barındırmaktadır.

Geliştirilen benzetim modelinin geçerlilik ve güvenilirlik aşamaları ile içsel ve dışsal değişkenlerde meydana gelebilecek değişikliklerin uzun ve kısa dönemlerde sistem üzerinde gösterecekleri etkileri sunulmuştur. Ayrıca geliştirilen yönetim bilgi sisteminin kabiliyetini gösteren ve sistem kullanıcılarına örnek teşkil edebilecek dört temel senaryonun simüle edilmesine de yer verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Etmen tabanlı benzetim, Yönetim bilgi sistemi, Çok katmanlı algılayıcılar, Makine öğrenmesi, Açıköğretim sistemi, Not ortalaması tahmini.

ABSTRACT

AGENT-BASED SIMULATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE GROUNDED MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM: THE APPLICATION OF ANADOLU UNIVERSITY OPEN EDUCATION SYSTEM

Mehmet Fatih SERT

Department of Business Administration

Programme in Quantitative Methods

Anadolu University, Graduate School of Social Sciences, October 2021

Supervisor: Assoc. Prof. Sinan AYDIN

In social systems, the decisions made by the administrators have the potential to affect the system deeply. Therefore, there is a need for various instruments that provide more information to decision makers and facilitate decision making processes. Thanks to the developing technology, it has become possible to conduct experiments on these social systems by using agent-based simulation methods. A simulation model that better represents real life can be obtained by integrating artificial intelligence, which is being recently used in many fields, with agent-based simulation.

In this study, a modelling approach has been developed that includes the use of the multilayer perceptron, which is one of the artificial intelligence techniques, and the agent-based simulation. Basically, it is aimed to compose a management information system that uses this approach and allows to test various scenarios and decisions. This management information system is implemented specifically for Anadolu University Open Education System and modelling is done by collecting data from 41,000 students registered in the system. Since the proposed modelling approach is aimed to be usable for many social systems with similar structures, the study contains unique points in many respects and includes data, analysis processes and methods that can set an example for studies that can be done in similar fields.

The validation and verification stages of the developed simulation model and the effects of the changes that may occur in the internal and external variables on the system in the long and short terms are presented. In addition, four basic scenarios that demonstrate the capability of the developed management information system and can serve as an example for system users are simulated.

Keywords: Agent-based simulation, Management information system, Multilayer perceptron, Machine learning, Open education system, GPA prediction.

ÖNSÖZ

Öncelikle bu çalışmanın ortaya çıkmasında ve tüm doktora eğitimim süresince desteğini, ilgisini, bilgisini, yardımını esirgemeyen ve bana her daim yol gösteren çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Sinan AYDIN 'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme komitesinde yer alan ve bu tez çalışmasının her aşamasında önemli destekler ve katkılar sağlayan Prof. Dr. Fikret ER ve Dr. Öğr. Üyesi Levent TERLEMEZ hocalarıma, tüm doktora sürecim boyunca üzerimde çok emeği ve desteği olan değerli büyüğüm ve hocam Prof. Dr. Hasan DURUCASU 'ya, tüm tez sürecinde görüş, öneri ve desteğiyle yanımda olan Prof. Dr. Abdullah NARALAN hocama, doktora tez savunma sınav jürisinde yer alarak çalışmaya katkılarını sunan değerli hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Doktora eğitimim süresince verdiği desteği hiçbir zaman unutamayacağım Prof. Dr. Osman KARAMUSTAFA hocama ve her daim yanımda olan mesai arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Burcu KARTAL hocama teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, desteğini ve misafirperverliğini unutamayacağım kadim dostum Semih KUTLU 'ya teşekkür ederim.

Hayatımın her anında tereddütsüz yanımda olan, tüm hayatım boyunca maddi - manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgili anneme, babama, ablama ve teyzeme sonsuz minnet duyuyor, teşekkür ediyorum.

Son olarak çalışmalarım süresince sabırla, sevgiyle ve hoşgörüyle beni her daim destekleyen ve her kararımda yanımda olan sevgili eşime tüm kalbimle teşekkür ediyor ve bu çalışmayı hayata gözlerini yeni açan canım oğlum Kerem'e ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1.TEMEL KAVRAMLAR	4
1.1. Yönetim Bilgi Sistemleri	4
1.1.1. Bilgi Kavramı.....	4
1.1.2. Bilgi Sistemleri	5
1.1.3. Yönetim Bilgi Sistemlerinin Tanımı.....	6
1.1.4. Yönetim Bilgi Sistemlerinin Özellikleri	7
1.1.5. Yönetim Bilgi Sistemlerinin Amaçları ve Faydaları.....	8
1.1.6. Karar Destek Sistemleri	9
1.1.6.1. Karar destek sistemlerinin mimarisi ve bileşenleri	13
1.1.6.2. Karar destek sistemlerinin sınıflandırılması	16
1.2. Yapay Zekâ	17

1.2.1. Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA)	19
1.3. Benzetim	23
1.3.1. Etmen Tabanlı Benzetim.....	27
1.3.1.1. <i>Etmen tabanlı benzetimin farkları ve faydaları</i>	28
1.3.1.2. <i>Etmen tabanlı benzetimin temel bileşenleri</i>	30
1.3.1.3. <i>Etmen tabanlı benzetimin uygulama alanları</i>	31
1.3.2. Etmen tabanlı benzetim içeren çalışmalar	32
1.3.2.1. <i>ETB'yi YBS/KDS içinde kullanan çalışmalar</i>	32
1.3.2.2. <i>ETB ile yapay zekâ tekniklerini kullanan çalışmalar</i>	34
1.3.2.3. <i>Eğitim alanında ETB içeren çalışmalar</i>	37
1.3.2.3.1. <i>Açıköğretim alanında ETB kullanımı</i>	39

İKİNCİ BÖLÜM

2. VERİ VE ANALİZ	40
2.1. Veri.....	40
2.1.1. Anket.....	41
2.1.2. Veri Tabanları.....	44
2.2. Analiz	48
2.2.1. Tanımlayıcı İstatistikler	48
2.2.2. Özniteliklere göre başarı faktörü ortalamaları	55
2.2.3. Regresyon Analizi	65
2.2.4. Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) Modeli ve Analizi	66

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. UYGULAMA: ETMEN TABANLI BENZETİM MODELİ	72
3.1. Model uygulama ortamı: NetLogo.....	73
3.2. Modelin Kavramsal Yapısı	75

3.2.1. Model Bileşenleri	78
3.2.2. Model Algoritması	85
3.2.3. Model Arayüzü.....	90
3.3. Modelin Kısıtları ve Varsayımları	94
3.4. Modelin Geçerliliği ve Güvenilirliği.....	95
3.5. Modelin Bulguları ve Yorumlanması	98
3.6. Senaryolar	105
3.6.1. Senaryo 1	105
3.6.2. Senaryo 2	106
3.6.3. Senaryo 3	107
3.6.4. Senaryo 4	109
SONUÇ	110
KAYNAKÇA.....	114
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Veri ambarında yer alan değişkenler ve kodları	46
Tablo 2.2. Kategorik değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler	49
Tablo 2.3. Öğrenim motivasyonu değişkenine ait tanımlayıcı istatistikler.....	51
Tablo 2.4. Yaş değişkenine ait tanımlayıcı istatistikler	52
Tablo 2.5. Geçmiş dönem notların aritmetik ortalamasına ait tanımlayıcı istatistikler	53
Tablo 2.6. Genel not ortalamalarına ait tanımlayıcı istatistikler.....	54
Tablo 2.7. Özniteliklere göre başarı faktörü ortalamaları (Anket 3. Bölüm 1.blok soruları için).....	57
Tablo 2.8. Özniteliklere göre başarı faktörü ortalamaları (Anket 3. Bölüm 2.blok soruları için).....	58
Tablo 2.9. Özniteliklere göre başarı faktörü ortalamaları (Anket 3. Bölüm 3.blok soruları için).....	59
Tablo 2.10. Özniteliklere göre başarı faktörü ortalamaları (Anket 3. Bölüm 4.blok soruları için).....	61
Tablo 2.11. Özniteliklere göre başarı faktörü ortalamaları (Anket 4. Bölüm soruları için)	63
Tablo 2.12. Regresyon modeli çıktıları.....	66
Tablo 2.13. ÇKA model mimarisi.....	69
Tablo 2.14. ÇKA model performans değerleri.....	70
Tablo 3.1. Örnek etmen öznitelikleri ve etkisel öznitelik puanları	80
Tablo 3.2. Durum ve karar öznitelikleri için belirlenen aralıklar ve katsayılar	82
Tablo 3.3. Geçerlilik sınama sonuçları	97
Tablo 3.4. Mann-Whitney U testi sonuçları.....	97
Tablo 3.5. İçsel değişkenlerin (Stratejilerin) kısa dönem etkileri	100
Tablo 3.6. Dışsal değişkenlerin kısa dönem etkileri	101
Tablo 3.7. İçsel değişkenlerin uzun dönem etkileri	103
Tablo 3.8. Dışsal değişkenlerin uzun dönem etkileri	104

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Karar Destek Sistemlerinin Mimari Yapısı	13
Şekil 1.2. Yapay Zekâ, Makine öğrenmesi ve Derin Öğrenme ilişkisi	19
Şekil 1.3. Çok Katmanlı Algılayıcı modeline bir örnek (üstte) ve bir nöronun çalışma mantığı (altta).....	20
Şekil 1.4. En yaygın aktivasyon fonksiyonlarının grafikleri	22
Şekil 1.5. Standart yapay sinir ağı (Sol) ve Seyreltme uygulandıktan sonra yapay sinir ağı modeli (Sağ).....	23
Şekil 2.1. Yaş değişkenine ait dağılım	52
Şekil 2.2. Geçmiş dönem notların aritmetik ortalamasına ait dağılım	53
Şekil 2.3. Geçmiş dönem notların aritmetik ortalamasına ait sınıflar (Eğilim Grupları).....	53
Şekil 2.4. Genel not ortalaması değişkenine ait dağılım	54
Şekil 2.5. Performans ve kayıp fonksiyonu değerleri (Öğrenme Eğrileri).....	69
Şekil 2.6. Test veri seti için tahmin ve gerçek değerler örüntüsü.....	70
Şekil 3.1. Modelin Kavramsal Yapısı.....	77
Şekil 3.2. Etmenlerin sahip olduğu değişkenler (Netlogo görüntüsü).....	78
Şekil 3.3. Model Kurulum kod bloğu sözde kodu.....	85
Şekil 3.4. Kurulum Etmeni kod bloğu sözde kodu.....	86
Şekil 3.5. Etmen Üretim kod bloğu sözde kodu.....	87
Şekil 3.6. Yeni Etmen kod bloğu sözde kodu.....	87
Şekil 3.7. Çalıştır kod bloğu sözde kodu	88
Şekil 3.8. Algoritma akış diyagramı	89
Şekil 3.9. Model Arayüzü (Sol taraf)	92
Şekil 3.9. (Devam) Model Arayüzü (Sağ taraf)	93
Şekil 3.10. Ekonomik kötüleşme durumu	106
Şekil 3.11. Ekonomik kötüleşmeye karşılık harçların ücretlerindeki indirim senaryosu.....	106
Şekil 3.12. Geçmişte aldığı eğitimi iyileştirme, ilgi duyduğu alanda eğitime yönlendirme ve yeteneğe göre eğitim sunma stratejilerinin uyguladığı durum.....	107
Şekil 3.13 Yoğun kurumsal destek üniversiteyle kolay iletişim stratejilerinin uyguladığı durum	108
Şekil 3.14 Senaryo 3'ün yaş ve gelir grupları üzerindeki etkisi	108
Şekil 3.15. Sistemin normal durum sonuçları (Solda) ve sistemin sadece kadınlardan oluştuğu durumda sonuçlar (Sağda).....	109

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

α	: Alfa
β	: Beta
μ	: Ortalama
σ	: Standart Sapma
Q	: Üretim Miktarı
YBS	: Yönetim Bilgi Sistemi
KDS	: Karar Destek Sistemi
ETB	: Etmen Tabanlı Benzetim
ÇKA	: Çok Katmanlı Algılayıcı
YSA	: Yapay Sinir Ağları
KOB	: Kesikli Olay Benzetimi
MLP	: Multilayer Perceptron
CNN	: Convolutional Neural Networks (Evrişimli Sinir Ağları)
RNN	: Recurrent Neural Networks (Tekrarlayan Sinir Ağları)
ReLU	: Rectified Linear Unit
Tanh	: Hiperbolik Tanjant
MSE	: Ortalama Kare Hata
Adam	: Adaptif Momentum
MAE	: Ortalama Mutlak Hata
MSE	: Ortalama Kare Hata
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
YÖK	: Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı
AÖF	: Açık Öğretim Fakültesi
vs.	: vesaire
vb.	: ve benzeri
vd.	: ve diğerleri

GİRİŞ

Gerçek hayat tam olarak öngörülebilir bir yapıda değildir. Bilinenin yanı sıra bilinmeyen (veya belirsiz) birçok faktörden meydana gelmektedir. Bundan dolayı gerçek hayat içindeki özellikle sosyal bilimlerin konusu olan çoğu sistem de bir takım belirsizlikler içermektedir. Bu anlamda bir sistemi anlamak, üzerinde testler yapmak ve iyileştirmek için modelleme metotlarından yararlanılmaktadır. Salt matematiksel modellemenin yetersiz kaldığı, çok sayıda belirsizlikler içeren, karmaşık yapıda süreç ve olaylar barındırabilen karmaşık sistemler için en uygun modelleme yöntemlerinden biri (simülasyon) benzetimdir.

Bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle birlikte sosyal bilimlerde de sistemler üzerinde deney yapma imkânı doğmuştur. Bu da benzetim metotları ile mümkün olmaktadır. Benzetim metotlarının son yıllarda kullanım alanı giderek artmakta ve çeşitlenmektedir. Bu duruma neden olarak benzetimin sahip olduğu ve problem çözücülere sağladığı avantajlar gösterilebilir. En önemli ve en güncel benzetim metotlarından birisi olan etmen tabanlı benzetim de günümüz problemlerinin daha karmaşık ve girift hale gelmesiyle beraber bilgisayar aracılığıyla modelleme ve deney yapma ihtiyacına binaen ortaya çıkmıştır. Bu metot günden güne gelişmekte, etki ve kullanım alanlarını artırmaktadır. Öyle ki, birçok etmen tabanlı benzetim içeren çalışma yapay zekâ çalışmalarının bir parçası olarak görülmekte ve yapay zekâ konularını irdeleyen akademik dergi ve konferanslarda kendine yer bulmaktadır. Öte yandan etmen tabanlı benzetimin diğer birçok metot ve teknikle bir arada kullanımı içeren hibrit modellerin sayısı da literatürde günden güne artmaktadır. Diğer bir göze çarpan nokta ise hem sosyal bilimlerde hem fen bilimlerinde hem de sağlık bilimlerinde kullanılan ve bu üç ana disiplinin kesişim kümesinde yer alabilen ender yöntemlerden biri olmasıdır.

Karar vericiler için önemli araçlar olan yönetim bilgi sistemlerinin temeline etmen tabanlı benzetimi yerleştirmek bu sistemleri daha etkin ve tutarlı hale getirebilmektedir. Özellikle, sosyal sistemler için tasarlanmış yönetim bilgi sistemlerinde etmen tabanlı benzetim modeli kullanmak, sistemi ve çıktılarını gerçek hayata en yakın şekilde yansıtmaya olanak sağlamaktadır. Sosyal bir sistem olan eğitim sistemini veya onun bir parçasını incelenmek amacıyla benzetim modelleri ve özellikle de etmen tabanlı benzetim kullanılabilir.

Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Sistemi, öğrenci, program, ürettiği materyal sayısı, girdi ve çıktı miktarlarının ölçeği, ülke çapında yaygınlığı ve düzenli bir şekilde

faaliyetleri göz önüne alındığında başlı başına bir eğitim sistemi olarak tanımlanabilir. Bu özellikleri ile Açıköğretim Sistemi ve bunun her bir alt sistemi (kitap, öğrenci, öğretmen, sınav, mali vs. sistemleri) etmen tabanlı benzetim modeli kullanılarak modelleme yapmaya oldukça uygundur. Şüphesiz ki kendi başına bir eğitim sistemi olarak düşünülebilecek bir yapıda karar vericiler için birçok zorluk bulunmaktadır. Özellikle, sistemi derinden etkileme gücü olan belirsizlik ve risk altındaki kararlarda, kararı destekleyebilecek bilgiler yöneticilere ve karar vericilere önemli katkılar sunmaktadırlar. Bu durumlar için oluşturulabilecek bir yönetim bilgi sistemi böyle büyük ölçekli sistemler için oldukça faydalı olabilmektedir.

Gelişen teknoloji ile kapsamı ve uygulama alanı günden güne artan yapay zekâ yöntemleri günümüzde doğru ve tutarlı tahmin yapma noktasında çok önemli bir konumda bulunmaktadır. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi yapay zekânın alt başlıkları olarak tanımlanan çeşitli yöntemler ile benzetim metotlarının bir araya getirilmesi, bilim dünyasında henüz tartışılmaya başlanmış güncel bir durumdur. Özellikle, öğrenme için çok sayıda veriye sahip olduğu durumda etmen tabanlı benzetimde kullanılacak kuralların ve örüntülerin oluşturulmasında bu yöntemlerin kullanımı, modeli oldukça verimli bir hale getirmektedir.

Bu nedenlerle bu tezin konusu; temelde yapay zekâ ve etmen tabanlı benzetim metotlarını kullanan bir modelleme yaklaşımı ortaya koyarak çeşitli senaryo ve kararları test etmeye olanak sağlayacak bir yönetim bilgi sistemi geliştirmek ve bunu Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Sistemi özelinde uygulamaktır. Önerilen modelleme yaklaşımı her ne kadar açıköğretim sistemini simüle etme noktasındaki sorunların çözümü için geliştirilmiş olsa da bu yaklaşımın benzer yapıdaki birçok sosyal sistem için de uygulanabilir olması hedeflenmiştir.

Konuyla bağdaşık olarak ve daha kapsamlı bir şekilde, tezin amacı şu şekildedir:

- Veri tabanlarından ve öğrencilerden toplanan verilerin, çeşitli analitik ve yapay zekâ içinde içeren yöntemlerle analizi neticesinde elde edilmiş çıkarımlarını içeren,
- Çıkarımlar çerçevesinde öğrenci gibi davranan (kendi kendine karar veren, hareket eden, diğer etmenlerle etkileşime geçen) etmenlerden oluşan,
- Açıköğretim sistemi içinde ve dışında meydana gelebilecek değişikliklerin (senaryoların, politikaların) sistem üzerindeki etkisini gösterebilen ve ölçebilen,

- Üniversite ve sistem yöneticilerinin kullanımına sunulacak ve açıköğretim sisteminin sürdürülebilirliği noktasında alınacak kararlara destek sağlayacak,
- Temelinde etmen tabanlı benzetim metodu barındıran, birçok alanda kullanıma uygun şekilde genelleştirilebilir ve özelleştirilebilir yapıda bir yönetim bilgi sistemi tasarlamak ve uygulamaktır.

Tez üç ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, temel kavramlar başlığı altında teorik çerçeve sunulmaktadır. Bu bölüm içinde yönetim bilgi sistemleri, yapay zekâ ve benzetim kavramları açıklanmakta, etmen tabanlı benzetim alt başlığı ise detaylandırılmaktadır. Ayrıca, etmen tabanlı benzetimin eğitim ve açıköğretim alanlarında kullanımlarını içeren çalışmalara, etmen tabanlı benzetim ile yönetim bilgi sistemlerinin ve yapay zeka tekniklerinin birlikte kullanımlarına dair literatür araştırmasına da bu bölümde yer verilmektedir.

İkinci bölüm benzetim modeli için gerekli olan kural ve çıkarımların elde edilme aşamasından oluşmaktadır. Bu bölüm veri ve analiz olmak üzere iki alt bölümden meydana gelmektedir. Veri alt başlığı altında; anket hazırlama ve uygulama süreci, anket ve veri tabanlarından elde edilen verilerin tanıtılması, bir araya getirilmesi, uygulanan veri ön işleme aşamaları ve nihayetinde uygun veri ambarının oluşturulma süreçleri açıklanmaktadır. Analiz alt başlığında; tanımlayıcı istatistikler sunulmakta ve model için gerekli olan kural ve çıkarımların yapay zekâ yöntemleri ile elde edilme sürecine yer verilmektedir.

Üçüncü bölümde, elde edilen veriler ve kurallar çerçevesinde kurulan benzetim modeli sunulmaktadır. Etmen tabanlı benzetim uygulama ortamı tanıtılmakta, modelin kavramsal yapısı; bileşenleri, algoritması, arayüzü, varsayımları ve kısıtları şeklinde açıklanmaktadır. Modelin geçerlilik ve güvenilirliği, modelin bulguları ve çeşitli senaryo ve politikalara ait çıktılar sunulmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. TEMEL KAVRAMLAR

Çalışmanın uygulama kısmı üç temel kavram üstüne kuruludur. Bu kavramlar; ana çerçeve olarak *yönetim bilgi sistemleri*, analiz metodu olarak *yapay zekâ* ve modelleme metodu olarak *etmen tabanlı benzetimdir*. Birinci bölümde bu kavramlar kendi literatürü çerçevesinde, tezin uygulama bölümlerindeki ifadeleri tanıtmaya yetecek ayrıntı seviyesinde açıklanmaktadır.

1.1. Yönetim Bilgi Sistemleri

1.1.1. Bilgi Kavramı

Çağımıza adını veren bilgi, verilerin işlenerek anlamlı ve kullanışlı hale gelmiş hali şeklinde tanımlanabilir. Daha geniş bir tanım için veri, enformasyon ve bilgi kavramlarını birlikte ele almak gerekmektedir. Çeşitli semboller, harfler ya da rakamlarla temsil edilen işlenmemiş, yapılandırılmamış kayıtlara veri denir (Öğüt, 2003). Veriler analiz edilmeden ya da başka verilerle ilişkilendirilmeden karar vericilere fayda sağlamamaktadır. Verilerin anlamlı bir şekilde düzenlemiş haline ise enformasyon denmektedir (Barutçugil, 2002). Enformasyon tek başına anlamlıdır fakat bu anlam sadece ilgili kişiler için geçerlidir. İçerik olarak veriden çok daha zengindir. Bilgi ise enformasyonun düzenlenmiş, karar vericiler için faydalı hale gelmiş biçimidir. Bu bakımdan bilgi için önceden bilinenler, değerler ve inançlarla enformasyonun bütünleştirilmiş hali denilebilir (Lezki, 2012). Bu kavramları bir bilgi sistemi içinde değerlendirirsek; bilgi sisteminin girdisi veri, çıktısı ise bilgidir. Veriyi bilgiye dönüştürme için yapılan tüm işlemler de bilgi sisteminin sürecidir. Bir örnek vermek gerekirse, bir şirketin sattığı ürünlerin kayıtları veri iken, bunun dönemlik toplam miktarları bir enformasyon, bunun diğer dönemler veya şirketlerle karşılaştırılıp pazar payının ve çeşitli stratejilerin belirlenmesi ise enformasyonun bilgiye dönüşümüdür. Satış kayıtlarından bu bilgilerin elde edilmesi de bilgi sistemi sürecidir.

Bilgi her çağda önemli olmasına karşın teknolojinin gelişmesi ve bunun bir sonucu olarak da bilgiye ulaşma ve depolamanın, bilgiyi üretme ve yaymanın kolaylaşmasıyla birlikte toplumlar, ülkeler, şirketler, organizasyonlar için günümüzde daha da önemli bir yere sahiptir. Fakat burada önemli olan bilginin iyi bilgi olmasıdır. Bir bilgiyi iyi bilgi

olarak tanımlayabilmek için konuyla ilişkin olması, hatadan uzak ve doğru olması, zamanlamasının doğru olması, eksiksiz ve tam olması, gerekli olduğu her zaman erişebilir olması ve doğru biçimde sunulması gereklidir (Şahin, 2003). Bu anlamda geliştirilecek bir bilgi sisteminin sunacağı bilginin iyi olması yöneticilerin verecekleri kararın etkin ve tutarlı olması açısından oldukça önemlidir.

1.1.2. Bilgi Sistemleri

Bilgi sistemleri, bir organizasyonda bilgi ile ilgili iş ve işlemleri gerçekleştirmek üzere oluşturulan insan, yazılım, donanım, iletişim ağları, veri kaynakları, politika ve prosedürlerin organize bir şekilde bileşimini ifade etmektedir (O'Brien ve Marakas, 2011). Bir organizasyonun ya da işletmenin amaçlarına ulaşmasına yardımcı olacak verileri toplar, işler, anlamlı bir bilgi üretir ve bunu kullanıcılara, yöneticilere sunar (Canbaz, 2016). Bu anlamda sorunları analiz etmede ve yeni stratejiler geliştirmede bir organizasyon ya da işletmede yer alan yönetici ve çalışanlara yardımcı olurlar (Laudon ve Laudon, 2012). Bilgi sistemleri farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Fakat genel bir sınıflandırma yaklaşımı olarak O'Brien ve Marakas (2011) iş süreçleri destek sistemleri ve yönetim destek sistemleri şeklinde başlıca iki ana başlık altında sınıflandırmaktadırlar. İş süreçleri destek sistemleri altında; kayıt işleme sistemleri, süreç kontrol sistemleri ve işbirliği sistemleri bulunmaktadır. Yönetim destek sistemleri ise yönetim bilgi sistemleri, karar destek sistemleri, yürütüm bilgi sistemlerinden meydana gelmektedir. Ayrıca her iki ana sınıf altında uzmanlaşmış işleme sistemleri yer almaktadır.

Tarihsel süreç içinde değerlendirildiğine bilgi sistemleri 1950 ve 1960'larda veri işleme aracı olarak değerlendirilmektedir. 1960 ve 1970'lerde karar almayı destekleme amacı da eklenmiş, yönetsel raporlama ve yönetim bilgi sistemine dönüşmüştür. 1970 ve 1980'lerde ise bu yönetim bilgi sisteminin kararlara etkisine daha çok vurgu yapıldığı karar destek sistemleri ortaya çıkmıştır. 1980 ve 1990'larda ise son kullanıcı bilgi işlem sistemleri, üst yönetim bilgi sistemleri, uzman sistemler, stratejik bilgi sistemleri gibi daha özel yapıda bilgi sistemleri geliştirilmiş, 1990'lar ve 2000'lerde ise internetin yaygınlaşmasıyla beraber internet tabanlı bilgi sistemleri üretilmiştir. 2000'lerden günümüze kadar da büyük veri kullanımına olanak sağlayan müşteri, tedarik zinciri gibi her bir alan özelinde gelişmiş bilgi sistemleri görülmektedir (O'Brien ve Marakas, 2011).

1.1.3. Yönetim Bilgi Sistemlerinin Tanımı

Yönetim bilgi sistemleri, bilgisayarların işletme fonksiyonları için kullanımına ilk başladığı zamanlarında veri kayıt işleme sistemleri şeklinde doğmuştur. Bilgisayar kullanımının artık zorunluluk haline geldiği günümüzde ise veri kayıt işleme sistemleri kullanıcılar ile etkileşime girerek, gerekli bilgileri kullanıcıların isteği doğrultusunda sunabilecek bir yapıya bürünmüştür. Bu anlamda veri kayıt işleme sistemlerinde olmayan çift yönlü bir akışa geçilmiş ve sistemdeki kullanıcıların yerini yöneticiler almıştır (Gökçen, 2007).

Basitçe, işletme ya da organizasyonlarda bilgi yönetimini gerçekleştiren bilgisayar tabanlı bilgi sistemi (Tutar, 2010) şeklinde ifade edilebilen yönetim bilgi sistemlerini Lucey (2005), iç ve dış kaynaklardan gelen verileri bilgiye dönüştüren ve bu bilgiyi uygun bir biçimde tüm işlevlerdeki tüm seviyelerdeki yöneticilere ileterek sorumlu oldukları faaliyetlerin planlanması, yönlendirilmesi ve kontrol edilmesi için zamanında ve etkin kararlar almalarını sağlayan bir sistem şeklinde tanımlamıştır. Her ne kadar bu geniş tanım birçok açıdan kapsayıcı olsa da yönetim, bilgi ve sistem kavramları, içeriği ve tanımı sürekli gelişen ve değişen soyut kavramlar olduğundan dolayı yönetim bilgi sistemleri için yapılmış ve kabul gören evrensel bir tanımdan bahsedilememekte, farklı araştırmacılar tarafından şu şekillerde tanımlanmaktadır (Gökçen, 2007):

- Bir organizasyonda kaynak olarak bilginin işlenmesi kullanılması ve yönetilmesi için ihtiyaç duyulan faaliyetler ve sistemler kümesi.
- Organizasyon ve çevresini ilgilendiren geçmiş, içinde bulunulan an ve gelecek zamanla ilgili bilgileri sağlayan iş sistemi.
- Karar verme sürecini kolaylaştırma amacıyla gerekli, zamanında ve doğru nitelikteki bilgiyi yönetime ulaştıran, böylelikle organizasyonun planlama, kontrol ve operasyonel süreçlerinin etkin olarak yürütülmesine olanak sağlayan bir metot.
- Yönetimlerin karar verme süreçlerinde gerekli bilgiyi sunmak amacıyla farklı kaynaklardan veriyi bir araya getiren bir bilgi sistemi.
- Kontrol ve stratejik planlama yapma noktasındaki yönetsel kararlara ilişkin geliştirilen bilgi sisteminin bir alt dalı.
- Dışsal verileri çekebilen, içsel veriyi ise süreçlerden elde eden ve bunları düzenleyerek yöneticilerin istedikleri bilgileri üretme imkanı sunan bir sistem.

- Yöneticileri anlık ve etkin bilgi ile donatabilmek için geliştirilmiş bilgisayar temelli bütünleşik bilgi işleme yöntemlerinin tümü.

Yönetim bilgi sistemi ile ilgili tüm bu tanımlar temelde üç başlık altında toplanabilir (Tutar, 2010):

Yönetim bilgi sistemlerini bir donanım düzeni olarak görenler: Buna göre yönetim bilgi sistemleri yöneticilere bilgi taşıyan iç ve dış çevre birimleri ile bağlanmış bir bilgisayar sistemi ya da merkezi işlem birimi ile çevre birimler arasında bağlantı şebekesidir.

Yazılım sistemi olarak görenler: Buna göre bilgisayar vasıtasıyla bilgileri toplayıp, işleyip, saklayacak ve iletecek özellikte bilgisayar programları yönetim bilgi sistemleridir.

Bir karar sistemi olarak görenler: Bu tanıma göre yönetim bilgi sistemi, organizasyonlardaki yöneticilere gerekli bilgiler sunarak, yönetsel kararları destekleyen sistemlerdir. Yöneticilere gerekli bilgiyi zamanında sunarak karar verme yeteneklerini artırmayı hedeflemektedirler.

Her ne kadar yönetim bilgi sistemleri farklı şekillerde ve farklı noktalara vurgu yaparak tanımlansa da tanımlar arasında bazı unsurlar ortak şekilde görülmektedir. Bu ana unsurları Tutar (2010); bilgisayar temeline dayanan insan makine etkileşimli bir sistem olması, bütünleşik bir sistem olması, yönetim ve karar modellerinin kullanımına olan sağlaması, bilgi desteği sağlaması şeklinde belirtmiştir.

1.1.4. Yönetim Bilgi Sistemlerinin Özellikleri

Yönetim bilgi sistemlerinin özellikleri yer aldığı organizasyon ya da işletmenin hacmi ve sistemin kapsamına göre farklılıklar gösterse de genel olarak bir takım temel ortak özellikler barındırmaktadırlar. Bu özellikleri başlıca dokuz maddede açıklanmaktadır (Gökçen, 2007). Buna göre yönetim bilgi sistemleri;

- Veri işleme ve kaydetmeyi destekler.
- Bütünleşik veritabanı kullanmak suretiyle fonksiyonel alanlarda çeşitliliği destekler.
- Yöneticilerin operasyonel, taktik ve stratejik seviyelerde bilgiye kolayca ve zamanında erişimine imkân tanır. Bilhassa taktik seviye yönetici için hizmet sunar.

- Kısmen esnek yapısı sayesinde organizasyonun bilgi gereksinimlerindeki değişime uyum sağlayabilir.
- Sadece yetkililerin erişimine imkân vererek sistemin güvenliliğini sağlar.
- Günlük operasyonel faaliyetlerle ilgilenmemektedir.
- Çoğunlukla yapısal kararlara destek sağlar.
- Yöneticilere birtakım raporlar sunulmasına imkân tanır.
- Çevresel ya da dışsal olaylardan ziyade öncelik olarak firma içi olaylara odaklanır.

Bunlara ek olarak yönetim bilgi sistemlerinin özellikleri arasında; çevre ile etkileşimi olması hasebiyle açık bir sistem ve değişen şartlara uyum sağlama yetisi nedeniyle dinamik bir sistem olması da söylenebilir (Tutar, 2010).

1.1.5. Yönetim Bilgi Sistemlerinin Amaçları ve Faydaları

Yönetim bilgi sistemlerinin tanımları ve özelliklerinden de anlaşılabileceği üzere temel amacı organizasyon veya işletmelerde yöneticilere gerekli olan bilgileri üretmek ve sunmaktır. Organizasyon veya işletmeler; planlama ve karar verme süreçlerinde bilgilerin zamanında gelmesine, bilgilerin olması gereken şekilde bütünleştirilmiş olmasına, sahip olunan bilginin açık ve ayrıntılı olmasına, yöneticilere anlaşılabilir şekilde sunulmasına, bilgi maliyetlerinin pahalı olmamasına ve sunulan bilginin konu ile ilgili olmasına ihtiyaç duymaktadırlar (Ülgen,1990). Bu gereksinimleri karşılamak yönetim bilgi sistemlerinin amaçları olarak belirtilebilir.

Amacına uygun bir şekilde geliştirilmiş olan yönetim bilgi sistemleri işletme ve organizasyonlara birçok konuda fayda sağlamaktadır. Bu faydalar; işin büyümesine kolaylık sağlaması, ofis çalışanlarına duyulan ihtiyacı azaltması, bilgi işleme maliyetlerini düşürmesi, bir takım kararlarda otomasyon sağlaması, daha fazla ve daha nitelikli bilgi sağlaması ve iş potansiyelinde artış sağlaması şeklinde özetlenebilir (Canbaz, 2016).

Yöneticiler açısından karar verme oldukça önemli bir konumda bulunmaktadır. Öyle ki Mintzberg (1990) yöneticilerin temel rollerinden birisinin karar verme olduğunu ifade etmektedir. Yöneticilerin bu temel rolü yerine getirmek için bir takım desteklere ihtiyaç duyması beklenen bir durumdur. Bu ihtiyaç özellikle karmaşık ve çok boyutlu karar problemlerinin çözümünde daha çok ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden de yönetim

bilgi sistemlerinin temel fonksiyonlarından birisi yöneticilerin karar almalarını desteklemektir (O'Brien ve Marakas, 2011).

Yönetim destek sistemlerinden bir diğeri olan karar destek sistemleri de yönetim bilgi sistemleri ile temelde aynı amaca hizmet etmektedir. İki sistem arasındaki farklılıklar sağladığı karar desteği, sunduğu bilgi türü, sağladığı bilgi biçimi ve bilgi işleme yöntemleri bakımından şu şekilde değerlendirilebilir: Yönetim bilgi sistemleri genel performans hakkında bilgi sağlar, periyodik yada olağandışı rapor sunar, sabit biçimli bilgi sağlar ve işletme verilerinden çekilen bilgiyi üretirken, karar destek sistemleri ise özel durumları analiz etmek için bilgi sağlar, etkileşimli soru cevap imkanı sunar, özel amaçlı ve esnek bilgi sağlar ve işletme verilerinden modelleme - analiz yollarıyla bilgi üretir (O'Brien ve Marakas, 2011). Özetle, yönetim bilgi sistemlerinde yöneticilerin alacaklara kararlara destek olacak bilgi üretilip özet rapor, anlık görüntü vb. şekilde sunulur iken karar destek sistemlerinde ise yöneticilere tüm karar süreci boyunca destek sağlanır ve “eğer.. ne..” (what-if) analizi ile çeşitli senaryolar test edilebilir. Fakat pratikte çoğunlukla bu ve benzeri sistemler bir arada görülmekte ve geliştirilmektedir (Lezki, 2012).

Çalışmada geliştirilen sistem her ne kadar yönetim bilgi sistemlerinin özelliklerini barındırsa da verileri analiz edip, modelleyerek bilgi üretmesi ve “eğer.. ne..” (what-if) analizi ile çeşitli senaryoları sınaıma imkanı sunması açısından karar destek sistemi özelliği de göstermektedir. Bu açıdan yönetim bilgi sistemi ve karar destek sistemi arasında, fakat daha çok yönetim bilgi sistemi sınıfında hibrit bir sistem olduğu söylenebilir. Bu yüzden de her ne kadar karar destek sistemleri yönetim bilgi sistemlerinin alt başlığı olmasa da çalışmada kullanıldığı haliyle karar destek sistemleri yönetim bilgi sistemlerinin altında açıklanmaktadır.

1.1.6. Karar Destek Sistemleri

Karar, en basit şekilde alternatifler arasında yapılan bilinçli seçim olarak tanımlanabilir. Geniş anlamda ise farklı şekilde tanımlamalar söz konusu olsa da en genel haliyle; belli bir amaç doğrultusunda, mevcut koşullar altında, karar verici tarafından uygulanabilecek farklı alternatiflerin belirlenmesi ve içlerinden en uygun olanın seçilmesi şeklinde ifade edilebilir. Karar aslında sonucu ifade eder, bu sonuca ulaşabilmek amacıyla gerekli tüm aşamaları içinde barındıran süreç ise karar verme olarak tanımlanır (Lezki, 2016). İnsanlar günlük hayatta sürekli karar verme durumuyla karşı karşıya kalırlar ve

özellikle basit karar için çoğu kez bir karar süreci içinde olduklarını fark etmezler. Bu duruma örnek olarak bir kişinin gün içinde giyeceği elbiseye karar vermesi gösterilebilir. Aynı karar verme eylemi bazen basit bir karar olmasına rağmen, bazen de içinde bulunduğu şartlar ve sonuçlarının önemi ile birleşince karmaşık bir karara dönüşebilir. Basit bir karar olarak örneklendirilen elbise seçme kararı bir iş görüşmesine katılmak için elbise seçme kararına dönüşünce karmaşık bir karar haline gelir. Burada kararı karmaşık hale getiren unsurlar karar vermeyi gerektiren durumun yani karar probleminin öğeleri ile ilgilidir. Bir karar problemi karar verici, amaç, hedefler ve kriterler, seçenekler, çevresel faktörler, olasılıklar ve sonuçlardan oluşmaktadır.

Karar verme süreci üç ana adımdan oluşmaktadır (Sauter, 2010). Buna göre birinci adımda karar verici tarafından karar ortamı ile ilgili bilgi toplanarak problem ve amaçlar tanımlanır. İkinci aşamada kriterler tanımlanır ve seçenekler ortaya konur. Üçüncü aşamada ise elde edilen bilgiler doğrultusunda seçenekler karşılaştırılır ve en iyi olanı seçilir.

Karar türleri, kararların sahip olduğu farklı özellikler göz önüne alınarak sınıflandırılmaktadır. Bu yüzden karar teorisi içinde çok ve farklı sayılarda sınıflandırma görülmektedir. Karar vericinin sahip olduğu bilgi derecesine göre; belirlilik, belirsizlik ve risk ortamında, yapılarına göre; yapılandırılmış, yapılandırılmamış ve yarı yapılandırılmış halde, yönetim seviyesi açısından; stratejik, taktik ve operasyonel, süre açısından; uzun, orta ve kısa vadeli, karar verici sayına göre; bireysel ve grup, süreç durumlarına göre; statik ve dinamik, bağlantı durumlarına göre tek aşamalı ve çok aşamalı, kriter sayısına göre tek kriterli ve çok kriterli şeklinde karar türleri sınıflara ayrılmaktadır.

Günümüz dünyası teknolojik gelişmelerin etkisi, bilgi ve veri miktarının çoğalması ve yaygınlaşması, mobiletinin artması gibi faktörlerin etkisiyle görece olarak daha hızlı ve karmaşık bir durumdadır. Nüfus ve ihtiyaçlardaki sürekli artış da göz önüne alındığında işletmelerin, kurumların, organizasyonların karşılaştıkları karar problemlerinin artık çok daha karmaşık, sonuçlarının çok daha önemli ve etki gücünün daha yüksek olduğu bir gerçektir. Bu durumda karar vermenin oldukça güçleştiği açıktır. Yöneticilerin verecekleri kararları kolaylaştırmak ve karar vericilere destek sağlamak amacıyla günümüz dünyasında karar destek sistemlerine daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç da karar destek sistemlerinin tanımını, kullanım alanlarını, yapısını ve çeşitliliğini sürekli bir halde değiştirmektedir.

Çok sayıda karar türünün söz konusu olduğu ve kararların özelliklerine göre birçok farklı sınıfa dâhil olduğu düşünüldüğünde, karar destek sistemleri için net ve kesin bir tanım yapılması oldukça zordur. Turban (2007) karar destek sistemlerini aslında şemsiye bir terim olarak ifade etmiş ve “karar verme sürecine yardımcı olan bilgisayarlı bir sistem” şeklinde özetlemiştir. Tarihsel süreç içerisinde karar destek sistemlerinin tanımı bilgisayar, bilgi, veri işleme teknolojilerinin gelişmesi, karar problemlerinin karmaşıklaşması ve kullanım alanlarının çeşitlenmesi ile sürekli değişmiş ve genişlemiştir. İlk tanımlardan birini Little (1970) “yöneticilerin karar vermesine yardımcı olacak verileri ve kararları işlemek için oluşturulmuş model bazlı işlemler bütünü” biçiminde, günümüz tanımından daha farklı bir şekilde yapmıştır. Gorry ve Morton (1971), yapılandırılmamış karar problemlerini çözüme kavuşturmak amacıyla veri ve modeller kullanan, karar vericilere yardımcı olan ve onlarla etkileşim içinde bulunan bilgisayar tabanlı sistemler olarak tanımlamıştır. Fakat Moore ve Chang (1980) bu tanıma karşı çıkmış, karar destek sistemlerini tanımlarken yapılandırılmış kararları da tanıma dâhil etmişlerdir. Bonczek vd. (1980) ise kullanıcı ve sistem arasında iletişimi sağlayabilecek bir mekanizma sunan, veri ve işlemlere ilişkin bilgiyi içinde depolayan ve problem işleme becerisine sahip bilgisayar tabanlı bir sistem şeklinde tanımlama yapmıştır. Tanımlar süreç boyunca karar destek sisteminin ne olduğundan ziyade nasıl olması gerektiği şekline dönüşmüştür (Turban, 1995). Bu yüzden karar destek sistemi net bir şekilde değil genişletilebilir bir halde tanımlanmalıdır. Bu amaçla, Turban (2007) karar destek sisteminin basit tanımını; özel bir karar probleminin çözümü için geliştirilmiş, karar vericiyi desteklemek amacıyla oluşturulmuş, karar vericiyle etkileşimli, esnek ve uyarlanabilir, bilgisayar tabanlı bir bilgi sistemi şeklinde yapmıştır.

Genel olarak, karar destek sistemi için, bir kararın kalitesini artırıcı ve karar vericinin beklentilerine göre yapılandırılmış bilgi sistemleri denilebilir. Burada önemli nokta; karar destek sistemlerinin, karar vericilerin karar verme kapasitelerini artırmak için başvuracakları tamamlayıcılar olmasıdır. Karar vericinin yerini alması beklenmez. Ayrıca karar destek sistemine konu olacak kararlarda takdir yetkisine ihtiyaç duymalı ve bu kararlar çeşitli algoritma ve metotlar vasıtasıyla tam anlamı ile çözülemez bir halde olmalıdır (Kapanoğlu, 2016). Karar destek sistemleri şu karakteristik özelliklere ve yeteneklere sahiptir (Turban, 2007):

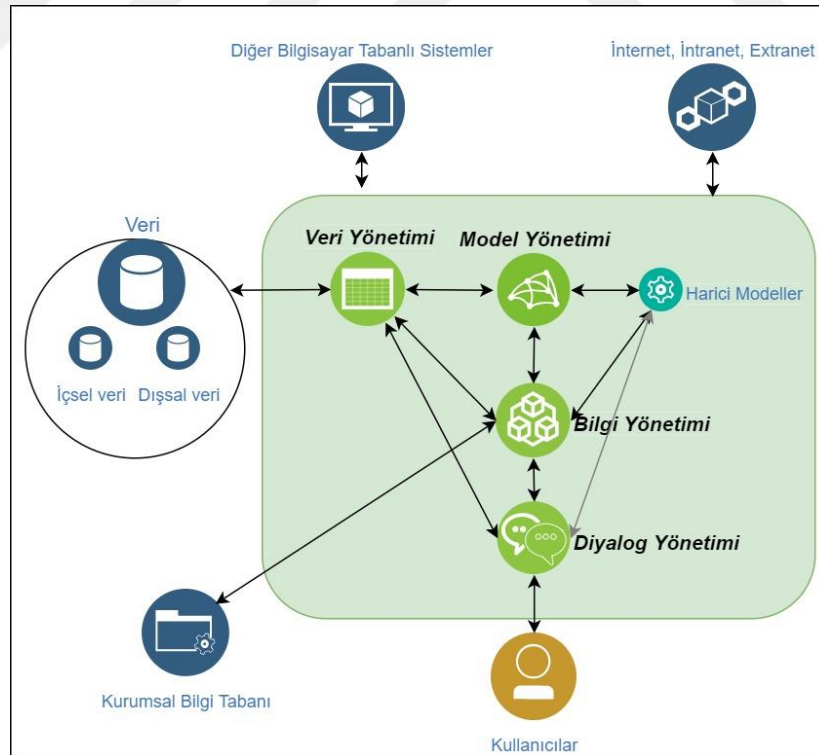
- Yapılandırılmış ve yarı yapılandırılmış karar problemlerinde insan ve bilgisayar faktörlerinin bir araya gelmesine destek sağlarlar. Yani problemi sadece bilgisayar sistemi kullanarak değil, insan yargıları ile beraber çözerler.
- Tüm yönetim kademelerine destek sağlamak için kullanılabilirler.
- Birey ve grup kararları için kullanılabilirler.
- Birbirine bağlı, dizi şeklinde veya döngüsel durumlardaki kararlar için destek sağlayabilirler.
- Karar verme sürecinin tüm aşamalarına destek verebilirler.
- Çok çeşitli karar verme süreçleri ve türleri için kullanılabilirler.
- Esnek olmalı, kullanıcılar temel öğeleri düzenleyebilme şansına sahip olmalıdırlar.
- Geliştirmeye ve iyileştirmeye açık olmalıdırlar.
- Kullanıcı dostu, güçlü grafik gösterim yeteneği olan ve insan makine etkileşimini doğal ve kolay bir şekilde sunan bir ara yüze sahip olmalıdırlar. Birçok yeni karar destek sistemleri web tabanlı veya mobil platform ara yüzüyle geliştirilmektedirler.
- Kararın düşük maliyetle veya daha çabuk verilmesinden ziyade doğru verilmesi için geliştirilirler.
- Karar vericinin karar verme sürecinin tüm adımları üzerinde tam bir etkisi bulunacak şekilde tasarlanırlar.
- Farklı stratejileri ve konfigürasyonları test etmeye olanak sağlayabilmelidirler.
- Veri tabanlarına, veri formatlarına ve veri tiplerine erişilebilir bir yapıda olmalıdırlar.
- Tekli, bütünsel ya da dağıtılmış kullanıma uygun şekilde tasarlanabilirler.

Karar vericiye yardımcı olma hedefiyle geliştirilen bir karar destek sistemi; karara farklı yönlerden bakmaya yardımcı olma, daha iyi alternatifler üretebilme, durum değişikliklerine hızlı bir şekilde yanıt verme, karmaşık sorunları çözebilme, bir sorunu çözmek için daha fazla seçenek üretebilme, beyin fırtınasına olanak sağlama, bir problemin çözümünde çoklu analizlerden faydalanabilme, problemler hakkında yeni bakış açıları kazandırabilme ve "tünel vizyonunu" ortadan kaldırma, seçenekleri ve sonuçlarını önceden değerlendirmeye olanak sağlama, çeşitli karar stilleri ve stratejileri

uygulayabilme, daha uygun veriler ve / veya daha iyi modeller kullanmaya açık olma, "ya eğer? (What – if ?)" analizlerine yer verebilme gibi yararlar sunmaktadır (Sauter, 2010).

1.1.6.1. Karar destek sistemlerinin mimarisi ve bileşenleri

Bilgi sistemlerinin özel bir türü olan karar destek sistemleri, kullanılacakları duruma ve / veya probleme uygun bir şekilde tasarlanmalıdır. Bu tasarım süreci içerisinde mimarisinin ve bileşenlerinin doğru tanımlanması ve sistemin buna göre yapılandırılması sistemin etkin ve verimli çalışabilmesi açısından önem arz etmektedir. Karar destek sistemlerinin genel mimari yapısı; veri yönetimi alt sistemi, model yönetimi alt sistemi, diyalog yönetimi (kullanıcıyla etkileşim) alt sistemi ve bilgi yönetimi alt sistemi olmak üzere dört ana bileşenden oluşmaktadır (Turban, 2014). Bu ana bileşenleri besleyen, onlara yardımcı olan ya da onları kullanan; veri ve veri tabanları, kullanıcılar, bilgisayar tabanlı diğer sistemler, internet ve / veya intranet, kurumsal bilgi tabanı gibi çevre bileşenler de bulunmaktadır. Tüm bu bileşenlerin birbirleriyle bağlantıları ve etkileşimleri Şekil 1’ de görülmektedir.



Şekil 1.1 Karar Destek Sistemlerinin Mimari Yapısı

Veri yönetimi alt sistemi, karar destek sisteminin ihtiyacı olan veriler ile ilgili işlemlerin yerine getirildiği bileşendir. Veri tabanı (ya da veri ambarı), veri tabanı yönetimi, veri dizini ve veri sorgulama öğelerini içerisinde barındırır (Turban, 2014). Ayrıca sistem için gerekli olan içsel ve dışsal verilerin saptandığı ve toplandığı yerdir. İçsel veri, organizasyon içinden elde edilen ve organizasyon ile doğrudan ilişkili veriler iken, dışsal veriler organizasyon dışından edinilen ve organizasyonu dolaylı olarak etkileyen verilerdir. Çeşitli içsel ve dışsal veri tabanlarından temin edilen verilerin bir araya getirilerek, düzenlenerek işleme uygun hale dönüştürülüp, model için kullanılmak üzere veri ambarı oluşturulması gibi işlemler bu alt sistem içinde değerlendirilir. Ayrıca, verilerin saklanması (depolanması) ve gerektiğinde tekrar çağırılıp işleme dâhil edilmesi de bu bileşen ile mümkündür. Veri yönetimi alt sistemi karar destek sisteminin ölçeği ve türüne göre web tabanlı, ağ ve nesne yönelimli de olabilir. Günümüzde öneminin ve kullanım alanının arttığı “büyük veri” kavramının, veri yönetimi alt sistemleri içine de entegre edildiği yeni karar destek sistemlerinde görülmektedir.

Karar problemlerini çözüme kavuşturmak için çeşitli modeller kullanılmaktadır. Bu yüzden karar destek sistemleri içerisinde model çözümü için bir bileşen bulunması zaruridir. “Problem işleme alt sistemi” de denilen model yönetimi alt sistemi, karar destek sisteminin kalbi olarak görülmektedir (Burstein, 2008). Model yönetimi alt sistemi; finansal, istatistiksel, matematiksel, yönetsel veya sistemin durumuna uygun diğer sayısal modelleri içeren bileşendir (Turban, 2014). Karar destek sistemleri tek bir model üzerine kurulabileceği gibi birbiriyle bağımlı veya bağımsız şekilde birden çok model de içerebilir. Hangi modellerin kullanılacağı, hangi sırayla işleme alınacağı ve nasıl çalışacağı bu bileşen içerisinde değerlendirilir. Model yönetimi alt sistemi, veri yönetimi alt sistemi ile doğrudan bağlantılıdır. Çünkü buradan gelen veriler doğrultusunda modelleme yapılır. Hatta çoğu kez problemi çözmek için seçilen modellere uygun şekilde veri toplama süreci yürütüldüğünden bu iki bileşen arasında sürekli bir etkileşim söz konusu olur. Model yönetimi alt sistemi; model tabanı, model tabanı yönetim sistemi, modelleme dili, model dizini, model uygulaması öğelerini barındırır. Model tabanı, sistem için uygun modellerin belirlenmesi ve uygulama için düzenlenmesini ifade eder. Model tabanı yönetim sistemi, seçilen modeller arasında bağlantıların kurulması ve modeller ile verilerin ilişkilendirilmesi için kurulan sistemdir. Modelleme dili, kurulan modelin matematiksel ya da uygun yazılım dili aracılığıyla şablon halinde ifadesidir. Model dizisi ise; model tanımlarını, ana işlevlerini modellerin kullanılabilirliği ve

kapasiteleri ile ilgili bilgileri içeren öğedir (Turban, 2014). Teknolojinin gelişmesiyle birlikte model yönetimi alt sistemi içinde makine öğrenmesi ve yapay zekâ teknikleri içeren modellerin kullanıldığı da görülmektedir.

Karar destek sisteminin kullanıcılarının yani karar vericilerin, sistem ile etkileşimde bulunmalarına olanak sağlayan bileşen diyalog yönetimi (kullanıcıyla etkileşim) alt sistemidir. *Kullanıcı ara yüzü* adı da verilen bu alt sistem ile kullanıcılar karar destek sistemine girdileri iletir ve hangi bilgileri elde etmek istediğini tayin eder. Karar destek sistemi ise yine bu sistem vasıtasıyla kullanıcıya istediği bilgileri, sistem çıktılarını sunar (Erpolat, 2007). Bu yüzden, bu bileşenin tasarımındaki başarı, karar destek sisteminin başarısı ile doğru orantılıdır. Diyalog yönetimi alt sistemi, teknik bilgi sahibi olmayanlar için bile kullanımı kolay ve anlaşılır olmalı, grafik, tablo gibi görsel araçlarla desteklenebilir şekilde tasarlanmalıdır. Kullanım kolaylığı açısından emir girişleri söz dizimi (kodlama) şeklinde değil, açılır menüler, düğmeler gibi standart nesneler kullanılarak bu bileşen tasarlanmalıdır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte bu alt sistemin içine çeşitli yapay zekâ teknikleri entegre edilerek çok daha verimli ve kullanım rahatlığı sunan bir şekilde tasarlandığı da görülmektedir. Ses ve görüntü işleme teknolojilerini kullanarak, sesli ve görüntülü komut verecek şekilde tasarlanan karar destek sistemleri ortaya çıkmaktadır.

Yapılandırılmamış ve yarı yapılandırılmış karar problemlerinin çoğu öyle karmaşık yapıdadır ki, çözüm için problem üzerinde uzmanlık gerektirmektedir. Bilgi yönetimi alt sistemi işte bu gerekli uzmanlığı karar destek sistemi içine entegre etmeye olanak sağlar. Ayrıca karar destek sisteminin diğer bileşenlerinin çalışmasını destekleyecek yararlı ve gerekli bilgileri sunar (Turban, 2007). Bu yüzden bu bileşen diğer tüm alt bileşenlerle sürekli bir etkileşim içindedir. Karar sürecindeki bazı işlemleri ve aşamaları karar verici yerine karar vericinin sunduğu bilgiyi kullanarak yapar ve genellikle kural tabanlı olarak çalışır (Kapanoğlu, 2016). Bilgi yönetimi alt sisteminin işleyişine örnek olarak; çözülmesi istenilen problem için kullanılan verilerin ağırlıklarının ne olacağı ya da modelin problemi çözmesi sonucu elde edilen çıktılarından hangisinin önemseneceği ve modelin işleyişinin ne seyrinde devam edeceği gibi tecrübeye dayanan bilgilerin modele dahil edilme durumu gösterilebilir. Bu bileşenin aslında model içinde bulunma zorunluluğu yoktur yani opsiyonel bir bileşendir (Erpolat, 2007). Gelişmiş karar destek sistemlerinde bu bileşen zeki ya da uzman sistemlerden oluşmaktadır. Bu tür sistemler zeki karar destek sistemleri olarak adlandırılırlar.

1.1.6.2. Karar destek sistemlerinin sınıflandırılması

Kullanım amacı, tasarım süreci ve temelde kullandığı yönteme göre karar destek sistemleri farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Bir karar destek sistemi birden çok sınıf içerisinde yer alabilir. Öte yandan sınıflama noktasında farklı kriterler baz alındığından literatürde farklı şekilde sınıflandırmalara rastlanmaktadır. Fakat genel olarak karar destek sistemleri; iletişim tabanlı (grup), model tabanlı, veri tabanlı, doküman tabanlı ve bilgi tabanlı olmak üzere beş kategoride değerlendirilmektedir.

- *İletişim tabanlı (grup) KDS*: Birbirleriyle iletişim halinde olan ya da grup halinde faaliyet gösteren karar vericilerin karşılaştıkları karar problemlerinin çözümüne yardımcı olan, elektronik haberleşme ve belge paylaşımı gibi faaliyetlere olanak sağlayan karar destek sistemleridir (Power, 2002)
- *Model tabanlı KDS*: Genellikle bir durumu analiz etmeye yardımcı olmak amacıyla kurulan, girdi, işlem ve çıktı sürecine sahip sistemlerdir. Geleneksel karar destek sistemleri bu grupta değerlendirilmektedir (Kersten vd., 2000). Çoğunlukla büyük ölçekli ve karmaşık optimizasyon ve benzetim modellerinin kurulması, çözülmesi, duyarlılık analizlerinin yapılması ve çeşitli senaryoların test edilmesi şeklinde bir süreç ihtiva eder (Kapanoğlu, 2016).
- *Veri tabanlı KDS*: Önceliği veri ve veriyi işlemek olan, temelde veri odaklı sistemlerdir. Verileri bilgilerle işleme koyar ve edindiği bilgiyi bir karar vericiye sunar. Veriler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak, veri tabanlarından kural ve örüntüleri keşfetmek için istatistiksel ve diğer analitik yöntemleri kullanarak, faydalı bilgi üretmek suretiyle karar vericilere yardımcı olan sistemlerdir (Eryiğit, 2005). OLAP ve veri madenciliği içeren karar destek sistemleri veri tabanlı KDS olarak değerlendirilmektedir (Kapanoğlu, 2016).
- *Doküman tabanlı KDS*: Karar vericilere yapısal olan olmayan belgelere erişme, tasnif etme, yönetme ve analiz etme gibi süreçlerde yardımcı olmak amacıyla geliştirilen sistemlerdir.
- *Bilgi tabanlı KDS*: Bilgi teknolojilerinin uygulamalarını içeren sistemlerdir. Daha ayrıntılı ve daha etkin kararlar vermeye olanak sağlayan planlar çerçevesinde çeşitli kurallar, bilgiler ve işlemleri analiz ederek, karar vericilere çeşitli hareket tarzları tavsiye edebilmektedirler. Kural tabanlı sistemler ya da uzman sistemler olarak da tanımlanmaktadır (Eryiğit, 2005). Esasen, yapay sinir ağları, derin öğrenme gibi yapay zekâ teknikleri tabanlı karar destek sistemleri

bu kategoriye girer (Turban, 2014). Bilgi tabanlı KDS, gelişimini teknolojinin gelişmesiyle birlikte sürekli olarak devam ettirmektedir.

Bu sınıflamalara ek olarak hibrit ya da bileşik karar destek sistemleri de sayılabilir. Bu sistemler, içinde yukarıda açıklanan kategorilerden iki veya daha fazlasını bir arada içermektedir. Söz gelimi, bir karar destek sistemi hem veri hem model tabanlı kurulmuş ise bu hibrit KDS olarak değerlendirilmektedir. Bilgi, veri ve işlem boyutunun genişlediği günümüzde hibrit modellere artık daha sık rastlanmaktadır.

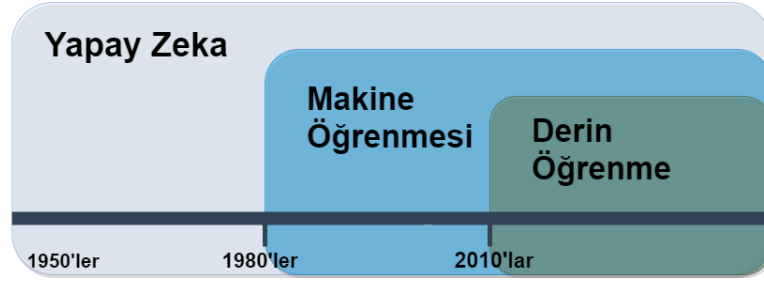
1.2. Yapay Zekâ

Kavramın ilk kez ortaya atıldığı 1956 yılındaki Dartmouth Konferansı'ndan beri yapay zekânın içeriği ve tanımı üzerinde bilim dünyasında bir tartışma söz konusudur. Doğal zekânın bile tanımı ve içeriği sürekli değişmekte ve gelişmekte iken yapay zekâ hakkında kesin bir tanımı yapmak oldukça zordur. Bu amaçla yapay zekâ alanında araştırma yapan bilim insanları zekâ kriterlerini belirlemek için bazı testler ortaya atmışlardır. Bunlardan en çok bilinenleri, yapay zekâ fikrinin öncülerinden Turing (1950) tarafından yapılan "Turing Testi" şeklinde adlandırılan test ve Searle (1980) tarafından sunulan "Çin Odası (The Chinese Room)" testidir. Yapay zekâ felsefesi bilim dünyası tarafından özellikle bu testler etrafında tartışılrsa da tartışmaların temelinde aynı fikir yatmaktadır. Buna göre, insanla etkileşime giren makine o kadar "insan gibi" olacaktır ki, insan karşısındakinin insan olup olmadığını anlayamayacaktır. Yapay zekâ kavramını doğuran bu fikir çerçevesinde çok sayıda ve farklı tanımlamalar yapılmıştır. Kavramın ilk ortaya çıktığı yıllarda yapay zekâyı Minsky (1968) "insanlar tarafından yapılan, zekâ gerektiren şeyleri yapan makinaları oluşturma bilimi" şeklinde tanımlamıştır. Rapaport (2017) ise geçmişte yapılmış bazı tanımlardan yola çıkarak şu tanımı yapmıştır: "Yapay zekâ, hangi problemlerin çözülebileceğini, hangi görevlerin gerçekleştirilebileceğini ve gerçek hayattaki hangi özelliklerin hesaplamalar yapılarak anlaşılabilceğini araştıran ve bunun nasıl verimli, pratik, fiziksel ve etik olarak yapılabilceğini göstermek için algoritmalar sağlayan bir bilgisayar bilimi dalıdır". Buradan hareketle yapay zekâyı "insan zihninin problem çözme ve karar verme yeteneklerini taklit etmek için bilgisayarları ve makineleri kullanmak" (IBM,2021) şeklinde daha kısa ve öz bir halde ifade etmek doğru olacaktır.

Tanımlardan da anlaşılabilceğı üzere çok detaylı ve geniş bir kapsama sahip olan yapay zekâ, makinelerin insan gibi düşünebilme, verilerden öğrenebilme, çıkarsama ve tepki verebilme yeteneğine sahip olması şeklinde açıklanabilecek bir şemsiye kavramdır (Wang ve Siau, 2019).

Genişleyen ve gelişen kapsamından dolayı yapay zekâ, çok sayıda yöntem veya alt başlık ihtiva eder. Makine öğrenimi, yapay zekânın bu alt başlıklarından biridir. Buna göre makineler, çeşitli matematiksel ve istatistiksel tabanlı algoritmalar yardımıyla verilerden çıkarımlar yapabilir ve böylelikle öğrenebilirler. Geleneksel analiz yöntemlerinden farklı olarak yeniden programlanmaya ihtiyaç duymadan, verilerden öğrenip performansını iyileştirme yeteneğine sahiptirler (Gürsakal, 2018). Geliştirilen algoritmalar çerçevesinde makineler çeşitli görevleri veya deneyleri otomatik olarak gerçekleştirebilirler. Makine öğreniminde en önemli noktalardan biri öğrenme sürecidir. Öğrenmeyi en verimli şekilde gerçekleştirmek için problemi temsil edebilecek en iyi öznitelik setlerinin oluşturulması gereklidir. Bu da özniteliklerin elde edilmesi ve temsil kabiliyetlerinin en yüksek olanlarının seçilmesinden oluşur (Goodfellow vd., 2016). Öznitelik mühendisliği şeklinde de literatürde yer alan bu süreç makine öğrenimi algoritmalarının kullanımı açısından oldukça önemlidir. Aksi takdirde algoritmalar istenilen düzeyde öğrenemeyecek ve doğru bir çıkarım yapamayacaktır (Zheng ve Casari, 2018).

Derin öğrenme, makine öğreniminin bir alt dalıdır. Makine öğrenmesiyle aynı temel mantığa sahip olmasına rağmen derin öğrenmede en iyi öznitelik setlerine ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu da derin öğrenmeyi makine öğreniminden ayıran en önemli noktalardan biri olarak ifade edilir (Goodfellow vd., 2016). Derin öğrenmede, veriler olduğu gibi alınarak, önemli veriler (öznitelikler) önemsiz veya daha az önemli olanlardan otomatik olarak ayrıştırılır (Chollet ve Allaire, 2018). Böylelikle makinelerin çok sayıda ve/veya karmaşık veri kullanarak çıkarım yapması daha mümkün hale gelmektedir. Bu sayede yapay zekâ yöntemleri, ses ve görüntü gibi farklı veri türleri ile kullanılabilir. Görüntü işleme ve doğal dil işleme gibi teknikler derin öğrenme ile geliştirilmekte ve tıp, finans, teknoloji, eğitim gibi birçok alanda uygulanmaktadır. Şekil 1.2'de görüldüğü gibi 1950'lerde ortaya atılan bir kavram olan yapay zekâ, 1980'lerde makine öğreniminin doğmasıyla beraber uygulamaya geçme fırsatına sahip olmuş, bilgisayar biliminin gelişmesiyle birlikte 2010'larda görülmeye başlayan ve makine öğreniminin altında yer alan derin öğrenme ile her alana nüfuz edebilir bir hale gelmiştir.



Şekil 1.2 Yapay Zekâ, Makine öğrenmesi ve Derin Öğrenme ilişkisi

Tüm derin öğrenme yöntemlerinin temelinde yapay sinir ağları vardır. Bu nedenle derin öğrenmede en önemli nokta, çok katmanlı ağ yapısını yani model mimarisini (katman sayısı ve içeriği) ve parametrelerini (hiper parametreler) en iyi ve verimli şekilde tasarlamaktır. Derin öğrenme, çok katmanlı algılayıcı (Multilayer Perceptron - MLP), evrişimli sinir ağları (Convolutional Neural Networks - CNN), Tekrarlayan sinir ağları (Recurrent Neural Networks - RNN) gibi birçok farklı yöntemi bünyesinde barındırır. Özellikle ses, görüntü gibi farklı tipte veri türleri için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Fakat çok katmanlı algılayıcı, en temel derin öğrenme yöntemi olarak ifade edilmektedir (Elmas, 2018).

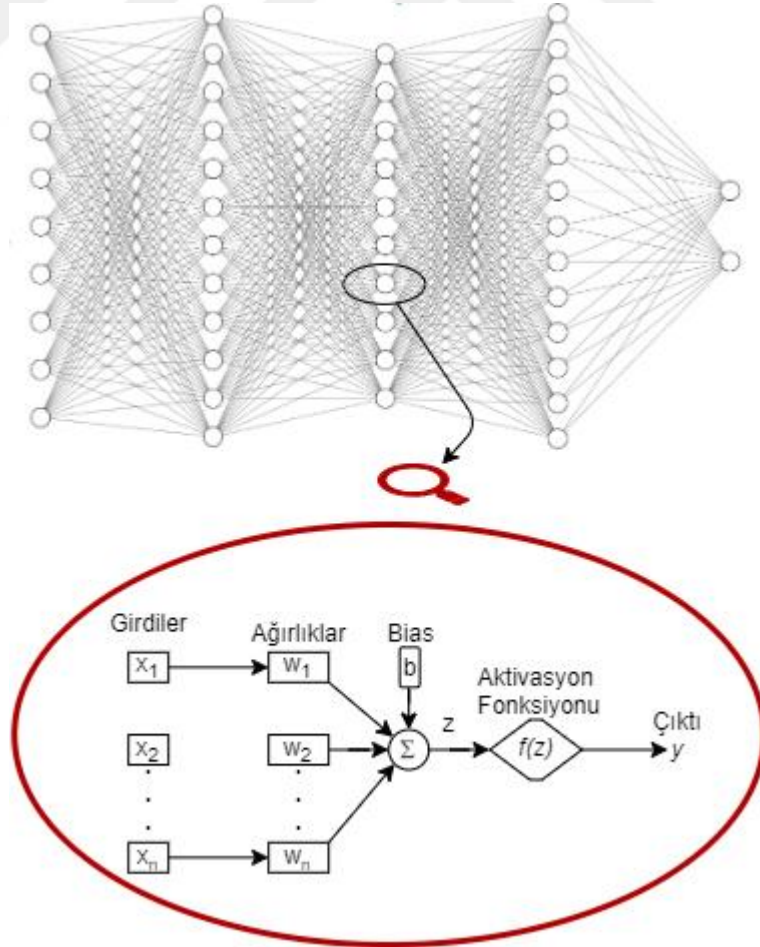
1.2.1. Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA)

Yapay sinir ağlarına (YSA) dayanan, en geleneksel derin öğrenme tekniklerinden biri olan ÇKA, biyolojik sinirlerin insan beynindeki çalışma şekline esinlenmiştir (Shanmuganathan, 2016). Biyolojik bir sinir hücresinin (nöronun) matematiksel modeli olan yapay sinir hücresine “algılayıcı (perceptron)” denir. Temel çalışma prensibi olarak, algılayıcı önceki nöronlardan aldığı sinyalleri toplar ve toplam sinyal birikimi belirli bir eşik değerini aşınca sinyali başka bir nörona iletir (Krenker vd., 2011). Yapay bir nöron veya algılayıcı; girdiler, ağırlıklar, bias (sapma), ağırlıklı toplam, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı gibi temel unsurlara sahiptir. Bir nöronun bu unsurlar ile ifadesi ve çıktısı Denklem 1.1’de verilmiştir.

$$y_j = f \left(\sum_{i=1}^n (w_{ji})(x_i) + b \right) \quad (1.1)$$

Girdiler (x_i) diğer nöronlardan gelen bilgilerdir. Başka bir deyişle, (eğer ilk katmanda değilse) kendisinden önceki nöronların çıktılarıdır. Ağırlıklar (w_{ji} : j ve i katmanlarının nöronları arasındaki bağlantı ağırlığı) bir nörona gelen bilginin önemini ve nöron üzerindeki etkisini gösterir. Diğer nöronlardan gelen girdiler, geldikleri bağlantıların ağırlığı ile çarpılır ve böylelikle girdilerin üretilecek çıktı üzerindeki etkisi ölçümlenebilir. Ağırlıklı toplam, nörona gelen tüm girdilerin ağırlıklarıyla çarpılıp toplanması ve ağırlıklara ek olarak uygulanan doğrusal bileşen olan bias (sapma) değerinin (b) eklenmesiyle elde edilir. Bu değer, çıkış değerini (y_i) elde etmek için belirlenen aktivasyon fonksiyonuna (f) girer. Aktivasyon fonksiyonu, nörondaki bu ağırlıklı toplam değerini işleyerek bu girdiye karşılık gelen nöronun çıktısını belirler (Elmas, 2018).

Çok katmanlı algılayıcı modelinin ağ yapısı örneği ve bu modelde yer alan bir algılayıcının çalışma mantığı Şekil 1.3'te sunulmuştur. Şekil 1.3'ten anlaşılacağı gibi, bir ÇKA modeli çok sayıda algılayıcıdan (nörondan) oluşur.



Şekil 1.3 Çok Katmanlı Algılayıcı modeline bir örnek (üstte) ve bir nöronun çalışma mantığı (altta)

İleri beslemeli yapay sinir ağlarından olan ÇKA girdi, gizli ve çıktı olmak üzere üç ana katmandan oluşur (Yılmaz ve Kaya, 2019). Model girdilerini (öznitelikleri) gizli katmanlara ileten katmana giriş katmanı denir. Giriş katmanında derin öğrenme ile öğrenilmesi istenilen verilerin öznitelikleri girdi olarak verilmektedir. Bu nedenle, veride bulunan öznitelik sayısının giriş katmanında nöron bulunmaktadır (Yılmaz, 2017). Girdi ile çıktı katmanları arasında bulunan çok sayıda katmanı ve nöronu barındıran katmanlara gizli katmanlar adı verilir. Gizli katmanlara yapay sinir ağının zekâ içeren kısmı denilebilir (Nabiyev, 2010). Gizli katmanların kaç katmandan oluşacağı ve her birinde kaç nöron olacağı model oluşturucu tarafından belirlenir. Sonuçların elde edildiği katmana ise çıktı katmanı denir. Çıktı katmanında modelden öğrenilmesi istenilen verinin yapısına göre sınıf veya sayısal değeri çıktı olarak hesaplanır.

ÇKA, gözetimli (supervised) öğrenme tekniğini kullanır. Yani sinir ağının eğitimi için girdiler ve bunlara ait çıktı değerleri eğitim seti olarak sunulur. Öğrenme kuralı olarak en küçük kareler yöntemine dayanan delta öğrenme kuralının genelleştirilmiş hali uygulanmaktadır (Yılmaz, 2017). Genelleştirilmiş delta kuralı "ileri doğru hesaplama" ve "geriye doğru hesaplama" aşamalarından meydana gelir. Yapay sinir ağındaki ağırlıkların rastgele olarak seçilmesi ile başlayan süreçte ileri doğru hesaplama ile ağın çıktı değeri bulunur. Bu çıktı değerleri ile gerçek çıktı değerleri arasındaki farka hata değeri denir. Bu hata değerine göre geriye doğru hesaplamayla ağdaki ağırlıklar güncellenir. Hata belli bir değerin altına düşene dek bu sürece tekrarlı bir şekilde devam edilir ve öğrenme gerçekleşir. Öğrenme işlemi tamamlanıp en ideal parametreler, ağırlıklar ve bias değerleri elde edildikten sonra test amaçlı ayrılan veriler için ağın ürettiği çıktı değerleri değerlendirilerek ağın başarısı ölçülür (Nabiyev, 2010).

Öğrenme yöntemlerinde sıkça bahsi geçen kavramlarından olan, probleme ve veri setine göre değişen parametrelere hiperparametreler denir. Nasıl ve hangi değeri alması gerektiği, modelin tasarımcısı tarafından belirlenir (Goodfellow vd., 2016). Mini-yığın (batch) boyutu, öğrenme hızı, optimizasyon algoritması, tur (epoch) sayısı, aktivasyon fonksiyonu, seyreltme (dropout) değeri bir yapay sinir ağı uygulamasında kullanılan temel hiperparametreler olarak belirtilebilir (Karakullukçu, 2020).

Mini-yığın (batch) boyutu: Veri setindeki tüm verileri modele girdi olarak tek seferde vermek yerine, küçük gruplara bölerek modele dahil etmeyi ifade eder. Kısaca, modelin aynı anda kaç veriyi işleyeceği anlamına gelmektedir (Lanzetta, 2018).

Öğrenme hızı: Geri yayılma algoritmasının gradyan inişini ne kadar hızlı gerçekleştirdiğini ifade eder. Öğrenme hızının daha büyük olarak ayarlanması, ağıın daha hızlı çalışmasına olanak tanır, ancak hatanın minimum olmamasına neden olabilir (Ciaburro ve Venkateswaran, 2017).

Optimizasyon algoritması: Bir sinir ağıının eğitim aşamasında model için en uygun ağırlıkları belirlemek amacıyla optimizasyon algoritmaları kullanır. Temel amacı, hatayı azaltmak ve mümkün olan en doğru sonuçları sağlamaktır (Ciaburro ve Venkateswaran, 2017).

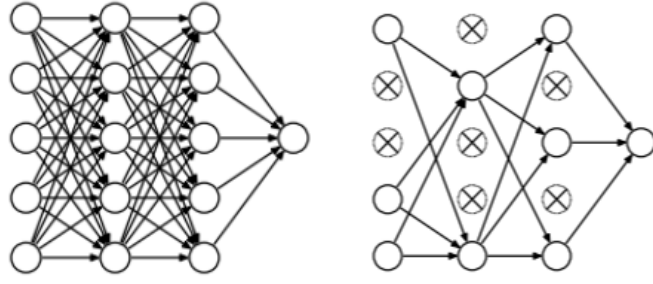
Tur (epoch) sayısı: Bir derin öğrenme modeli eğitim sürecinde, model eğitilir, başarısı test edilir, buna göre ağırlıklar geri yayılımla güncellenir. Bu işlem sürekli tekrarlanarak optimum ağırlık değerleri hesaplanmaya çalışılır. Bu tekrarlı adımların her birine "tur" adı verilir. Tur sayısı arttıkça model başarısı ilk başta artacaktır. Bununla birlikte, fazla uyum gibi sorunlar ortaya çıkabilir (Ciaburro ve Venkateswaran, 2017).

Aktivasyon fonksiyonu: Bir ağıdaki her nöron bir aktivasyon fonksiyonu içermektedir. Çok katmanlı sinir ağılarında doğrusal olmayan dönüşüm işlemleri için bu fonksiyonlar kullanılır. En sık kullanılanlar sigmoid, hiperbolik tanjant, ReLU (Rectified Linear Unit) olarak belirtilebilir (Lanzetta, 2018).



Şekil 1.4 En yaygın aktivasyon fonksiyonlarının grafikleri

Seyreltme: Tam bağlantılı katmanlarda belirlenen eşik değerinin altındaki nöronların devre dışında bırakılmasının model başarısını artırdığı görülmüştür. Yani zayıf veya önemsiz bilgileri unutmanın öğrenme başarısını artırmaktadır. Bu nedenle, özellikle çok sayıda nörona sahip katmanlarda seyreltmenin kullanılması, model işleme süresi ve performansı açısından faydalı olabilmektedir (Srivastava vd., 2014).



Şekil 1.5 Standart yapay sinir ağı (Sol) ve Seyreltme uygulandıktan sonra yapay sinir ağı modeli (Sağ)

Gizli katman ve nöron sayısı: Derin öğrenme metotlarını diğer yöntemlerden ayıran en önemli özellik çok sayıda katmana ve nörona sahip olmasıdır. Kurulan modeldeki katman sayısı ve nöron sayısının ne olacağı ya da nasıl belirleneceğine dair bazı yaklaşımlar geliştirilmiş olsa da literatürde henüz net kurallar oluşmamıştır (Doukim vd. 2010). Çözülme istenilen problemin yapısına göre gizli katman ve içinde barındırdığı nöron sayısının değişkenlik göstermesi bu durumunun en önemli nedenlerindendir. Bu yüzden de bu sayıların belirlenmesinde genellikle model tasarlayıcısının tecrübe ve sezileri etkili olmaktadır. Çok fazla nöron ve katman sayısı bulundurarak modelin daha detaylı kurulması daha doğru sonuçlar elde edileceği düşüncesine yol açsa da bu aynı zamanda model çözümünde problemlere de yol açmaktadır (Ataseven, 2013). Bu yüzden gizli katman ve her bir katmandaki nöron sayısının optimum sayıda belirlenmesi oldukça önemlidir.

1.3. Benzetim

Bir sistemi anlamak, analiz etmek ve açıklamak için çeşitli modelleme yaklaşımları kullanılmaktadır. İkonik ya da fiziksel modeller, bir sistemin veya yapının tüm detaylarıyla birlikte farklı ölçeklerde oluşturulduğu modellerdir. Matematiksel ya da mantıksal modeller (analitik modeller), sistemlerin veya yapıların matematiksel ifadeler, denklemler, akış diyagramları vs. yoluyla kurulduğu ve çözüldüğü modellerdir. Benzetim, ise hem bu modelleme tekniklerinden farklı hem de bünyesinde bu modellemeleri de barındırabilen ve bilgisayar teknolojisi ile birlikte sürekli gelişme kaydeden bir modelleme yaklaşımıdır. Çeşitli ve birbirinden oldukça farklı yöntemleri içermesi nedeniyle benzetim farklı şekilde tanımlamalara sahiptir. Naylor vd. (1966) benzetimi, bilgisayar üzerinde belirli matematiksel ve mantıksal modelleri içeren, gerçek zamanlı deney yapmaya olanak sağlayan sayısal bir yöntem olarak tanımlamıştır. Bir

sistemin dinamik bir modelinin, zaman içindeki performansının gözlemlenmesiyle gerçekleştirilen problem çözme tekniği şeklinde de ifade edilmektedir (Singh, 2009). Kapsamlı bir şekilde, benzetim; gerçek sistemleri, yapıları ya da süreçleri gerektiğinde zaman boyutunu da göz önüne alarak, farklı şartlar ve durumlar altında sistemin davranışını anlamak ve analiz etmek amacıyla üzerinde deney yapma imkânı sağlayacak şekilde modelleme metodudur. Karmaşık sistemlerin yapısını inceleme ve açıklama, bir sistemin çeşitli davranışları hakkında bilgi sahibi olma ve önemli olan faktörleri saptama, bu önemli faktörlerin önem dereceleri ve birbirleriyle ilişkilerini bulma, “eğer-ne” (What-if) sorularıyla çeşitli senaryoları gerçek sistemi etkilemeden test edebilme ve sistemin değişen koşullara göre davranışını öngörebilme gibi temel amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır (Alptekin, 2016). Kısaca, sanal ortamda gerçek dünyanın taklit edilmesidir (Banks, 1999).

Benzetimin diğer modelleme yaklaşımlarından farkını ortaya koyan bir takım avantajları vardır. Bu avantajlar şu şekildedir:

- *Çok hızlı, ucuz ve güvenli olması:* Bir sistem üzerinde karar vericilerin yeni bir kararı uygulamaya koymadan önce sonuçlarını elde etmesi benzetim modelleri ile mümkündür. Bu sayede yeni karardan doğabilecek olası para ve zaman maliyeti minimuma indirilebilir. Ayrıca güvenlik noktasında geri dönülemez veya hayati öneme sahip kararların uygulamaya konmadan önce sonuçlarının elde edilmesi olası tehlikeleri ortadan kaldırabilir.
- *Kapsayıcı ve kolay olması:* Analitik yöntemler çözüme ulaşmak amacıyla modeli yalınlaştırmak için varsayımlara ihtiyaç duyarken, benzetimde bu tür kısıtlamalara daha az rastlanılır. Böylelikle gerçek dünyayı daha kapsamlı bir şekilde temsil edebilir. Ayrıca anlaşılması ve uygulaması analitik yöntemlere göre daha kolaydır.
- *Doğru, güvenilir ve test edilebilir sonuçlar vermesi:* Geçerli ve güvenilir bir model gerçeğe en yakın sonuçları vermekte ve bunları test etme imkânı sağlamaktadır.
- *Herhangi bir değişikliğe kolayca model içinde yer verebilmesi, esnek olması:* Gerçek hayatta sınılanması zor hatta anlamsız görülebilen değişikliklerin bile test edilme imkânı vardır. Ayrıca sosyal bilimlerin dinamik yapısı itibarıyla ortaya çıkabilecek önceden tahmin bile edilemeyen bir değişikliği modele hızlıca yansıtma ve modeli güncel tutma olanağı sunmaktadır.

- *Çok sayıda yazılımın mevcut olması:* Özellikle son yıllarda bilgisayar teknolojisinde görülen hızlı gelişme bu alanda çalışmaya imkân veren birçok yazılımın doğmasına ve çeşitlenmesine olanak sağlamıştır. Kullanıcının ihtiyacına ve bilgi seviyesine göre yazılımlar kolaylıkla bulunmaktadır.
- *Görsel sunum ve grafik kullanma olanağı vermesi:* Çıktıları ve modelleri kıyaslama ya da daha somut şekilde sunma için çeşitli görsel olanakların olması karar vericilere önemli destekler sağlamaktadır.
- *Teknik olmayan insanlara sonuçları açıklamanın kolay olması:* Birçok bilimsel çalışmanın konu ile ilgili temel bilgisi olmayan insanlara sunumu ve açıklanması oldukça zordur. Benzetim modelleri sayesinde bilimsel bir yöntem herkes tarafından anlaşılabilir ve kullanılabilir hale gelmektedir.
- *Tasarım ve analiz için kullanılabilmesi:* Yeni bir sistemin kurulmadan önce tasarımının etkinliğini anlamak için kullanılabileceği gibi kurulu bir sistemdeki değişikliklerin analizi için de kullanılabilir bir yapıya sahiptir.
- *Analitik metotların alternatifi olması:* Analitik metotların çözemediği karmaşık problemleri çözme noktasında benzetim önemli bir alternatif yöntemdir.
- *Sınırsız büyümeye olanak sağlaması:* İçerdiği farklı metotlarla bilgisayar teknolojisinin ilerlemesine paralel olarak sürekli genişleyebilir ve güncellenebilir yapıya sahiptir.

Benzetimin az sayıda da olsa dezavantajları da bulunmaktadır. Yöntemsel farklılıklara sahip çok sayıda benzetim metodu olduğu için bu dezavantajlar tüm benzetim yaklaşımları için geçerli olarak düşünülmemelidir. Fakat en genelleştirilebilir dezavantajların başında benzetimin amacının optimizasyon değil alternatiflerin karşılaştırılması gösterilebilir. Analitik modellerin temel bilgilerle kurulabilmesine karşın benzetim modellerinin kurulmasının uzmanlık gerektirmesi de bir başka dezavantajdır. Ayrıca analitik modellerle çözülebilecek problemleri benzetim modelleri ile çözmeye kalkışmak da gereksiz zaman kaybına ve maliyete sebep olabilir.

Benzetim modelleri genel olarak; *deterministik - stokastik, statik - dinamik, sürekli - kesikli* olmak üzere üç boyutta sınıflandırılmaktadır. Rassal girdileri olmayan modeller *deterministik model*, en az bir rassal girdiye sahip modeller ise *stokastik model* olarak tanımlanır. Deterministik modeller kaç defa çalıştırıldığından bağımsız olarak sürekli aynı sonuçları üretir. Stokastik modellerin çıktıları ise rassal yani önceden tam olarak

tahmin edilemez şekildedir (Kelton vd., 2015). Gerçek hayatta benzetime konu olabilecek problemler genellikle rassal süreçler ya da değişkenler içerdiğinden çoğu benzetim modeli stokastiktir.

Benzetim modelleri zamanı modele dâhil etme durumuna göre statik ve dinamik olarak ikiye ayrılmaktadır. Statik benzetim modellerinde zaman faktörü modelde yer almamaktadır. Monte-Carlo benzetimi tipik bir statik benzetim modelidir. *Monte Carlo benzetiminde*, rastgele örnekleme ve olasılık hesapları kullanılarak modelleme yapılır. Ana amaç gerçek durumu yansıtan rassal modeller oluşturmak ve üzerinde tekrarlı denemeler yapmaktır. Bu da temelde, değişkenlerin olasılık dağılımları ile gerçekleştirilir. Dinamik benzetim modellerinde ise en önemli nokta; zaman faktörü modele dâhildir. Yani, modellenen sistem zamana göre kurulur. Zamanın her anında sistem değişmekte ve güncellenmekte, zaman ilerledikçe durum değişkenleri de değişmektedir.

Modele dâhil ettiği zamanın kesikli ya da sürekli olmasına göre dinamik benzetim modelleri farklılık göstermektedir. Zamanın sürekli olduğu durumda *sistem dinamikleri* modelleri kullanılır. Sistem dinamiklerinin temel felsefesi, bir sistemin istikrarı veya büyümesi üzerindeki etkilerini belirlemek için sistem üzerinde işleyen kuvvetleri (faktörleri) anlamaktır (Singh, 2009). Sistem dinamikleri, sistemlerin performansını artırmak için net parametreler üretmekten ziyade sistem üzerinde çeşitli senaryoların gerçekleşmesi halinde sistem analistinin ya da karar vericinin sistem durumunu ve çıktılarını tahmin etmesine yardımcı olan modellerdir. Böylece düzeltici adımlar zaman içinde atılabilir.

Modelde yer alan zamanın kesikli olduğu durumda ise *kesikli (ayrık) olay benzetimi* (*Discrete Event Simulation*) kullanılmaktadır. Kesikli olay benzetiminde sistemlerin davranış ya da durumlarındaki değişimler sadece belli anlarda izlenir. Bu modellerdeki anahtar öğeler; olaylar ve değişkenlerdir (Ross, 2013). Sistemde değişimin olduğu anlarda modeldeki olaylar belirlenir ve değişkenlerin değerleri güncellenir. Bu olaylar zaman içinde belirli aralıklarla yani kesikli noktalarda meydana geldiği için kesikli olay benzetimi adını almıştır. Kesikli olay benzetimi kuyruk (bekleme hattı) sistemleriyle yakından ilişkilidir ve genellikle bu sistemleri modellemek için kullanılmaktadır (Taha, 2000). Bilgisayarlı benzetim literatüründe çoğunlukla kesikli olay benzetimi kullanıldığı ve son yıllarda bu alan için çok sayıda yazılım geliştirildiği görülmektedir. Buradan hareketle en çok bilinen ve kullanılan benzetim metotlarından birinin kesikli olay

benzetimi olduğu anlaşılabilir. Hizmet almak için bekleyen müşteriler, iniş için havada sıraya giren uçaklar, kayar bant sisteminde işlenmek için bekleyen ürünler gibi gerçek hayatta kuyruk sisteminin konusu olan birçok durum kesikli olay benzetimi ile modellenebilir (Sezen ve Günal, 2009).

Etmen Tabanlı Benzetim (Agent-Based Simulation) ise bu benzetim metotlarına ek farklı bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.3.1. Etmen Tabanlı Benzetim

Etmen tabanlı benzetim (ya da modelleme) (ETB), etkileşimli, özerk “etmenlerden” oluşan karmaşık sistemleri modellemek için nispeten yeni bir yaklaşımdır. Türkçede etmen kavramı; “Birlikte veya ayrı ayrı etkisini gösteren ve belli bir sonuca götüren güçlerden, şartlardan, öğelerden her biri, âmil, faktör.” olarak tanımlanmaktadır (TDK Türkçe Sözlük, 2020). Birçok disiplin etmen kavramını kullanmakta ve kendi disiplini çerçevesinde farklı şekillerde ifade etmektedir. Benzetim içinde ise; belirli özellikleri, eylemleri ve olası hedefleri olan özerk birey veya nesneye etmen denir (Wilensky ve Rand, 2015). Tanımdan da anlaşılabileceği üzere, modellenmek istenen yapının özelliğine göre etmen, bir insan olabileceği gibi canlı ya da cansız bir varlık da olabilir. Dolayısıyla, kendi başına karar verebilen ve eyleme geçebilen, çevresiyle etkileşen ve etkilenen her şey model içinde etmen olarak belirlenebilir.

Etmenler genellikle basit kurallarla tanımlanan davranışlara sahiptirler ve diğer etmenlerle etkileşime girerek davranışlarını yönlendirmektedirler. Etmenlerin öznitelikleri ve davranışlarındaki değişiklikler sonucunda ortaya çıkan çeşitliliğin etkileri, sistemin bir bütün olarak davranışına yol açtığı için sistemin tamamı etmenleri tek tek modellemek suretiyle incelenebilir. Yani ETB ’de durumlar, yapılar ve davranışlar açıkça modellere programlanmış halde değil, etmen etkileşimleri ile ortaya çıkar. Kısaca, ETB, birbiriyle etkileşime giren ve birbirlerini etkileyen, deneyimlerinden öğrenen ve davranışlarını kendi çevrelerine daha iyi uyum sağlayacak şekilde adapte eden etmenlerden oluşan sosyal sistemleri modellemek için bir yol sunar (Macal ve North, 2010). Bu yüzden ki literatürde “sosyal simülasyon” kavramı da ETB için kullanılmaktadır. Basit bir ETB modeli bile karmaşık davranış örüntülerini ortaya çıkarabilme ve gerçek dünya sistemlerinin dinamikleri hakkında değerli bilgiler sunabilme yeteneğine sahiptir. Daha kompleks modeller ise içerisinde yapay sinir ağları,

evrimsel algoritmalar gibi daha başarılı öğrenme teknikleri kullanmaya olanak sağlamaktadır (Bonabeau, 2002).

1.3.1.1. Etmen tabanlı benzetimin farkları ve faydaları

Kesikli olay benzetimi ve sistem dinamikleri, çok çeşitli sistemleri modellemek ve simüle etmek için kullanılabilecek iki güçlü tekniktir. Bununla birlikte, sistemin davranışının çok sayıda varlığın etkileşiminden ortaya çıktığı, karmaşık, uyarlamalı sistemlerde, bu tekniklerin kullanılması zor olabilir (Taylor, 2014). Kesikli olay benzetimi ve sistem dinamikleri gibi diğer benzetim teknikleriyle karşılaştırıldığında etmen tabanlı benzetimin ayırt edici temel özelliği; bir popülasyondaki etmenlerin heterojenliğini modellemeye ve kendiliğinden örgütlenmenin ortaya çıkmasına olanak sağlamasıdır (Macal ve North, 2010).

En çok kullanılan benzetim metotlarından biri olan kesikli olay benzetimi (KOB) ile etmen tabanlı benzetim (ETB) arasındaki farklar odak, modelleme yaklaşımı, kontrol sistemi, varlıkların özellikleri, kuyruklar, akış ve dağılım başlıklarıyla belirtilmiş ve açıklanmıştır (Siebers vd. 2010):

- Odak: KOB modelleri süreç odaklıdır. Yani, odak; varlıkları değil, sistemi modelleme üzerinedir. ETB modelleri ise bireysel odaklıdır. Yani, odak; varlıkları ve etkileşimlerini modelleme üstüne kuruludur.
- Modelleme yaklaşımı: KOB modellerinde yukarıdan aşağıya modelleme yaklaşımı benimsenirken ETB modellerinde aşağıdan yukarıya modelleme yaklaşımı benimsenir.
- Kontrol sistemi: KOB modellerinde merkezi kontrol sistemi vardır. ETB modellerinde ise her etmenin kendi (merkezi olmayan) kontrol zinciri vardır.
- Varlıkların özellikleri: KOB içeriğindeki varlıklar pasiftirler. Sistem içinde alacakları kararlar ya da izleyeceği yollar önceden net bir şekilde belirtilir. Fakat ETB modellerinde varlıklar aktiftirler. Varlıkların kendileri bir şey yapmak için inisiyatif alabilirler. Sistem içinde kararlarını ve yollarını kendileri belirleyebilirler. Her bir varlık kendi içinde zekâ barındırmaktadır.
- Kuyruk: Kuyruklar KOB modellerinde anahtar unsur iken ETB modellerinde kuyruk kavramı yoktur.
- Akış: KOB modellerinde bir sistem, varlıkların akışı (makro davranış) şeklinde modellenmiştir. Fakat ETB modellerinde etmenlerin pasif olduğu bir akış

yoktur. Makro davranış (akış) bireysel etmenlerin mikro kararlarından ortaya çıkmaktadır.

- Dağılım: KOB modellerinde modele girilen dağılımlar genellikle toplanan ölçülen (objektif) verilere dayanmaktayken ETB modellerinde genellikle teori veya öznel verilere dayanır.

Diğer modelleme tekniklerinden farklı olarak ETB'nin faydalarını Bonabeau (2002) temel olarak üç başlıkta vurgulamıştır. Buna göre ETB; meydana gelen olgu ve olayları yansıtabilir, bir sistemin doğal bir yapısını sunabilir, daha esnek bir şekilde modellenenir.

Bir sistem veya yapı içerisinde meydana gelen olayların, bireysel varlıkların etkileşimlerinden kaynaklandığı durumlarda, olay (veya sistem), tam anlamıyla olayın (veya sistemin) parçalarına indirgenemez. Çünkü sistemin parçalarının sisteme olan katkılarının toplamı sistemin toplam çıktısından farklı olabilir, bu durumda parçaların birbirleriyle etkileşimleri sonucu sistem çıktısı (meydana gelen olay) oluşmaktadır. Örneğin, bir şeritteki araç sürücülerinin davranışları ve etkileşimleri sonucu oluşan bir trafik sıkışması, ona neden olan otomobillerin karşısındaki şeridi (sıkışıklığa sebebiyet vermeyen sürücüler) de etkiliyor olabilir. Ortaya çıkan olayların bu özelliği, onları anlama ve tahmin etmeyi zorlaştırır, çünkü ortaya çıkan olaylar mantıklı sebeplerin bir araya toplanmasıyla gelişmiş olmayabilir. İşte ETB meydana gelen böyle olayları diğer benzetim metotlarına göre daha fazla açıklama ve anlamlandırma gücüne sahiptir.

Birçok durumda, ETB, “davranışsal” varlıklardan oluşan bir sistemi tanımlamak ve simüle etmek için kullanılan en doğal metottur. Trafik sıkışıklığı, borsaların durumu, seçmenlerin davranışı veya bir organizasyonun nasıl çalıştığı anlaşılmaya çalışılıyorsa, ETB modeli gerçeğe daha yakın sonuçlar ortaya koymaktadır.

ETB'nin esnekliği ise çoklu boyutlarda gözlemlenebilir. Etmen tabanlı bir modele daha fazla etmen eklemek kolaydır. ETB ayrıca, etmenlerin karmaşıklığını yani davranışlarını, rasyonelliklerini, öğrenmelerini, evrimleşme derecelerini, etkileşim kurallarını vs. açıklamak için doğal bir çerçeve sunar. Bir başka esneklik boyutu, tanımlama ve toplama seviyelerini değiştirme kabiliyetidir. Belirli bir modelde bir arada bulunan farklı tanımlama seviyeleriyle birlikte, etmenlerin toplamı, etmenlerin alt grupları ve etmenlerin tekli durumları kolaylıkla görülebilir. Uygun tanımlama veya karmaşıklık seviyesi önceden bilinmediğinde ve bulmanın zor olduğu durumlarda ETB kullanmak uygun bir yoldur.

1.3.1.2. *Etmen tabanlı benzetimin temel bileşenleri*

Etmen tabanlı benzetim; etmenler, etmen ilişkileri ve etmenlerin çevresi olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır.

- *Etmenler:* Bir etmen, karşılaştığı durumlara tepki olarak dışarıdan (modelleyici tarafından) bir yönlendirme olmadan belirli kurallar çerçevesinde kendi başına hareket etme kabiliyetine sahiptir, yani özerk (otonom) bir yapıdadır. Buna ek olarak etmenlerin sahip olması gereken bir takım temel özellikler vardır. Bu özelliklerin başında etmenlerin bağımsız, modüler ve benzersiz bir şekilde tanımlanabilir bir birey (ya da nesne) olması gelmektedir. Ayrıca etmenlerin durumu zaman içinde değişebilir olmalıdır ve etmenler, davranışını etkileyen diğer etmenlerle dinamik etkileşime sahip yani sosyal olmalıdır (Macal ve North, 2010). Her etmen, durumunu ve çevrelerindeki değişikliklere yanıt olarak nasıl davrandığını ve belki de bir hedef doğrultusunda nasıl davranacağını tanımlayan belirli davranışları (etmen davranışını yöneten kuralları) içeren bir nitelik kümesine sahiptir. Örneğin, bir acil durum tahliyesi için geliştirilmiş ETB modelinde, insanların bir binadan nasıl çıkabileceğini anlamak üzere bireyler etmenler olarak modellenir. Amaçları “hedefledikleri çıkış kapısına ulaşmak” şeklinde belirlenen etmenlerin nitelikleri olarak; “kişilerin hareket hızları”, “binadaki yerleri”, “davranış tarzları”, “hareket etmek için kullandıkları stratejilerin karmaşıklığı” tanımlanabilir (Taylor, 2014).
- *Etmen ilişkileri:* Etmenlerin diğer etmenlerle ve çevreleriyle etkileşimi etmen ilişkilerini oluşturur. Bu, etmenler arasında doğrudan bilgi alışverişi şeklinde bir ilişki olabileceği gibi etmenlerin eylemlerinin etkilerini diğer etmenlerin algılaması biçimde dolaylı bir şekilde de olabilir (Bandini vd., 2009). Etmen ilişkileri aynı zamanda, her bir etmenin diğer etmenlerle hangi yönlerden ve ne şekilde bağlantılı olduğunu belirtir (Taylor, 2014). Etmen ilişkilerini modellerken iki temel unsur göz önüne alınmaktadır. Bunlar hangi etmenlerin hangileri ile bağlantılı olabileceği ve etkileşim (bağlantı) mekanizmasının ne şekilde olduğudur. Bu etkileşim mekanizması, genellikle etmen tabanlı modelin topolojisi veya bağlantı yapısı olarak adlandırılmaktadır. Modellenmek istenen yapıya ya da sisteme göre farklı şekillerde topolojiler söz konusudur (Macal ve North, 2010). Acil durum tahliyesi benzetimi örneğinden hareketle, insanların

tahliye anında binadan ayrılmak için birbirleriyle nasıl ve ne şekilde temasa geçtikleri etmen ilişkilerini belirtir.

- *Etmenlerin çevresi:* Etmenlerin içinde bulunduğu “dünya” etmenin çevresidir. Bu somut bir şekilde olabileceği gibi etmenlerin bulunduğu ortamı açıklayıcı kapsamda temsili yani soyut da olabilir. Çevre, etmenlerin davranışlarını etkileyebilecek veya tetikleyebilecek, bütün etmenler için geçerli (global) değişken veya yapı kümesi içermektedir. Acil durum tahliyesi benzetimi örneğinde, yangın alarmı, insanların içinde bulunduğu binanın planı (mimarisi), her bir koridorun kapasitesi vs. etmenin çevresini oluşturur (Taylor, 2014).

Bu temel bileşenlere ek, etmen tabanlı benzetimin diğer bir ögesi olarak *sistem* de sayılabilir. Sistem; etmenler, etmen ilişkileri ve etmenlerin çevresinden oluşur. Yani, diğer üç bileşenin bir araya gelmesiyle sistem meydana gelmektedir. Bir sistem, net bir şekilde belirtilmiş giriş ve çıkışlarla, açıkça tanımlanmış bir sınır içermektedir. Örneğin, acil durum tahliyesi için incelenen ve modellenen binanın tamamı içindekiler ile birlikte sistemi oluşturur (Taylor, 2014).

1.3.1.3. Etmen tabanlı benzetimin uygulama alanları

Mevcut ETB yazılım araçları ve geliştirme ortamları son yıllarda hem sayıları hem de yetenekleri açısından önemli ölçüde genişlemiş, bu da modelleme imkânlarını artırmıştır (Macal & North, 2010). Etmen tabanlı benzetim temelde bir problem çözme tekniği olduğundan hem sosyal, hem fen, hem de tıp bilimlerinde etkin şekilde kullanılmaktadır. Bu disiplinler üstü yapısı ETB’nin gücünü ortaya koymaktadır. Literatürde etmen tabanlı modelleme uygulamaları geniş bir alan ve disiplin yelpazesini kapsamaktadır. Bonabeau (2002), ETB’nin doğal uygulama alanı olarak akışlar (kalabalık, tahliye, trafik ve müşteri akışı yönetimi vs.), pazarlar (borsa, alışveriş ve strateji modellemeleri vs.), organizasyonlar (operasyonel risk ve örgütsel tasarım vs.) ve difüzyonlar (yeniliğin yayılması ve benimsenmesi dinamikleri vs.) olarak dört ana grup belirtmiştir. Açıktır ki, ETB modeli oluşturmak için problemin bir disipline aidiyeti değil problemin özellikleri ön plana çıkmaktadır. Bir problemin sahip olduğu özellikler bakımından, probleme ETB uygulanmasının verimli ve / veya gerekli olduğu durumlar Siebers vd. (2010) tarafından özetlenmiştir. Buna göre;

- Problemden amaç bir toplumdaki farklı bireylerin davranışlarını modellemek olduğunda,
- Etmenlerin diğer etmenlerle dinamik şekilde ilişkileri olduğunda, spesifik bir alan üzerindeki eylemleri önemli olduğunda, öğrenmesi ve adapte olması veya nüfusun uyum sağlaması incelendiğinde,
- Etmenler stratejik davranışlarda bulunduklarında ve kararlarını verirken diğer etmenlerin tepkilerini tahmin ettiğinde,
- İşbirliği yapan, anlaşılan veya örgüt oluşturan etmenleri modellemek önemli olduğunda,
- Geçmiş geleceğin öngörüsü olmadığında, keyfi seviyelere ölçeklendirme önemli olduğunda,
- Sürecin yapısal değişiminin modelin bir girdisinden ziyade modelin bir sonucu olması gerektiğinde ETB kullanılabilir.

1.3.2. Etmen tabanlı benzetim içeren çalışmalar

Etmen tabanlı benzetim nispeten yeni bir modelleme yöntemi olmasına karşın geniş bir kullanım alanına sahip olmasından dolayı çok sayıda çalışmada kullanılmaktadır. Bu yüzden bu bölümde etmen tabanlı benzetim literatürünün sadece bu tez çalışması ile ilgili olan kısımlarına odaklanılmıştır. Bu amaçla etmen tabanlı benzetimin bu çalışmadaki diğer temel kavramlarla kullanımına dair çalışmalar incelenmiş, açıköğretim sistemi üzerinde uygulama yapıldığı için eğitim alanında ve özelinde açıköğretim alanında kullanımına dair çalışmalar da sunulmuştur.

1.3.2.1. ETB'yi YBS/KDS içinde kullanan çalışmalar

ETB modelinin bir yönetim bilgi sistemi temelinde kullanımına dair çalışmaya literatürde rastlanmamaktadır. Fakat çalışmada geliştirilen yönetim bilgi sisteminin karar destek sistemi özelliklerini de barındırması nedeniyle, etmen tabanlı benzetimi karar destek sistemi içinde kullanan çalışmalar da incelenmiş ve genellikle başarılı bir şekilde kullanıldığı görülmüştür. Özellikle, bu minvalde yapılan çalışmaların çokluğu ve farklı alanlarda yapılmış olması konunun önemini ve bilim dünyasındaki yerini gözler önüne sermektedir.

Wagner ve Agrawal (2014) tarafından yapılan çalışmada, bir konser alanı için yangın durumunda kalabalığın tahliyesini simüle etmek amacıyla etmen tabanlı modelleme kullanan bir bilgisayar benzetimi ve karar destek sistemi prototipi sunulmaktadır. Bu amaçla, Netlogo ve Java programlama dillerinin bir karışımını kullanmışlardır. Kişilerin bir yangın anındaki davranışları ve yangının dinamikleri modellenmiş, görsel olarak desteklenen bir etmen tabanlı benzetim temelli karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Çalışmada, gelecek çalışmalar içinde önemli önerilerde bulunmaktadır.

Sweda ve Klabjan (2012) elektrikli araç şarj altyapısının yayılımı için etmen tabanlı bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Bu amaçla, bir bölgedeki elektrikli araç sahiplerini ve sürüş aktivitelerini tanımlayarak, yeni şarj altyapısının şartlara uygun şekilde yayılımını simüle edebilmek için bir model sunmuşlardır. Etmenleri modelleyen ve aralarındaki ilişkileri gösteren yapıyı anlaşılır bir şekilde formüle etmiş ve açıklamışlardır. Çalışmayı Repast programında yapmışlardır. Çalışmanın sonuçları grafikler ile kıyaslanarak belirgin halde gösterilmiştir. İzlediği yöntem bakımından ETB temelli karar destek sistemleri için yol gösterici bir çalışma niteliğine sahiptir.

Siddiqa vd. (2009) çalışmalarında, daha iyi tahmin ve öneri için, meme kanseri analizinde kullanılmak üzere geleneksel karar destek sistemlerini etmen tabanlı modellerle birleştiren hibrit bir karar destek sistemi sunmuşlardır. Hasta kayıtlarından elde edilen verilere göre modelleme yapılmış ve buna göre tümör büyümesi ve tedavisi için ETB tekniği kullanılmıştır. Netlogo programı ile benzetim modeli kurulmuş, özellikle veri toplama ve düzenleme kısımları detaylı bir şekilde sunulmuştur. Test ettiği ve eriştiği sonuçlarla birlikte değerlendirildiğinde, özellikle tıp biliminin diğer alanlarında da benzer şekilde karar destek sistemi oluşturmak için rehber niteliğinde önemli bir çalışma olarak görülmektedir.

Bu çalışmalara ek olarak literatürde, engelli bireylerin acil tahliyesini için (Manley ve Kim 2012), hastane acil servisleri için (Taboada vd. 2011), acil tahliye durumunda mobil tabanlı bir sistemi değerlendirmek için (Tian vd. 2014) ve e-ticaret mimarisi için (Sperka ve Slaninova 2012) geliştirdikleri etmen tabanlı benzetimin karar destek sistemi içinde kullanıldığı çalışmalar da dikkat çekmektedir.

1.3.2.2. ETB ile yapay zekâ tekniklerini kullanan çalışmalar

Günümüzde yapay zekâ tekniklerinin birçok farklı yöntemle bir arada kullanımı buna imkân veren teknolojilerin gelişmesiyle beraber artmaktadır. Bu sayede geleneksel metotlara ek olarak yeni yöntem ve yaklaşımlar geliştirilmekte, çözümü zor olarak tanımlanan birçok soru ve soruna çözümler üretilebilmektedir. Bu anlamda yapay zekâ tekniklerinden en çok fayda sağlayabilecek yöntemlerden biri de etmen tabanlı benzetim modelleri olarak düşünülebilir. Yapay zekâ daha önce açıklandığı üzere içinde çok sayıda yöntem barındıran bir kavram olduğundan dolayı burada yapay zekâ teknikleri olarak daha çok makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri üzerinden bir araştırma yapılmış ve bu yöntemlerin etmen tabanlı benzetim ile bir arada kullanıldığı çalışmalar incelenmiştir. Bulunan çalışmaların tamamının son on beş yılda hatta büyük çoğunluğunun son üç yılda yapıldığı görülmüştür. Bu da etmen tabanlı benzetim ile yapay zekâ tekniklerinin bir arada kullanımının nispeten yeni olduğunun ve bilim dünyasında popülaritesinin arttığını göstermektedir. Birçok farklı alanda uygulama yapılmış olmasına karşın eğitim ve özellikle açıköğretim alanında ETB ve yapay zekâ metotlarının bir arada kullanımına rastlanılmamıştır.

Rand (2006) tarafından yayınlanan ve bu alandaki ilklerden olan çalışmada makine öğrenmesi ile ETB modellerinin entegrasyonu tartışılmış ve El Farol bar problemi üzerinden uygulama yapılmıştır. Makine öğrenmesi tekniklerinin ETB modelleriyle nasıl kullanılacağına dair açıklamaların yer aldığı çalışmada genel olarak bu konuda temel bir çerçeve sunulmaktadır.

Bone ve Dragicevic (2010) orman yönetimi araştırmalarında mekânsal optimizasyon ve ETB yaklaşımlarının bir arada kullanılması durumunda ortaya çıkan sorunların çözümü için bir yöntem önermişlerdir. Buna göre makine öğrenmesi yöntemlerinden pekiştirmeli öğrenmeyi ETB modeline entegre ederek optimal orman hasadı stratejilerine ulaşmayı hedeflemişlerdir. Geliştirdikleri yöntem ve çalışmada izledikleri yol ile hem orman yönetimi araştırmalarına katkı sağlamış hem de ETB ile makine öğrenmesinin entegrasyonu noktasında araştırmacılara örnek teşkil etmişlerdir.

Shukla vd. (2013) bir üniversite kampüsü ulaşım ağında yolcuların seyahat biçimi seçimlerinin etkilerini tespit edebilmek için hibrit bir ETB modeli geliştirmiş ve bir metodoloji sunmuşlardır. Önerilen metodoloji içinde etmenlere etkinlik listeleri ve seyahat biçimi seçenekleri atama aşamalarında makine öğrenmesi yöntemi kullanılmış ve

bu yolla geliştirilen modelin yapıyı açıklama ve anlama noktasında başarılı olduğu vurgulanmıştır.

Pereda vd. (2017) çalışmalarında, karmaşık ETB modellerinin analizinde faydalı olabilecek makine öğrenmesi gibi alanlara ait bazı temel kavramlara kısa ve öz bir giriş sağlamışlardır. Özellikle etmenlerin komplike davranışlarını anlama ve açıklama için makine öğrenmesinden yararlanılabileceğini ifade eden çalışmada ayrıca makine öğrenmesinin tam olarak keşfedilmesi zor olan birçok parametreye sahip karmaşık modellerin anlaşılmasına yardımcı olabileceği de açıklanmıştır. Uygulama içermeyen bu çalışma genel olarak makine öğrenmesi ve ETB'nin bir arada kullanımına ilişkin rehber niteliği taşımaktadır.

ETB modellerini gerçek veriler ile verimli bir şekilde kurmanın zorluğuna çözüm arayan Lamperti vd. (2018), makine öğrenimi ile akıllı yinelemeli örneklemeyi birleştirerek, model parametrelerinin belirlenmesi ve ETB modelleri içinde kullanımı için bir yaklaşım sunmuşlardır. Önerilen yaklaşıma göre, sınırlı sayıda ETB tahminini kullanılarak bir vekil meta-modeli "öğrenilmekte" ve ETB girdileri (başlangıç koşulları ve parametreleri) ile çıktıları arasındaki doğrusal olmayan ilişkiye erişilmeye çalışılmaktadır. Sonuçlar göstermektedir ki, yinelemeli öğrenme prosedürü kullanılarak elde edilen makine öğrenimi yaklaşımı, gerçek modeli oldukça doğru bir şekilde temsil etmekte ve çok sayıda parametrelerin belirlenmesi ve model içinde kullanılması için gerekli hesaplama süresini önemli ölçüde azaltmaktadır.

Trafik verilerini doğrudan gerçek dünyadan elde etmenin önemli ölçüde zor olduğuna vurgu yapan Jang vd. (2018) bu durumun üstesinden gelmek için makine öğrenmesine dayalı bir yaklaşım önermişlerdir. Buna göre derin pekiştirmeli öğrenmeyi bir trafik benzetim modeline entegre ederek trafik simülasyonu modellemesi için bir yöntemi sunmuşlardır. AnyLogic yazılımında benzetim modeli kurulmuş ve çok etmenli pekiştirmeli öğrenmenin modele entegre edilmesi ile gerçek dünyanın daha etkin bir şekilde simüle edilebileceğini ifade etmişlerdir.

Batata vd. (2018) akıllı-hasta kabul politikası için karma bir makine öğrenimi ve ETB modeli önermişlerdir. Çalışmada makine öğrenme yöntemlerinden yapay sinir ağları ile tahminleme yapılarak akıllı bir sistem oluşturulmuş ve bunun ETB ile etkinliği sınanmıştır. Önerilen yöntemin başarılı sonuçlara eriştiği ve hasta kabulü için karar vermeye yardımcı araç olarak kullanıldığında istenmeyen hastaneye yatışlarda önemli bir azalmaya yol açtığı savunulmaktadır.

Kavak vd. (2018) ampirik olarak ETB modelleri geliştirmede kullanılabilecek büyük ölçekli davranışsal verilerin son zamanlarda çoğalmasına rağmen literatürde bu alanda eksiklik olduğunu ifade etmiş ve etmen davranış kuralları oluşturmak, etmen öznitelik değerlerini belirlemek için bireysel düzeyde verilere odaklanan etmen tabanlı bir modelleme yaklaşımı sunmuşlardır. Bu yaklaşımda etmenler düzeyinde büyük veri ve makine öğrenmesi tekniklerini entegre eden bir yöntem izlemişlerdir. Bu yöntemi bir örnek üzerinde uygulamış ve milyonlarca sayıda coğrafi etiketli twitter iletilerini kullanarak bir kentsel hareketlilik benzetimi sunmuşlardır. Çalışma bu türde yapılabilecek benzetimler için bir yol haritası sunmaktadır. ETB modellerinin büyük veri ve makine öğrenimi ile entegrasyonu ile ilgili çok sayıda çalışma yapılabileceği ve bunun alan için bir ihtiyaç olduğu da çalışmada vurgulanmıştır.

Van der Hoog (2019) çalışmasında bir sorunu çok katmanlı yapay sinir ağılarını (derin ağıları) kullanarak çözebilecek bir yapıyı açıklamaktadır. Teorik olarak ele alınan çalışmada özellikle ekonomi alanında bu bağlamda kullanımlarda eksiklik olduğunu belirtmiş, etmenlerin davranış kurallarındaki farklı karmaşıklık derecelerinin bireysel ve makroekonomik performansları nasıl etkileyebileceği tartışılmıştır.

Angione vd. (2020) birden çok makine öğrenme yönteminin ETB modelleri ile performansını değerlendirmişlerdir. ETB modelleri içinde yer alan kompleks ve doğrusal olmayan ilişkilerin analizinde en uygun yaklaşımları belirlemek amacıyla birden fazla makine öğrenme yöntemini karşılaştırmışlardır. Çoğu senaryoda yapay sinir ağılarının ve destek vektör makinelerinin, daha iyi performans gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır. Yapay sinir ağılarının yüksek sayıda model çalıştırma durumunda daha doğru sonuçlar üretmesine karşın, eğitim süresi açasından diğer yöntemlerden önemli ölçüde daha uzun olduğu görölmüştür.

Fuller vd. (2020) “bekleme hattı (ağ) sistemleri için öğrenen ETB” başlıklı çalışmalarında, etmenlerin etkileşimlerine ait kuralların tanımlaması için makine öğrenmesi yöntemlerinden olan pekiştirmeli öğrenmenin ETB modeli içindeki uygulamasını sunmaktadırlar. Bunu da bir bekleme hattı sistemi üzerinden açıklamaktadırlar. Bu yöntemle elde edilen sonuçları klasik yöntemlerle elde edilen sonuçlar ile karşılaştırdıklarında, öğrenen ETB modelinin daha verimli bir yapı sunduğunu ifade etmişlerdir.

Polyzos vd. (2020) çalışmalarında İngiltere’nin Avrupa Birliği’nden ayrılmasının (Brexit) mutluluk maliyetini değerlendirmek için makine öğrenmesi yöntemlerini de

içeren bir ETB modeli geliştirmişlerdir. Naive-Bayes yöntemi ile nüfusun mutluluk tercihlerini çıkaran ve bunu her hanenin dinamik mutluluk fonksiyonlarını üretmek amacıyla bir yapay sinir ağına aktaran iki aşamalı bir makine öğrenmesi uygulamışlardır. Birden fazla makine öğrenmesi yönteminin ETB modeli içinde düzenli kullanımı noktasında dikkat çeken bu çalışma detaylı bir şekilde sunduğu sonuçları itibariyle de önemli bir noktada yer almaktadır.

1.3.2.3. Eğitim alanında ETB içeren çalışmalar

Eğitim alanında öğrenci odaklı ETB metodunu kullanılan çalışmaların sayısının literatürdeki diğer birçok alana nispeten daha az sayıda olduğu görülmektedir. Bunun başlıca nedenleri olarak, eğitim sistemin kompleks yapısı ve veri bulma zorluğu gösterilebilir. Ayrıca bu alandaki çalışmalarda genellikle eğitimin çok spesifik bir alanına yada dar bir bölgeye odaklanıldığı görülmüştür.

Ivashkin ve Nazoikin (2009) tarafından yapılan çalışmada bir öğrenci grubu, öğrenme süreci açısından simüle edilmiştir. Bunun için öğrencilerin davranış süreci ve süreç içindeki durumlar (derse girme, girmeme vs.) tanımlanmıştır. Ayrıca etmenlerin durum ve karakterlerine bağlı olarak davranış dinamikleri açıklanmış ve model buna göre kurulmuştur. Modelleme için Simplex3 programının kullanıldığı çalışmada öğrenci davranışları ve süreçler başarılı bir şekilde modellenmiş ve algoritma diyagram yardımıyla anlaşılır bir şekilde açıklanmıştır.

Robledo (2013) tez çalışmasında, öğrencilerin üniversite ve bölüm seçimini, bunlara kayıt ve devam sürecini temsil eden, sistem dinamikleri, ayrık olay benzetimi ve etmen tabanlı benzetimden oluşan, hibrit bir benzetim modeli kurmuştur. Böylelikle üniversiteye kaynak ayırma, planlama yapma, sürdürülebilir olma noktasında yardımcı olacak bir sistem sunulmuştur. Anylogic programının kullanıldığı çalışmada literatürde eğitim alanında benzetim içeren çalışmalar da detaylı bir şekilde açıklanmaktadır. Çalışmanın sonuçları emsal niteliğinde oldukça açık ve anlaşılır bir şekilde açıklanmıştır.

Gu ve Blackmore (2015) yükseköğretim alanındaki etmen tabanlı benzetim uygulamalarının literatürünü sistematik bir şekilde incelemişlerdir. Konu ile ilgili 35 makale değerlendirilmiş ve altı ana alanda kategorileştirilmiştir. Bunlar üniversite sistemi, üniversite işbirliği, akademik aktiviteler, uygulama ve kayıt, öğrenci performansı, öğretim ve öğrenmedir. Ayrıca bu alanda yapılan çalışma sayısının giderek arttığını, fakat çoğu çalışmanın geçerlilik noktasında eksikleri olduğunu

vurgulamışlardır. Doğru ve gelişmiş veri setleri kullanarak geçerlilik konusunda daha iyi çalışmalar yapılmasını önermişlerdir. Aynı zamanda bu alandaki gelecek çalışmalar için de değerli öneriler sunmaktadırlar.

García-Magarino vd. (2017) öğrencilerin psikolojik profillerini dikkate alarak aralarındaki ilişkiyi (sosyogramı) ETB ile bulmaya çalışmışlardır. Çalışmada etmenler, diğer çalışmalara örnek olacak şekilde tanımlanmaktadır. Algoritma diyagramı anlaşılabilir bir şekilde sunulmuş, sonuç kısmı alanla ilgililer için detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Ingram ve Brooks (2017) tarafından yapılan çalışmada bir sınıf ortamında bulunan öğrenci ve öğretmenler simüle edilerek eğitim süreci açıklanmaya çalışılmıştır. Veri, gözlem ve anket yoluyla toplanıp, temel bileşenler analizi ile faktör sayısı azaltılmış ve kümeleme ile öğrenci grupları tanımlanmıştır. Kuralları oluşturmak için geçiş matrislerinden yararlanıldığı çalışmada Netlogo programı kullanılmıştır. Faydalı bir literatür taraması içeren çalışmada, öğrenci davranışları üzerine önemli referanslar yer almaktadır. Ayrıca öğrenci davranışları ve formülleştirme süreci detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Öte yandan çalışmada Netlogo ekran görüntüsünün paylaşımı modelin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

Seman vd. (2018) bir eğitim modelini (PBL sınıf modeli), ETB ile modelleyerek, etkinliğini, senaryolar vasıtasıyla faydalarını ve farklılıklarını bulmayı amaçlamışlardır. Önerilen benzetim modelinin öğrencilerin öğrenim oranları arasındaki farklılığı anlamaya yardımcı olup olmadığı çalışmanın araştırma sorusu olarak belirlenmiştir. Metodoloji olarak öğrenciler ile PBL arasındaki nedensel ilişkinin keşfi için kısmi en küçük kareler modelleri kullanılmıştır. Veriler anket yoluyla öğrencilerden toplanmış ve hipotezler ile sınanarak anlamlı bulunanlar, kısmi en küçük kareler modelleri ile formüle edilip, benzetime dâhil edilmiştir. Netlogo programının kullanıldığı çalışmada geçerlilik sınaması yapılmış ve yüksek seviyede kendine güven, kendini kanıtlama ve işbirliğinin daha iyi öğrenme sağladığı sonucuna varılmıştır.

Rojas vd. (2018) Kolombiya'da üniversite öğrencilerinin okulu bırakma durumunu geleneksel metotların yerine ETB ile analiz etmişlerdir. Çalışmada okulu bırakma süreci açıklanırken geçmiş çalışmalardan ve teorilerden detaylı bir şekilde yararlanılmıştır. Metot olarak lojistik regresyon temelli ETB modeli kullanılmış ve çalışma Netlogo programında yürütülmüştür. Etmenler için akademik, kişisel, sosyo-ekonomik ve kurumsal üst başlıklar altında bölüm, yaş, cinsiyet, sosyal sınıf, öğrenci tipi, doğum yeri

üniversite giriş puanı ve giriş yılı alt verileri kullanılmıştır. Modeldeki öğrenci davranışlarına referanslar gösterilerek, formüller üretilmiş ve örnek teşkil edebilecek şekilde sunulmuştur.

1.3.2.3.1. Açıköğretim alanında ETB kullanımı

Literatürde bir açıköğretim sistemini modellemek için ETB kullanan çalışmaya rastlanılmamış fakat teorik olarak yapılan bir çalışmada Sellami (2013) “etmen tabanlı modelleme açık eğitim kaynaklarını temsil edebilir mi?” sorusuna cevap aramıştır. Bu amaçla, açık eğitim kaynakları ve etmen tabanlı benzetim kavramlarını açıklamış, etmen tabanlı benzetim felsefesi doğrultusunda konuyu teorik çerçevede tartışmıştır. Bu hedef doğrultusunda literatürde yer alan sekiz soruluk etmen tabanlı benzetime uygunluk sorularına açık eğitim kaynakları açısından cevap verilmiş, fakat (deneysel olmayan bu çalışmada) bir benzetim modeli kurulmamıştır. Sonuç olarak, açık eğitim kaynakları için etmen tabanlı modellemenin kullanılabileceği çıkarımı yapılmış ve gelecek adımda bunun uygulanabileceği ifade edilmiştir.

Açıköğretim sistemiyle benzer yönleri olan “uzaktan ve çevirim içi eğitim” alanında ETB kullanımını içeren çalışma Prakash vd. (2018) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada “Büyük Açık Çevrimiçi Kurs (MOOC)” sisteminin ana sorunlarından biri olan yükseköğrenimini tamamlamadan okulu bırakan öğrenci (dropout) durumunu analiz etmek ve çözmek için ETB kullanılmıştır. Öğrenci aktivitelerini çözümlmek için “(ortak çalışmaya dayalı) işbirlikçi öğrenme çerçeveleri” oluşturulmuş ve etmenlerin karar sürecinde karar ağaçlarından yararlanılmıştır. Oldukça karmaşık olan yapı Netlogo programı kullanılarak oluşturulmuştur. “Eğer-ne” (What-if) sorularıyla senaryolara da yer verilen çalışmada, yükseköğrenimini yarıda bırakmayı azaltma noktasında önemli faktörler bulunmuştur.

İKİNCİ BÖLÜM

2. VERİ VE ANALİZ

Bir benzetim modelinde çeşitli girdiler ve bir süreç sonucunda elde edilen çıktılar yer almaktadır. Bu girdi ve çıktılar modelin verileri olarak ifade edilmektedir. Model kurulmadan önce verilerin doğru şekilde belirlenmesi, toplanması ve benzetim modeli için gerekli olan kural ve çıkarımların elde edilmesi amacıyla analiz edilmesi bir benzetim modeli için önemli bir aşamadır. Bu nedenle ikinci bölümde yönetim bilgi sistemi olarak geliştirilen etmen tabanlı benzetim modelinde yer alan verilerin toplanması, birleştirilmesi ve analiz edilmesi aşamaları açıklanmaktadır.

Bu bölüm, *veri* ve *analiz* olmak üzere başlıca iki alt başlıktan meydana gelmektedir. Veri alt başlığında; anket hazırlama ve uygulama süreci, anket ve veri tabanlarından elde edilen verilerin tanıtılması, bir araya getirilmesi, uygulanan veri ön işleme aşamaları ve nihayetinde uygun veri ambarının oluşturulma süreçleri açıklanmaktadır. Analiz alt başlığında ise öncelikle elde edilen verilere ait tanımlayıcı istatistikler sunulmakta, sonrasında ise benzetim modeline dâhil edilecek kural ve çıkarımları elde etme amacıyla kullanılan istatistiksel analizler, yapay zekâ yöntemlerine ait modeller ve sonuçları sunulmaktadır.

2.1. Veri

Etmen tabanlı benzetim içinde bireylerin davranışını modellemek amacıyla kullanılan en temel yaklaşımlar elde edilen verileri kullanmak ve anket yoluyla veri toplamaktır (Twomey ve Codman, 2002). Bu bağlamda, benzetim modeline veri sağlamak amacıyla öğrencilere bir anket yapılmış ve açıköğretim veri tabanlarından yararlanılmıştır. Fazla sayıda katılımcıya ulaşabilmek adına anket formu oldukça kısa tutulmuş, öğrencilere ait birçok demografik özellik ile başarı durumlarına veri tabanlarından ulaşılmış ve anketlerle eşleştirilmiştir. Bu anlamda “anket” yerine “öğrenciden veri toplama aracı” tabirinin kullanılması ulaşmak istenen hedef doğrultusunda daha anlamlı olmaktadır. Çünkü asıl amaç, kurulan etmen tabanlı benzetim modeli için öğrencileri tanımlamaya yetecek “temel etmen özelliklerini” elde etmektir. Bu veriler, veri tabanlarından elde edilecek (aynı öğrencilere ait) diğer veriler ile birleştikten sonra anlamlı bir bütün oluşturmaktadır. Bu nedenle ankete veri tabanında yer almayan bazı ek verilerin toplanma süreci olarak bakılabilir. Fakat kavram

kargaşasına engel olmak adına her ne kadar geleneksel anket düzeninden farklı şekilde geliştirilse de çalışmada kullanılan öğrencilerden veri toplama aracı sonraki bölümlerde anket adıyla yer almaktadır.

2.1.1. Anket

Açık ve uzaktan öğrenimde yer alan öğrencilerin karakteristik özelliklerinin, başarıları üzerinde etkili olan temel faktörlerin belirlenmesi ve hangi durumlarda nasıl reaksiyon göstereceklerinin saptanması kurulan benzetim modeli için gerekli ve önemli verilerdir. Çünkü model içinde geliştirilen her bir etmen, bir öğrencinin karakteristik yapısına sahip olmakta ve o öğrenci gibi davranmaktadır. Fakat bu veriler açıköğretim sisteminde yer alan öğrenciler için herhangi bir veri tabanında yer almamakta ve tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle bizzat öğrencilere sorarak bu verileri elde etme tek ve en sağlıklı yoldur. Bu yüzden anket formunda bu verileri öğrencilere sorarak elde etmek hedeflenmiştir.

Anket formu hazırlanırken literatürdeki örnekler incelenmiş ve literatürde kendine yer bulan “açık ve uzaktan eğitimde sistemin ve öğrencilerin karşılaştığı zorluklar ve çözüm yolları” ile ilgili çalışmalar temel alınmıştır. Ayrıca, açıköğretim sistemine kayıtlı öğrencilerle pilot çalışma yapılmış ve uzman görüşü de alınarak anket formuna son hali verilmiştir. Toplam 2 sayfadan oluşan anket formu Ek-1’de sunulmuştur.

Anket, dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde gelir düzeyi ve öğrenim motivasyonu ile ilgili toplam iki soru yer almaktadır. Gelir düzeyi belirlenirken TÜİK tarafından gelir verisi olarak kullanılan “yüzde 20’lik gruplar itibarıyla yıllık eşdeğer hane halkı kullanılabilir fert geliri” (Gelir ve Yaşam Koşulları Araştırması, 2019) temel alınmıştır. Yıllık gelir verisi aylık değere çevrilip bulunan değerlerin ortalama olarak yer alacağı şekilde sınıf aralıkları belirlenmiştir. Bu sınıflara ek olarak daha yüksek gelir grubu için ucu açık bir sınıf da eklenmiştir. Buna göre “kişisel aylık geliriniz” sorusu altı seçenekle ankette yer almıştır. Birinci bölümde yer alan bir diğer soru öğrenim motivasyonu ile ilgilidir. Bu soruda, Aydın vd. (2019) tarafından yapılan ve açıköğretim sisteminden ayrılma/ara verme nedenlerinin araştırıldığı çalışma temel alınmış ve o çalışma için düzenlenen ankette yer aldığı şekliyle açıköğretim sistemini tercih nedenleri 11 seçenekli ve çoklu seçime imkân verecek şekilde sorulmuştur.

İkinci bölüm öğrencilerin karakteristik özelliklerini keşfetme üzerine kurulmuştur. Bu nedenle, bu bölümde Gosling vd.(2003) tarafından geliştirilmiş ve Atak (2013)

tarafından Türkçe'ye uyarlanmış on maddelik-beş faktör kişilik ölçeğine ait sorular bulunmaktadır. Gosling vd.(2003), algılanan farklı kişilik özelliklerinin çeşitli kültürlerin günlük yaşamlarındaki söylemlerine yansıtacağı ve bireysel farklılıkların dilde farklı sözcükler halinde kodlanacağı görüşü temelinde beş faktör kişilik yaklaşımı geliştirilmiştir. Dışadönüklük, yumuşak başlılık, sorumluluk, duygusal dengelilik ve deneyime açıklık olmak üzere beş alt boyuttan oluşan beş faktör kişilik ölçeğinin kısaltılması ve sadece on madde ile açıklanması amaçlanmıştır. Oluşturulan kısa ölçekte her bir maddede benzer anlama gelen iki sıfat bulunmaktadır. Ölçek maddeleri, yedi derecelmeli likert tipinde yanıtlanmaktadır. Beş faktör kişilik ölçeğinin uzun versiyonları ile on maddeden oluşan versiyonu analiz edilip sonuçları kıyaslandığında oldukça yüksek güvenirlik ve geçerlilik düzeyine ulaşıldığı ve kısa formun bir alternatif olarak kullanılabileceği önerilmiştir. Atak (2013) ise bu ölçeğin Türkçe versiyonunu türetmiş ve test etmiştir. Buna göre ölçeğin Türk kültüründe de geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğu ortaya çıkmıştır. Ölçeğin, kişiliği ölçmek için kullanılabileceği ayrıca hem disiplinler arası hem de kültürlerarası araştırmalarda da kullanılabilmeye olanak sağladığı belirtilmiştir. Neticede, bu ölçekte yer alan yedili likert şeklindeki 10 soruya anketin bu bölümünde yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde öğrencilerin başarılarını etkileyen faktörlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Daha kapsamlı bir şekilde bu bölümde hedeflenen; öğrencilerin sistem içerisindeki başarılarını artırmak ve sistemin devamlılığını sağlamak için üniversitenin uygulayabileceği stratejilerin, öğrencilerin başarı durumları üzerinde nasıl etki göstereceğini ölçümlemektir. Bu anlamda açık ve uzaktan öğretimde öğrencilerin başarılı ve/veya başarısız olmaları üzerinde etkili olan faktörler ile ilgili literatür taranmış ve çok sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Fakat bu alanda birçok çalışmayı inceleyen ve açık ve uzaktan öğretim için geçerli sayılabilecek sonuçlara erişen Lee ve Choi (2011)'nin çalışması ve Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Sistemi üzerinde öğrencilerin sistemden ayrılma sebeplerini inceleyen Aydın vd. (2019)'nin çalışmaları temel alınarak bu bölüm soruları hazırlanmıştır. Lee ve Choi (2011), çevrimiçi eğitim alan öğrencilerin sistemden ayrılma kararlarını etkileyen, son 10 yılda yayınlanan çevrimiçi eğitimde öğrencilerin sistemden ayrılma nedenlerine ilişkin çalışmaları ele alınmıştır. Bu çalışmada, öğrencilerin sistemden ayrılma kararlarını etkileyen 69 faktör belirlemiş ve bunlar toplam dokuz alt başlıkta özetlenmiştir. Bunları öğrenci kaynaklı faktörler, ders/program kaynaklı faktörler ve çevresel faktörler olarak üç ana kategoriye ayırmışlardır. Daha sonra

bu faktörlerden için önerilen stratejileri incelemişlerdir. Her öğrencinin zorluklarını ve potansiyelini anlamak, kaliteli kurs faaliyetleri ve iyi yapılandırılmış destekler sağlamak, çevresel sorunları ve duygusal zorlukları ele almak başlıklarında üç temel strateji belirlemişlerdir. Bu stratejiler ışığında çeşitli önerilerde bulunmuşlardır. Bu çalışmayla örtüşen şekilde sonuçlar elde eden ve sistemden ayrılan öğrencilerle anket yaparak sistemden ayrılma nedenleri inceleyen Aydın vd. (2019) ise kişisel, çevresel ve sistemle alakalı olarak başlıca üç grupta öğrencilerin sistemden ayrılma nedenlerini açıklamışlardır. Üçüncü bölümde bu iki çalışmada yer alan başlıklara ilişkin 12 soru yer almaktadır. Bu sorular alaka düzeyleri göz önüne alınarak üçlü gruplar halinde 4 grupta sorulmuş ve her bir grupta yer alan ifadeleri “1’den 3’e doğru sıralayınız” şeklinde biçimlendirilmiştir. Çünkü bu nedenlerin hepsi literatürde yer alan ve öğrencilerin başarıları üzerinde etkili olan faktörlerdir. Bu nedenle hangi faktörlerin hangi öğrenciler için daha önemli olduğu saptanmak istendiğinden, soru sıralama sorusu şeklinde yer almaktadır.

Dördüncü ve son bölümde ise benzetim modeliyle test edilebilecek, kişilerin olası makro senaryolarda vereceği tepki durumlarının tespiti amaçlanmaktadır. Yani, üçüncü bölümde sistem içinde meydana gelebilecek değişiklikler ile ilgili sorular yer alırken, bu bölümde açıköğretim sistemi dışında meydana gelen değişikliklerin olası etkileri ile ilgili sorular yer almaktadır. Özetle, sistem dışı gelişen ve sistemi etkileme gücüne sahip olan durumların, öğrencilerin başarı durumları üzerindeki etkileri ölçülmek istenmektedir. Bu bölümdeki sorular açıköğretim sistemine kayıtlı öğrencilerle ön görüşmeler yapılarak türetilmiştir. Bireysel ve ülkesel ekonomik durumdaki değişimler, örgün ve açıköğretim sistemindeki öğrenci ve mezun sayılarındaki değişimler, çevrimiçi eğitim gibi teknolojik değişiklikler ve örgün öğretim imkânları ve harç miktarı gibi sistemle ilgili değişikliklerin yer aldığı 10 soru yer almaktadır. Bu değişikliklerin kişilerin başarı durumunu nasıl etkileyeceği “çok olumsuz etkiler”, “olumsuz etkiler”, “etkilemez”, “olumlu etkiler”, “çok olumlu etkiler” şeklinde beşli likert biçiminde sorulmuştur.

Hazırlanan anket formu Anadolu Üniversitesi’nden gerekli izinler alınarak, üniversitenin öğrenci bilgi sistemi üzerinden bilgisayar aracılığıyla yayınlanmış ve gönüllü katılım esasına göre cevaplandırılmıştır. Araştırmanın evreni, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Sistemi’nde 2019-2020 eğitim-öğretim döneminde öğrenim gören öğrencilerdir. Ocak – Haziran 2020 arası altı aylık süre boyunca yayında kalan anket formunu toplam 46.539 öğrenci cevaplamış, cevaplarda eksiklik bulunan ya da

hatalı kodlama yapılan anketler kapsam dışına çıkarılarak kalan 41.655 anket forumuyla çalışma yürütülmüştür. Öğrencilerin kimlik bilgileri gizli tutularak anket verilerinin yer aldığı anket veri tabanı oluşturulmuştur.

2.1.2. Veri Tabanları

Anket formunda yer almayan fakat etmen tabanlı benzetimde oluşturulacak etmenleri tanımlamada büyük öneme sahip verilerden olan öğrencilerin demografik özellikleri ve not bilgilerine dair veriler Anadolu Üniversitesi'nden gerekli izinler alınarak açıköğretim sistemi veri tabanlarından edinilmiştir. Yalnızca ankete katılım gösteren öğrencilerin, benzetim modeli için gerekli görülen bilgileri öğrencilerin kimlik bilgileri gizli tutularak bir veri tabanına aktarılmıştır. Bu veri tabanı öğrencilerin anket verilerinin yer aldığı anket veri tabanı ile birleştirilmiş ve eşleştirilmiştir. Böylelikle istenilen ve üzerinde analiz yapmaya olanak sağlayan veri ambarı elde edilmiştir.

Benzetim içinde yer alan bir etmeni tanımlamak için gerekli görülen asgari değişkenler olarak; uyruk, cinsiyet, fakülte, engel durumu, yaş, öğrenim düzeyi, fakülte giriş türü verileri ile öğrencinin genel not ortalaması ve önceki dönemlerdeki not ortalamaları alınmıştır. Bu değişkenleri seçilmesindeki ana neden, veri tabanında bu değişkenlere ait verilerin tamamının eksiksiz şekilde yer almasıdır. Ayrıca bu değişkenler ana kütlenin sahip olduğu temel ve büyük değişken grupları olarak değerlendirilebilir. Çalışmada, benzetim modeli içinde meydana gelen değişikliklerin ya da senaryoların bu her bir temel ve büyük değişken grupları özelinde nasıl etki gösterdiği de izlenmek istenmektedir. Örneğin sistemde meydana gelecek bir strateji değişikliğinin yabancı uyruklu ya da Türkiye Cumhuriyeti vatandaşı olan öğrencileri, kadın ya da erkek öğrencileri, farklı fakültede okuyan öğrencileri, engelli ya da engelsiz öğrencileri vs. nasıl etkilediği gözlemlenebilir olmalıdır. Öte yandan çalışmada kullanılan analiz metotları için optimum sayıda çeşitliliğe sahip değişkenlerin kullanılması doğru ve güvenilir sonuçlar elde etmek adına önemlidir. Çok fazla çeşitliliğe (alt gruba) sahip değişkenlerin kullanılması da az sayıda çeşitliliğe (alt gruba) sahip olan çok sayıda değişken kullanılması da benzetim modelinin çalışma performansını ve süresini olumsuz şekilde etkileyebilir. Değişkenler arasında belki de en dikkat çekici nokta öğrencilerin hem genel not ortalamalarının hem de geçmiş dönem not ortalamalarının alınmasıdır. Öğrencilerin genel not ortalamaları, derin öğrenme analiziyle ile öğrenilmesi ve benzetim modeli içinde tahmin edilmesi istenen değişkendir. Öğrencilerin geçmiş dönem not ortalamaları

ise derin öğrenme analizinde öğrenme sürecine katkı yapması adına öğrencilerin performansları hakkında bilgi verici bir değişken olarak alınmıştır. Aslında, bu değer öğrencilerin eğitime karşı eğilimlerinin ne olduğu noktasında çıkarım yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu yüzden kısaca eğilim grubu olarak isimlendirilmiştir. Bu değişken olduğu gibi kullanılmamış, ön işleme aşamasından geçerek sınıflandırılmış bir veri halinde değerlendirilmiştir. Ön işleme aşamasında öncelikle, her bir öğrencinin aktif olarak devam ettiği dönemlerde sahip olduğu dönem not ortalamalarının aritmetik ortalaması alınmıştır. Bütün öğrenciler için elde edilen bu ortalamaların örneklem içindeki yayılımı dikkate alınarak sekiz eşit büyüklükte sınıf oluşturulmuş ve ek olarak en alt ve en üst ortalamaya sahip iki (uç) sınıf daha oluşturularak toplam 10 sınıflı bir değişken meydana getirilmiştir. Öğrenciler, sahip oldukları geçmiş dönem not ortalamalarının aritmetik ortalamasına göre bu kategorilerden (eğilim gruplarından) birine dâhil olacak şekilde veri seti düzenlenmiştir.

Yaş değişkeni veri ambarında hem numerik hem de kategorik halde yer almaktadır. Bu değişken, özniteliklere göre başarı faktörü ortalamalarında kullanılmak üzere grup büyüklükleri birbirine hemen hemen eşit olacak şekilde kategorik hale çevrilmiştir.

Üniversite veri tabanlarından elde edilen veriler, anketten elde edilen öğrenim motivasyonu, gelir düzeyi ve kişilik türü değişkenleri ile birleştirilmiş ve bir etmeni tanımlayan 12 değişken elde edilmiştir. Veri ambarında yer alan değişkenlere ait alt kategoriler ve kodları Tablo 2.1 'de yer almaktadır.

Tablo 2.1 Veri ambarında yer alan değişkenler ve kodları

Değişken Adı	Alt Kategorileri (Sınıfları)	Sınıf Kodu
Uyruk	Türkiye Cumhuriyeti Diğer	(1) (2)
Cinsiyet	Kadın Erkek	(1) (2)
Fakülte	Açıköğretim Fakültesi İktisat Fakültesi İşletme Fakültesi	(1) (2) (3)
Engel Durumu	Engelsiz Engelli	(1) (2)
Yaş (Nümerik/kategorik)	17 – 24 25 – 28 29 – 33 34 – 39 40 (+)	(1) (2) (3) (4) (5)
Öğrenim Düzeyi	Lisans Ön lisans	(1) (2)
Fakülte Giriş Türü	ÖSYS İkinci Üniversite Diğer	(1) (2) (3)
Kişisel Aylık Gelir Düzeyi	0 – 800 801-1300 1301-1800 1801-2400 2401-5000 5000 +	(1) (2) (3) (4) (5) (6)
Öğrenim Motivasyonu	Kariyerimi geliştirmek Meslek sahibi olmak Üniversite diplomasına sahip olmak Devam zorunluluğunun olmaması İlgi duyduğum alanlarda bilgi sahibi olmak Gelir düzeyimin örgün eğitim için yeterli olmaması Yerleştirme puanımın örgün eğitim için yeterli olmaması Çalışırken eğitim alma olanağı sağlaması İkinci bir diploma sahibi olmak Geçmişte kaçırdığım eğitim imkânını yakalamak Ailem ve/veya arkadaşlarımın yönlendirmesi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11)
Sahip Olunan Kişilik Türü	Dışadönüklük Uyumluluk Sorumluluk Duygusal Dengelilik Deneyime Açıklık	(1) (2) (3) (4) (5)
Geçmiş Dönem Not Ortalaması (Eğilim Grup)	Geçmiş dönem notlarının ortalaması $\leq 0,254$ $0,254 < \text{geçmiş dönem notlarının ortalaması} \leq 0,776$ $0,776 < \text{geçmiş dönem notlarının ortalaması} \leq 1,037$ $1,037 < \text{geçmiş dönem notlarının ortalaması} \leq 1,298$ $1,298 < \text{geçmiş dönem notlarının ortalaması} \leq 1,559$ $1,559 < \text{geçmiş dönem notlarının ortalaması} \leq 1,907$ $1,907 < \text{geçmiş dönem notlarının ortalaması} \leq 2,342$ $2,342 < \text{geçmiş dönem notlarının ortalaması} \leq 2,864$ $2,864 < \text{geçmiş dönem notlarının ortalaması} \leq 3,734$ $3,734 > \text{geçmiş dönem notlarının ortalaması}$	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)
Genel Not Ortalaması	Nümerik	

Bu verilere, anketin üçüncü ve dördüncü bölümlerinden elde edilen, öğrencilerin başarıları üzerinde etkili olan faktörlere ait veriler de puan dönüşümüne tabi tutularak eklenmiş ve her öğrenci bazında bu veriler eşleştirilmiştir. Öğrencilerin başarıları üzerinde etkili olan faktörlere ait anketin üçüncü bölümde 12, dördüncü bölümünde ise 10 değişken yer almaktadır. Üçüncü bölümde yer alan sorular; en önemli olan 1. sırada yer alacak şekilde 1’den 3’e kadar önem derecesine göre sıralama sorusu şeklinde yer aldığından bu değerler puan değerlerine dönüştürülmüştür. En önemli (1. sırada yer alan) faktöre 1,2 puan, ikinci önemli (2. sırada yer alan) faktöre 1,1 puan ve en az önemli (3. sırada yer alan) faktöre 1 puan verilmiştir. Benzer şekilde dördüncü bölümde yer alan sorularda verilen ifadelerin öğrencilerin başarıları üzerindeki etki durumu 5’li likert şeklinde yer aldığından bu değerler de puan değerine dönüştürülerek ilgili veri ambarına dâhil edilmiştir. Buna göre; “çok olumsuz etkiler” ifadesi 0,8 puan, “olumsuz etkiler” ifadesi 0,9 puan, “etkilemez” ifadesi 1 puan, “olumlu etkiler” ifadesi 1,1 puan ve “çok olumlu etkiler” ifadesi ise 1,2 puan şeklinde biçimlendirilmiştir. Bu iki bölümde yer alan değerlerin puan dönüşümlerinin 1 değeri merkezinde yapılmasının nedeni bu değişkenlerin çarpan olarak benzetim modeline dâhil edilecek olmasındandır.

Sonuç olarak, açıklanan veri ön işleme aşamalarından geçip, bir araya getirilen bu verilerle birlikte çalışmanın veri ambarında toplam 34 değişken yer almakta ve analizler bu veri ambarı üzerinden yürütülmektedir. Fakat derin öğrenme analizinde daha tutarlı ve doğru sonuç elde edebilmek amacıyla bu veri ambarında yer alan (puanlama yapılmamış olan) kategorik değişkenlere (one hot encoding) dönüşüm uygulanmış, böylelikle kategorik değişkenler ikili (binary) biçime dönüştürülmüştür. Bu dönüşümü bir örnekle açıklarsak; normalde cinsiyet değişkeni kadın 1, erkek 2 şeklinde kodlanmıştır ve öğrencinin cinsiyetine göre veri ambarındaki ilgili sütunda 1 ya da 2 yazmaktadır. Uygulanan dönüşüm ile “cinsiyet_kadın” ve “cinsiyet_erkek” olmak üzere veri ambarında 2 sütun oluşturulmuş ve eğer öğrenci kadın ise “cinsiyet_kadın” sütununda 1, “cinsiyet_erkek” sütununda 0, eğer öğrenci erkek ise “cinsiyet_kadın” sütununda 0, “cinsiyet_erkek” sütununda 1 şeklinde yer alacak hale getirilmiştir.

Bunların dışında, benzetim modelinde meydana gelecek değişikliklere göre sisteme giren öğrenci sayısını saptayabilmek için; yıllara göre açıköğretim sistemine yeni kayıt sayısı ve yıllara göre açıköğretim sisteminden mezun olan öğrenci sayısı verileri de açıköğretim sistemi veri tabanından edinilmiştir. Bu veriler farklı amaç ve analizler için

kullanılacağından oluşturulan veri ambarıyla birleştirilmemiş, ayrı bir veri tabanında tutulmuştur.

2.2. Analiz

Etmen tabanlı benzetim modelinde, etmenleri tanımlamak ve etmenlerin davranışını modelleyebilmek için kural ve çıkarımların elde edilmesi önemli bir aşamadır. Bu da veri toplama ve düzenleme işlemleri sonucu elde edilen ve veri ambarında yer alan verilerin analiz edilmesi ile mümkün olabilmektedir. Modelde yer alan kural veya çıkarımların ne kadar kompleks olduklarına göre analiz aşamasında temel ya da daha karmaşık bir veya birden çok metot kullanılabilir. Gelişen bilgisayar teknolojisi ile birlikte son yıllarda veri madenciliği, makine öğrenmesi, derin öğrenme yöntemleri gibi daha kompleks yapıda analizler barındıran çalışmalar etmen tabanlı benzetim literatürde daha fazla görülmektedir. Bu çalışmada da hem temel analizler hem de ileri analiz yöntemleri bir arada kullanılmıştır.

Bu bölüm; tanımlayıcı istatistikler, özniteliklere ait ortalamalar, regresyon analizi ve çok katmanlı algılayıcı modeli ve analizi olmak üzere dört alt bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, üretilecek etmenlerin tanımlanması ve öğrencileri temsil edebilmesi amacıyla öğrencilerin sahip olduğu özelliklere ait tanımlayıcı istatistikler sunulmuş, ikinci alt bölümde durum ve strateji değişikliklerinde öğrencilerin nasıl davranacaklarına ilişkin kuralların oluşturulmasında kullanılacak öznitelik ortalamalarına yer verilmiş, üçüncü bölümde sisteme girecek öğrenci sayısını belirlemek için regresyon analizi yapılmış ve nihai olarak son bölümde ise öğrencilerin not ortalamalarının tahmininde yapay zekâ yöntemleri kullanılmış ve açıklanmıştır. Yani analizler temel düzeyden daha karmaşık düzeye şeklinde yürütülmüş ve modele dâhil edilmiştir.

2.2.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Benzetim modelinde etmenler, aynı değişkenlerin farklı alt sınıflarının üyeleridir. Örneğin, her bir etmen; cinsiyet değişkeninin kadın ya da erkek alt sınıflarından birinin üyesi konumundadır. Etmenlerin sahip oldukları bu üyelik grupları kısaca etmenlerin öznitelikleri şeklinde isimlendirilebilir. Üretilecek etmenler ve bunların hangi özniteliklere sahip olacağı ise incelenen örneklem ya da ana kütle dikkate alınarak üretilir. Çünkü 3. Bölüm’ de açıklanacağı üzere, bu istatistiklerin birikimli olasılık dağılımlarını kullanan Monte-Carlo benzetim yöntemi ile farklı özniteliklere sahip etmenler

oluşturulmaktadır. Bu yüzden de örneklem ya da ana kütlenin tanımlayıcı istatistiklerinin sunulması oluşturulan benzetim modeli için ilk ve önemli bir aşama olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan örneklem, Açıköğretim sistemine kayıtlı olan ve gönüllü olarak ankete katılan 41655 öğrenciden oluşmaktadır. Bu bölümde, örneklem içerisindeki öğrencilerin sahip olduğu ve oluşturulan veri ambarında yer alan 12 değişkene ait tanımlayıcı istatistikler sunulmaktadır. Değişkenlerin sınıf değerlerine ait istatistikler, benzetim modelinde kullanıldığı haliyle, yüzde değerleri ile ifade edilmektedir. Çalışmaya katılan öğrencilerin uyruk, cinsiyet, fakülte, engel durumu, öğrenim düzeyi, fakülte giriş türü, kişisel aylık gelir düzeyi ve kişilik türü kategorik değişkenlerine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 2.2’ de sunulmuştur.

Tablo 2.2 Kategorik değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler

Uyruk					
<u>Türkiye Cumhuriyeti</u> % 99,46	<u>Diğer</u> % 0,54				
Cinsiyet					
<u>Kadın</u> % 40,77	<u>Erkek</u> % 59,23				
Fakülte					
<u>Açıköğretim Fakültesi</u> % 66,61	<u>İktisat Fakültesi</u> % 17,90	<u>İşletme Fakültesi</u> % 15,48			
Engel Durumu					
<u>Engelsiz</u> % 99,76	<u>Engelli</u> % 0,24				
Öğrenim Düzeyi					
<u>Lisans</u> % 49,11	<u>Ön lisans</u> % 50,89				
Fakülte Giriş Türü					
<u>ÖSYS</u> % 25,29	<u>İkinci Üniversite</u> % 42,87	<u>Diğer</u> % 31,84			
Kişisel Aylık Gelir Düzeyi					
<u>0 – 800 TL</u> % 24,46	<u>801-1300 TL</u> % 4,65	<u>1301-1800 TL</u> % 4,09	<u>1801-2400 TL</u> % 14,06	<u>2401-5000 TL</u> % 34,62	<u>5000 + TL</u> % 18,12
Sahip Olunan Kişilik Türü					
<u>Dışadönüklük</u> % 22,82	<u>Uyumluluk</u> % 22,55	<u>Sorumluluk</u> % 34,07	<u>Duygusal Dengelilik</u> % 9,54	<u>Deneyime Açıklık</u> % 11,03	

Örnekleme içinde yer alan öğrencilerin %99'undan fazlası Türkiye Cumhuriyeti vatandaşı iken sadece %0,54'ü yabancı ülke vatandaşıdır. Bu oranlara benzer şekilde katılımcıların %99,76'sı herhangi bir engelle sahip değil iken, sadece %0,24'ü en az bir engelle sahiptir. Aslında bu şekilde dengesiz ve bir tarafı oldukça ağır basan kategorik değişkenler, birçok istatistiksel analizlerde ve öğrenme yöntemlerin kullanıldığı modellerde modele katkısı çok az olacağından modele dâhil edilmeyebilir. Fakat oluşturulan benzetim modelinde meydana gelecek değişikliklerin yabancı uyruklu öğrenciler ya da engelli öğrenciler üzerinde nasıl etki göstereceğini de saptayabilmek amacıyla bu değişkenlere analizlerde ve benzetim modelinde yer verilmiştir. Ayrıca geliştirilen yönetim bilgi sistemini, istenildiği zaman sadece yabancı uyruklu öğrenciler veya sadece engelli öğrenciler için özelleştirme imkânı tanımak amacıyla bu değişkenler hariç tutulmamıştır.

Çalışmaya katılan öğrencilerin %59,23'ü erkek iken, %40,77'si kadındır. Fakülteye giriş türü olarak katılımcıların %25,29'u ÖSYS ile, %42,87'si ikinci üniversite kapsamında ve kalan % 31,84'ü ise lisans tamamlama, ek yerleştirme, dikey geçiş vb. diğer yöntemler ile giriş yapmışlardır. 2018-2019 açıköğretim istatistik bilgi edinme ve değerlendirme birimi raporunda, Açıköğretim Sistemi'nde öğrenim gören öğrencilerin %55'inin erkek, %45'inin kadın olduğu ve %27'sinin ÖSYS ve %44'ünün ise ikinci üniversite kapsamında kayıt yaptırdıkları görülmektedir. Bu ana kütle parametrelerinden hareketle, çalışmada kullanılan örneklemin ana kütleyle oldukça tutarlı bir şekilde temsil ettiği söylenebilir. Ayrıca katılımcıların çoğunluğunun (%66) Açıköğretim fakültesi öğrencisi olduğu, lisans ve ön lisans öğrenim düzeylerinde çalışmaya neredeyse eşit katılım gösterildiği de görülmektedir.

Kişisel aylık gelir düzeyi sınıfları değerlendirildiğinde, katılımcılarının ortalama üçte birinin 2401-5000 TL arasında gelire sahip oldukları görülmektedir. Gelir değişkenindeki ikinci yoğun sınıf 0-800 TL ve üçüncü en çok katılımcının bulunduğu sınıfın ise 5000 TL üstü olduğu görülmektedir.

Belki de ilk defa Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Sistemi öğrencileri üzerinde bu kadar geniş katılımı ölçümlenen kişilik türleri değişkeni oldukça dikkat çekici sonuçlar sunmaktadır. Buna göre, öğrencilerin ortalama üçte birinin öne çıkan kişilik türünün sorumluluk olduğu, hemen peşine dışadönük ve uyumlu kişilik türlerinin ön planda olduğu öğrenci sayılarının neredeyse eşit oranlarda (%22) olduğu görülmektedir. Buna karşın, öğrenci sayısının en az olduğu grup deneyime açıklık kişilik türünün ön

plana çıktığı gruptur. Bu kişilik türleri bir arada değerlendirildiğinde; öğretmen, okul ve diğer öğrenciler ile etkileşimin çok az olduğu ve kişilerin kendilerini motive etmelerinin belki de daha önemli olduğu açıköğretim gibi sistemlerde yer alan öğrencilerde, sorumlu kişilik türünün en çok görülen kişilik türünün olarak karşımıza çıkması tutarlı bir sonuçtur.

Çalışmaya katılan öğrencilerin açıköğretim sistemini seçme nedenlerine (öğrenim motivasyonuna) ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 2.3.'te sunulmuştur. Öğrencilerin birden çok seçeneği işaretleme imkânına sahip olmaları burada önemli bir husustur. Bu yüzden Tablo 2.3.'te her bir nedenin seçilme yüzdesi diğer nedenlerden bağımsız olarak gösterilmiştir. Buna göre, açıköğretim sistemini seçme nedeni olarak çalışmaya katılan öğrencilerden yarısından çoğunun seçtiği *kariyerini geliştirme isteği* en çok seçilen neden olmuştur. Bunu hemen hemen her üç öğrenciden birinin seçtiği “*çalışırken eğitim alma olanağı sağlaması*”, “*ilgi duyduğum alanlarda bilgi sahibi olmak*”, ve “*üniversite diplomasına sahip olmak*” nedenleri izlemiştir. *Yerleştirme puanının örgün eğitim için yeterli olmaması, aile ve/veya arkadaş yönlendirmesi ve gelir düzeyinin örgün eğitim için yeterli olmaması* ise en az işaretlenen seçenekler olmuşlardır.

Tablo 2.3 Öğrenim motivasyonu değişkenine ait tanımlayıcı istatistikler

Açıköğretim sistemini seçme nedeni	Seçilme Yüzdesi (%)
Kariyerimi geliştirmek	56,89
Meslek sahibi olmak	25,17
Üniversite diplomasına sahip olmak	32,53
Devam zorunluluğunun olmaması	20,19
İlgi duyduğum alanlarda bilgi sahibi olmak	35,31
Gelir düzeyimin örgün eğitim için yeterli olmaması	10,00
Yerleştirme puanının örgün eğitim için yeterli olmaması	4,23
Çalışırken eğitim alma olanağı sağlaması	35,71
İkinci bir diploma sahibi olmak	30,89
Geçmişte kaçırdığım eğitim imkânını yakalamak	26,26
Ailem ve/veya arkadaşlarımın yönlendirmesi	5,42

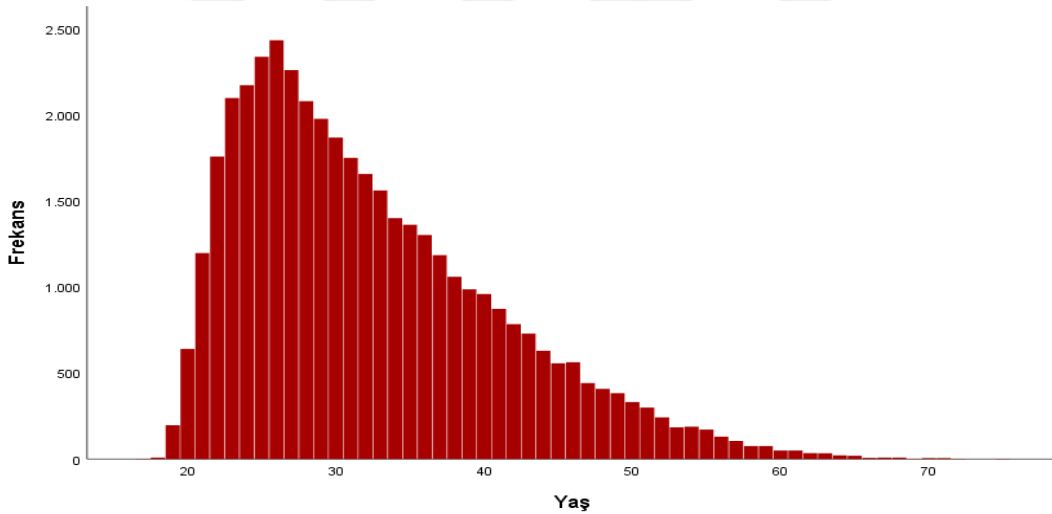
Kategorik değişkenlere ek olarak veri ambarında yer alan yaş, geçmiş dönem not ortalamalarının aritmetik ortalaması ve genel not ortalaması nümerik değişkenleri de yer almaktadır.

Yaş değişkenine ait tanımlayıcı istatistikler ve dağılım Tablo 2.4 ve Şekil 2.1'de yer almaktadır. Çalışmaya katılan öğrencilerin yaşlarının ortalaması 32 ve standart sapması 8,74'tür. En genç katılımcı 17 yaşında iken en yaşlı katılımcı 75 yaşındadır. Beklenildiği üzere yaş değişkeni normal dağılmamakta, normale göre daha dik ve sağa

çarpık bir dağılım göstermektedir. Bu dağılım kullanılarak yaş değişkeni 5 kategoriye dönüştürülmüştür. Çünkü bu değişken özniteliklere göre başarı faktörü ortalamalarında kategorik haliyle, derin öğrenme analizinde ise numerik haliyle kullanılmıştır.

Tablo 2.4 Yaş değişkenine ait tanımlayıcı istatistikler

	İstatistik	Standart Hata
Ortalama	32,31	0,043
Medyan	30,00	
Mod	26	
Varyans	76,546	
Standart Sapma	8,749	
Minimum	17	
Maksimum	75	
Aralık	58	
Çarpıklık	0,917	0,012
Basıklık	0,483	0,024
Kolmogorov-Smirnov	0,109 (p. 0,000)	



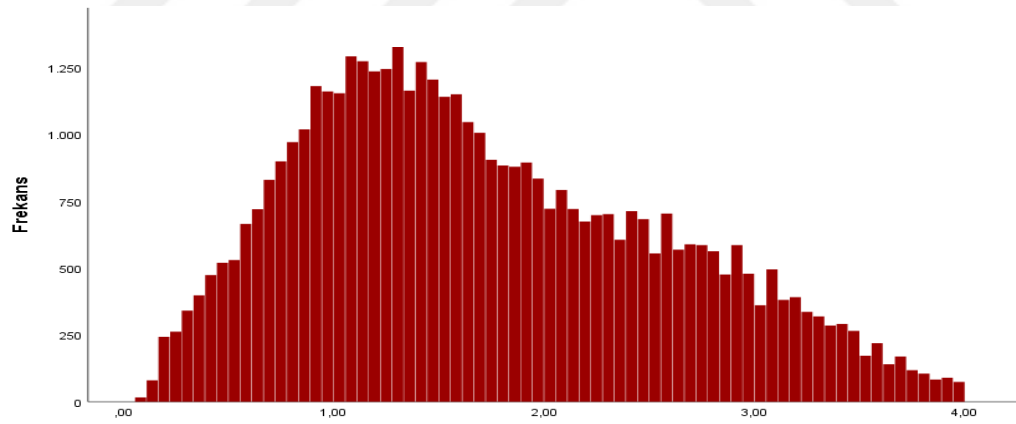
Şekil 2.1 Yaş değişkenine ait dağılım

Öğrencilerin geçmiş dönemlerdeki dönemlik not ortalamalarının aritmetik ortalaması veri ambarına sayısal değerler olarak alınmış ve kategorik değişkene dönüştürülmüştür. Geçmiş dönem not ortalamalarının aritmetik ortalaması değişkenine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 2.5’te sunulmuştur. Buna göre; öğrencilerin aktif olarak yer aldıkları geçmiş dönem not ortalamalarının aritmetik ortalaması 1,71 ve standart sapması 0,854 olarak bulunmuştur. Bu değişkende de normal dağılım görülmemekte,

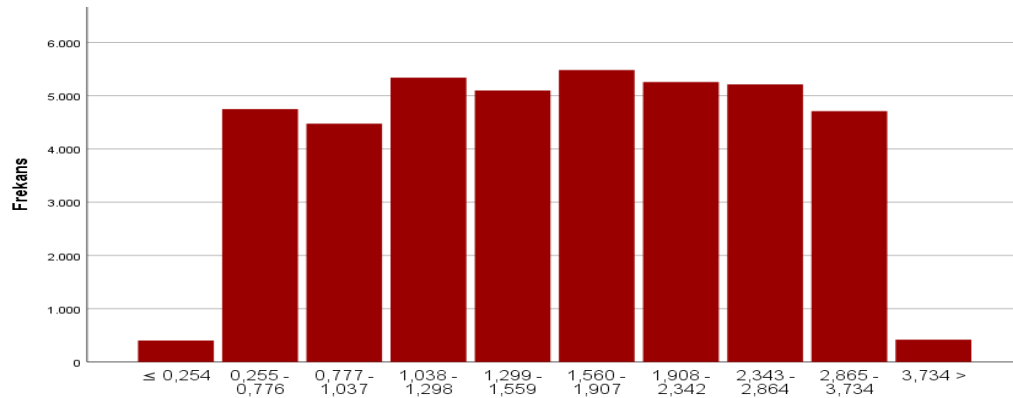
sağa çarpık ve normalden daha basık bir dağılım bulunmaktadır. Bu değişkene ait dağılım ve bu dağılımdan hareketle oluşturulan sınıflar (eğilim grupları) Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te gösterilmektedir. Eğilim grupları, dağılım 8 eş parçaya bölünerek ve uç değerlerin yer aldığı 2 grup daha eklenerek toplam 10 sınıftan oluşturulmuştur.

Tablo 2.5 Geçmiş dönem notların aritmetik ortalamasına ait tanımlayıcı istatistikler

	İstatistik	Standart Hata
Ortalama	1,7152	,00399
Medyan	1,57	
Mod	1,74	
Varyans	0,73	
Standart Sapma	0,854	
Minimum	0,08	
Maksimum	4,00	
Aralık	3,92	
Çarpıklık	0,458	0,011
Basıklık	-0,578	0,023
Kolmogorov-Smirnov	0,068 (p. 0,000)	



Şekil 2.2 Geçmiş dönem notların aritmetik ortalamasına ait dağılım

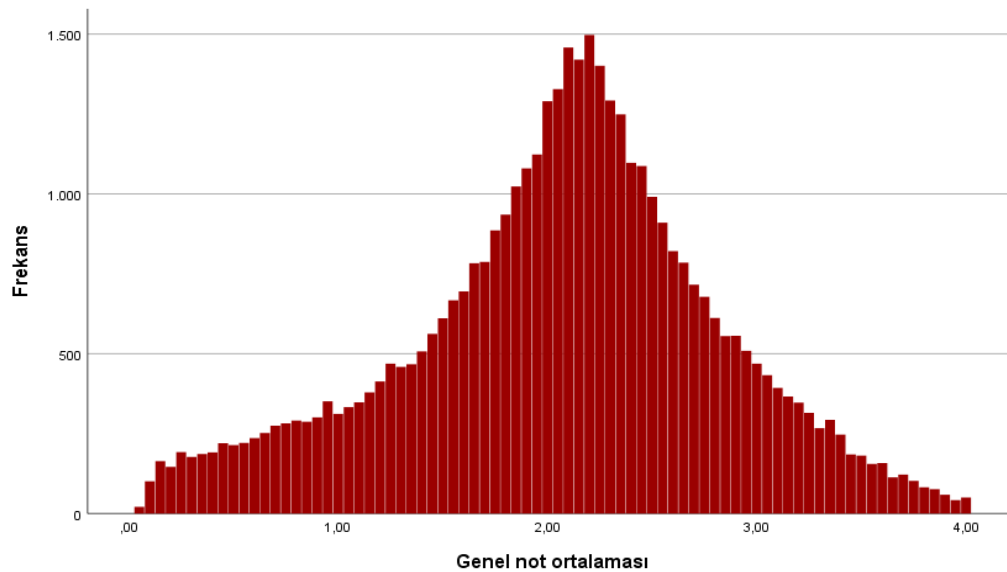


Şekil 2.3 Geçmiş dönem notların aritmetik ortalamasına ait sınıflar (Eğilim Grupları)

Çalışmadaki en önemli değişkenlerden biri olan öğrencilerin genel not ortalamaları, derin öğrenme modelinde öğrenilmesi ve tahmin edilmesi istenilen, benzetim modelinde etmenlerin süreç içindeki en temel girdisi şeklinde yer alan nümerik bir değişkendir. Çalışmaya dahil olan öğrencilerin 2019–2020 yılı bahar eğitim döneminde sahip oldukları genel not ortalamalarına ilişkin tanımlayıcı istatistiklere ve dağılıma Tablo 2.6 ve Şekil 2.4’ten ulaşılabilir. Öğrencilerin genel not ortalamalarının aritmetik ortalaması 2,06 ve standart sapması 0,757 olarak bulunmuştur. Bu değişkenin dağılımı normal dağılıma yakın olmakla beraber, sola çarpık ve basık özelliğe sahiptir.

Tablo 2.6 Genel not ortalamalarına ait tanımlayıcı istatistikler

	İstatistik	Standart Hata
Ortalama	2,0612	,00371
Medyan	2,12	
Mod	2,21	
Varyans	0,573	
Standart Sapma	0,757	
Minimum	0,05	
Maksimum	4,00	
Aralık	3,95	
Çarpıklık	-0,271	0,012
Basıklık	-0,016	0,024
Kolmogorov-Smirnov	0,052 (p. 0,000)	



Şekil 2.4 Genel not ortalaması değişkenine ait dağılım

Katılımcılara ait genel not ortalamalarının, geçmiş dönem not ortalamalarının aritmetik ortalamalarına göre daha normal dağılmakta olduğu ve ortalama, mod, medyan değerlerinin daha büyük bulunduğu görülmüştür. Bu, beklentiler doğrultusunda gerçekleşen ve tutarlı bir sonuçtur. Çünkü geçmiş dönem not ortalamalarının aritmetik ortalaması hesaplanırken her dönem diğerlerinden bağımsız şekilde ortalamaya dahil olmaktadır. Özellikle dönem uzatmaları ve tekrarları göz önüne alındığında bu doğal bir sonuç olarak görülmektedir.

2.2.2. Özniteliklere göre başarı faktörü ortalamaları

Etmen tabanlı benzetimde her bir etmenin sahip olduğu özniteliklerine göre çeşitli durumlar karşısında nasıl tepki vereceği önemli bir noktadır. Bu amaçla, daha önce açıklandığı üzere anketin üçüncü ve dördüncü bölümünde katılımcılara çeşitli faktörlerin başarıları üzerindeki etkileri, sıralama ve likert sorusu şeklinde yöneltilmiş, elde edilen cevaplar puan dönüşümü yapılarak veri ambarına dâhil edilmiştir. Detaylı şekilde 3. bölümde açıklanacağı üzere, çalışmanın benzetim modelinde farklı faktörlerde (senaryo - politikalarda) meydana gelen değişimlere göre her bir etmenin başarısının ortalama ne kadar değişeceği, ait olduğu farklı öznitelik gruplarının ortalama puanları temel alınarak hesaplanmaktadır. Bu nedenle, bu bölümde katılımcıların anketin üçüncü ve dördüncü bölümünde verdikleri cevaplara ilişkin ortalama puanlar, her bir değişken ve alt gruplarına (özniteliklerine) göre sunulmuş ve yorumlanmıştır.

Anketin üçüncü bölümü, her birinde 3 sıralama sorusu yer alan 4 bloktan oluştuğundan bu bloklar kendi içinde puanlanarak değerlendirmeye alınmış ve yorumlanmıştır. İlk blokta bireysel faktörler incelenmiş ve katılımcılara başarı durumları üzerinde *akademik geçmişlerinin (geçmişte aldığı eğitim), geçmiş deneyimlerine uygun (bildiği ya da ilgi duyduğu) alanda eğitim almalarının ve yetenek ve becerilerine göre eğitim almalarının* önemi sorulmuştur. Tablo 2.7’de sunulduğu üzere, başarıları üzerindeki bu üç faktöre verilen cevaplara göre ortalama puanlarına bakıldığında; tüm örneklem açısından başarı durumları üzerinde *akademik geçmişlerinin (geçmişte aldığı eğitimin)* en önemli faktör olduğu görülmüş, bunu *geçmiş deneyimlerine uygun (bildiği ya da ilgi duyduğu) alanda eğitim alma* faktörü izlemiştir. Bu durum öznitelikler bazında da çoğunlukla görülmektedir. Fakat yabancı uyruklu öğrenciler için en önemli faktör *yetenek ve beceriye göre eğitim alabilmek* iken, beklentiyle uygun şekilde ilgi duyduğu alanlarda bilgi sahibi olma öğrenim motivasyonuna sahip öğrenciler için en önemli başarı

faktörü olarak *bildiği/ilgi duyduğu alanda eğitim alma* ön plana çıkmıştır. Öznitelik grupları bazında en yüksek ortalama puana sahip faktör *akademik geçmişe göre eğitim* faktörü olarak engelli grupta görülmüştür. Yani, tüm öznitelik grupları kıyaslandığında *geçmişte aldığı eğitimin* başarıları üzerinde en önemli faktör olarak gören grup engelli grubudur. Sonuç olarak, öğrencilere akademik geçmişlerine göre eğitim imkânı sunulması veya geçmişte aldıkları eğitimlerinde eksik olan taraflarının iyileştirilmesi gibi stratejiler uygulanması Açıköğretim Sistemi'nde öğrencilerin başarılarının artmasına katkı sağlayacaktır.

Kişisel ve görünmeyen (gizli) faktörlerin araştırıldığı anketin üçüncü bölümünün ikinci bölümünde; *zamanı daha iyi kullanabilme, psikolojik durumunun iyi olması* ve *yüksek notlar alarak daha çok motive olma* durumlarının öğrencilerin başarıları üzerindeki önem dereceleri incelenmiştir. Bu faktörlere ait öznitelik gruplarına göre ortalama puanlar Tablo 2.8'de takdim edilmektedir. Öğrencilere sorulan ve gerçekleşmesi durumunda daha başarılı olacaklarını düşündükleri bu üç faktöre ait ortalama puanlar kıyaslandığında örneklemin tamamı için en önemli faktörün *zamanı daha iyi kullanabilme* olduğu ve bunu *psikolojik durumunun iyi olması* faktörünün izlediği görülmektedir. Bu durum tüm öznitelik grupları için de geçerliliğini korumaktadır. Açıköğretim sistemindeki yer alan ve çalışmaya katılan öğrencilerin çoğunluğunun açık öğretim mantığıyla uyuşur bir şekilde öğrenci olmanın yanında başka bir meslek ya da uğraşa sahip olduğu göz önüne alınırsa, öğrencilerin zamanı daha iyi kullanma sonucunda daha başarılı olacaklarını düşünmeleri tutarlı bir durumdur. Bu duruma bir ispat olarak iyi zaman yönetiminin başarı üzerindeki etkilerinin ortalama puanının yaş artıka arttığı, yani daha yaşlı öğrenciler için iyi zaman yönetiminin öneminin daha fazla olduğu gösterilebilir. Hatta bu grup diğer tüm öznitelik grupları arasında bu faktör için en yüksek ortalama önem puanına sahiptir.

Tablo 2.7 Özniteliklere göre başarı faktörü ortalamaları (Anket 3. Bölüm 1.blok soruları için)

		Akademik geçmişe göre eğitim	Bildiği/ilgi duyduğu alanda eğitim	Yetenek ve beceriye göre eğitim
Uyruk	T.C.	1,107	1,099	1,093
	Diğer	1,097	1,101	1,101
Cinsiyet	Kadın	1,105	1,099	1,096
	Erkek	1,109	1,099	1,091
Fakülte	Açıköğretim	1,106	1,100	1,094
	İktisat	1,110	1,099	1,091
	İşletme	1,110	1,097	1,093
Engel durum	Engelsiz	1,107	1,099	1,093
	Engelli	1,116	1,091	1,093
Yaş	17 – 24	1,102	1,100	1,097
	25 – 28	1,111	1,098	1,090
	29 – 33	1,109	1,098	1,092
	34 – 39	1,104	1,100	1,096
	40 (+)	1,108	1,101	1,091
Öğrenim düzeyi	Lisans	1,108	1,098	1,093
	On lisans	1,106	1,100	1,094
Fakülte giriş	OSYS	1,105	1,101	1,093
	İkinci Üniversite	1,104	1,099	1,097
	Diğer	1,113	1,098	1,089
Gelir	0 – 800	1,105	1,100	1,095
	801-1300	1,108	1,099	1,092
	1301-1800	1,112	1,099	1,088
	1801-2400	1,109	1,099	1,092
	2401-5000	1,106	1,100	1,094
	5000 +	1,108	1,098	1,093
Kişilik	Dışadönük	1,106	1,099	1,095
	Uyumlu	1,112	1,099	1,088
	Sorumlu	1,104	1,100	1,096
	Duygusal Dengeli	1,115	1,099	1,085
	Deneyime Açık	1,102	1,098	1,099
Kariyeri geliştirme	Hayır	1,107	1,100	1,092
	Evet	1,107	1,098	1,094
Meslek sahibi olma	Hayır	1,107	1,100	1,093
	Evet	1,108	1,098	1,093
Üniversite diplomasına sahip olma	Hayır	1,108	1,099	1,093
	Evet	1,106	1,100	1,094
Devam zorunluluğunun olmaması	Hayır	1,108	1,099	1,092
	Evet	1,104	1,098	1,098
İlgi duyduğu alanlarda bilgi sahibi olma	Hayır	1,112	1,098	1,090
	Evet	1,099	1,101	1,100
Gelir düzeyinin örgün eğitim için yeterli olmaması	Hayır	1,107	1,099	1,093
	Evet	1,109	1,100	1,092
Yerleştirme puanının örgün eğitim için yetersiz olması	Hayır	1,107	1,099	1,094
	Evet	1,114	1,100	1,086
Çalışırken eğitim alma olanağı sağlaması	Hayır	1,112	1,099	1,090
	Evet	1,100	1,100	1,100
İkinci bir diploma sahibi olma	Hayır	1,109	1,100	1,091
	Evet	1,103	1,098	1,099
Geçmişte kaçırdığı eğitim imkânını yakalama	Hayır	1,110	1,099	1,091
	Evet	1,101	1,101	1,098
Aile/arkadaş yönlendirmesi	Hayır	1,107	1,099	1,093
	Evet	1,112	1,098	1,090
ORTALAMA		1,108	1,099	1,093

Tablo 2.8 Öz niteliklere göre başarı faktörü ortalamaları (Anket 3. Bölüm 2.blok soruları için)

		İyi zaman yönetimi	İyi psikolojik durumun	Yüksek not motivasyonu
Uyruk	T.C.	1,131	1,103	1,066
	Diğer	1,135	1,102	1,063
Cinsiyet	Kadın	1,127	1,101	1,071
	Erkek	1,133	1,104	1,063
Fakülte	Açıköğretim	1,131	1,104	1,065
	İktisat	1,131	1,101	1,068
	İşletme	1,131	1,100	1,069
Engel durum	Engelsiz	1,131	1,103	1,066
	Engelli	1,131	1,113	1,056
Yaş	17 – 24	1,124	1,104	1,072
	25 – 28	1,129	1,103	1,067
	29 – 33	1,131	1,103	1,066
	34 – 39	1,133	1,103	1,064
	40 (+)	1,138	1,101	1,061
Öğrenim düzeyi	Lisans	1,131	1,103	1,066
	Ön lisans	1,131	1,103	1,067
Fakülte giriş	ÖSYS	1,128	1,099	1,073
	İkinci Üniversite	1,133	1,107	1,060
	Diğer	1,130	1,100	1,070
Gelir	0 – 800	1,125	1,104	1,071
	801-1300	1,131	1,102	1,067
	1301-1800	1,132	1,101	1,067
	1801-2400	1,130	1,101	1,069
	2401-5000	1,133	1,103	1,065
	5000 +	1,137	1,103	1,060
Kişilik	Dışadönük	1,131	1,101	1,067
	Uyumlu	1,130	1,102	1,068
	Sorumlu	1,132	1,101	1,067
	Duygusal Dengeli	1,134	1,101	1,065
	Deneyime Açık	1,127	1,115	1,058
Kariyeri geliştirme	Hayır	1,130	1,104	1,066
	Evet	1,131	1,102	1,067
Meslek sahibi olma	Hayır	1,132	1,104	1,064
	Evet	1,127	1,100	1,073
Üniversite diplomasına sahip olma	Hayır	1,133	1,104	1,063
	Evet	1,126	1,101	1,073
Devam zorunluluğunun olmaması	Hayır	1,131	1,102	1,066
	Evet	1,130	1,104	1,066
İlgi duyduğu alanlarda bilgi sahibi olma	Hayır	1,129	1,102	1,069
	Evet	1,134	1,104	1,062
Gelir düzeyinin örgün eğitim için yeterli olmaması	Hayır	1,132	1,103	1,066
	Evet	1,126	1,104	1,070
Yerleştirme puanının örgün eğitim için yetersiz olması	Hayır	1,131	1,103	1,066
	Evet	1,126	1,100	1,074
Çalışırken eğitim alma olanağı sağlaması	Hayır	1,131	1,103	1,066
	Evet	1,132	1,102	1,067
İkinci bir diploma sahibi olma	Hayır	1,131	1,102	1,067
	Evet	1,130	1,105	1,065
Geçmişte kaçırdığı eğitim imkânını yakalama	Hayır	1,132	1,104	1,065
	Evet	1,128	1,100	1,071
Aile/arkadaş yönlendirmesi	Hayır	1,131	1,103	1,066
	Evet	1,126	1,107	1,068
ORTALAMA		1,131	1,103	1,066

Tablo 2.9 Öz niteliklere göre başarı faktörü ortalamaları (Anket 3. Bölüm 3.blok soruları için)

		Kurumsal desteğin artması	Üniversiteyle kolay iletişim	Öğrencilerle iletişim imkanı
Uyruk	T.C.	1,122	1,113	1,065
	Diğer	1,118	1,121	1,061
Cinsiyet	Kadın	1,122	1,115	1,062
	Erkek	1,121	1,112	1,067
Fakülte	Açıköğretim	1,121	1,113	1,066
	İktisat	1,124	1,114	1,062
	İşletme	1,123	1,111	1,066
Engel durum	Engelsiz	1,122	1,113	1,065
	Engelli	1,121	1,106	1,073
Yaş	17 – 24	1,114	1,109	1,077
	25 – 28	1,120	1,112	1,069
	29 – 33	1,122	1,113	1,065
	34 – 39	1,124	1,115	1,061
	40 (+)	1,130	1,117	1,053
Öğrenim düzeyi	Lisans	1,123	1,113	1,064
	Ön lisans	1,121	1,113	1,066
Fakülte giriş	ÖSYS	1,122	1,111	1,067
	İkinci Üniversite	1,121	1,116	1,064
	Diğer	1,123	1,111	1,066
Gelir	0 – 800	1,122	1,110	1,068
	801-1300	1,124	1,112	1,064
	1301-1800	1,121	1,112	1,067
	1801-2400	1,121	1,112	1,067
	2401-5000	1,122	1,114	1,064
	5000 +	1,120	1,118	1,062
Kişilik	Dışadönük	1,122	1,114	1,064
	Uyumlu	1,123	1,111	1,066
	Sorumlu	1,122	1,115	1,064
	Duygusal Dengeli	1,124	1,112	1,064
	Deneyime Açık	1,118	1,111	1,071
Kariyeri geliştirme	Hayır	1,120	1,113	1,067
	Evet	1,123	1,113	1,064
Meslek sahibi olma	Hayır	1,120	1,114	1,065
	Evet	1,126	1,110	1,065
Üniversite diplomasına sahip olma	Hayır	1,121	1,114	1,065
	Evet	1,122	1,111	1,066
Devam zorunluluğunun olmaması	Hayır	1,122	1,113	1,065
	Evet	1,122	1,112	1,065
İlgi duyduğu alanlarda bilgi sahibi olma	Hayır	1,122	1,112	1,066
	Evet	1,120	1,116	1,064
Gelir düzeyinin örgün eğitim için yeterli olmaması	Hayır	1,121	1,114	1,065
	Evet	1,126	1,108	1,066
Yerleştirme puanının örgün eğitim için yetersiz olması	Hayır	1,122	1,113	1,065
	Evet	1,124	1,107	1,069
Çalışırken eğitim alma olanağı sağlaması	Hayır	1,123	1,113	1,065
	Evet	1,120	1,114	1,066
İkinci bir diploma sahibi olma	Hayır	1,123	1,112	1,064
	Evet	1,118	1,115	1,067
Geçmişte kaçırdığı eğitim imkânını yakalama	Hayır	1,121	1,113	1,066
	Evet	1,123	1,113	1,064
Aile/arkadaş yönlendirmesi	Hayır	1,122	1,113	1,065
	Evet	1,119	1,111	1,071
ORTALAMA		1,122	1,113	1,065

Amacı, öğrencilerin eğitimi ile ilgili iletişim ve etkileşimin başarıları üzerindeki etkisinin incelemek olan anketin üçüncü bölümünün üçüncü bloğunda *üniversitenin kurumsal desteğinin artması, üniversiteyle olan etkileşimin/iletişimin kolaylaşması ve bölümdeki diğer öğrencilerle iletişim imkânı olması* faktörlerinin öğrencilerin başarıları üzerindeki önem dereceleri araştırılmıştır. Bu faktörlere ait öznitelik grupları için ortalama puanlar Tablo 2.9’ da görülmektedir. Hem örneklemin tamamı hem de öznitelik gruplarının tamamına yakınında *üniversitenin kurumsal desteğinin artmasının* öğrencilerin başarıları üzerindeki en önemli faktör olduğu görülmektedir. Bunu ikinci en yüksek ortalama önem puanına sahip olan *üniversiteyle olan etkileşimin/iletişimin kolaylaşması* faktörü izlemiştir. Fakat dikkat çekici bir nokta olarak; yabancı uyruklu öğrenciler tarafından *üniversiteyle olan etkileşimin/iletişimin kolaylaşması* faktörü başarıları üzerindeki en önemli faktör olarak görülmektedir. Ayrıca öznitelik grupları arasında değerlendirme yapıldığında, en yüksek önem puanına sahip faktörün, 40 ve üstü yaş grubu için *kurumsal desteğin artması* faktörü olduğu anlaşılmaktadır.

Anketin üçüncü bölümünün dördüncü ve son bloğunda *iş hayatı yükümlülüklerinin azalması, eğitimin hayatının çevresi tarafından desteklenmesi ve derslerin iyi tasarlanması* faktörlerinin öğrencilerin başarıları üzerindeki önem derecesi ölçümlenmiş ve her bir öznitelik grubu için bu faktörlere ait ortalama puanlar Tablo 2.10’da verilmiştir. Bu üç faktöre ait ortalama önem puanları incelendiğinde örneklem ve çoğu öznitelik grubu için başarıları üzerindeki en önemli faktörün *iş hayatı yükümlülüklerinin azalması* ve ikinci önemli faktörün ise *aldığı derslerin iyi tasarlanması* olduğu görülmektedir. Dikkat çekici bir nokta olarak, engelli öğrenciler için en önemli faktör değişiklik göstermez iken başarıları üzerindeki ikinci en önemli faktörün *aldığı eğitimin çevresi tarafından desteklenmesi* olduğu görülmektedir. 0-800 gelir grubu ve ilgi duyduğu alanlarda bilgi sahibi olma motivasyonuna sahip grup için bu üç faktör arasında başarıları üzerindeki en önemli faktör *derslerin iyi tasarlanması* olmuştur. *Azalan iş yükümlülüğü* faktörünü en önemli faktör olarak gören öznitelik grubu 1801-2400 TL arası gelir grubudur. Bu grup tüm öznitelik grupları arasında en yüksek faktör ortalama önem puanına sahiptir.

Tablo 2.10 Özniteliklere göre başarı faktörü ortalamaları (Anket 3. Bölüm 4.blok soruları için)

		Azalan iş yükümlülüğü	Çevresinin desteği	İyi ders tasarımı
Uyruk	T.C.	1,117	1,080	1,103
	Diğer	1,113	1,078	1,109
Cinsiyet	Kadın	1,110	1,082	1,107
	Erkek	1,121	1,079	1,100
Fakülte	Açıköğretim	1,114	1,081	1,105
	İktisat	1,123	1,078	1,099
	İşletme	1,122	1,080	1,099
Engel durum	Engelsiz	1,117	1,080	1,103
	Engelli	1,124	1,092	1,084
Yaş	17 – 24	1,102	1,089	1,109
	25 – 28	1,122	1,082	1,097
	29 – 33	1,123	1,078	1,099
	34 – 39	1,122	1,076	1,103
	40 (+)	1,115	1,076	1,109
Öğrenim düzeyi	Lisans	1,119	1,078	1,103
	Ön lisans	1,114	1,083	1,103
Fakülte giriş	ÖSYS	1,115	1,084	1,101
	İkinci Üniversite	1,114	1,076	1,110
	Diğer	1,122	1,083	1,095
Gelir	0 – 800	1,097	1,093	1,109
	801-1300	1,111	1,089	1,100
	1301-1800	1,121	1,086	1,094
	1801-2400	1,128	1,078	1,094
	2401-5000	1,124	1,075	1,102
	5000 +	1,122	1,072	1,107
Kişilik	Dışadönük	1,117	1,080	1,103
	Uyumlu	1,118	1,085	1,097
	Sorumlu	1,115	1,076	1,109
	Duygusal Dengeli	1,122	1,084	1,094
	Deneyime Açık	1,115	1,080	1,105
Kariyeri geliştirme	Hayır	1,115	1,082	1,103
	Evet	1,118	1,079	1,103
Meslek sahibi olma	Hayır	1,119	1,078	1,103
	Evet	1,110	1,088	1,102
Üniversite diplomasına sahip olma	Hayır	1,116	1,080	1,104
	Evet	1,118	1,081	1,101
Devam zorunluluğunun olmaması	Hayır	1,116	1,083	1,102
	Evet	1,121	1,071	1,108
İlgi duyduğu alanlarda bilgi sahibi olma	Hayır	1,120	1,084	1,096
	Evet	1,111	1,074	1,116
Gelir düzeyinin örgün eğitim için yeterli olmaması	Hayır	1,116	1,080	1,104
	Evet	1,125	1,083	1,092
Yerleştirme puanının örgün eğitim için yetersiz olması	Hayır	1,117	1,080	1,103
	Evet	1,116	1,089	1,095
Çalışırken eğitim alma olanağı sağlaması	Hayır	1,114	1,086	1,100
	Evet	1,122	1,070	1,108
İkinci bir diploma sahibi olma	Hayır	1,118	1,083	1,099
	Evet	1,113	1,075	1,112
Geçmişte kaçırdığı eğitim imkânını yakalama	Hayır	1,117	1,081	1,102
	Evet	1,116	1,079	1,105
Aile/arkadaş yönlendirmesi	Hayır	1,117	1,080	1,103
	Evet	1,113	1,089	1,098
ORTALAMA		1,117	1,081	1,102

Anketin dördüncü bölümünde katılımcılara, kendilerinin ve Açıköğretim Sistemi'nin dışında meydana gelecek makro değişkenlerdeki değişikliklerin kişilerin başarı durumunu pozitif veya negatif nasıl etkileyeceğiyle ilgili 5'li likert şeklinde 10 soru sorulmuştur. Daha önce detaylı açıklandığı üzere cevaplar 0,8 ile 1,2 aralığında puanlanmıştır. Çalışmanın 3. Bölümünde detaylı açıklanacağı üzere, bu faktörlerin öğrencilerin not ortalamasına etkisi hesaplanırken elde edilen puanlar modele çarpan şeklinde girecektir. Bu yüzden, başarı faktör ortalama puanı 1'den küçük faktörler öğrencinin başarısını negatif şekilde etkileyecek, 1'den büyük faktörler ise pozitif şekilde etkileyecek faktörler olarak yorumlanabilir. Örneklemin tamamı ve her bir öznitelik grubu için faktörlerin ortalama puanları hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 2.11' de sunulmuştur. Tablodaki her bir faktör diğerlerinden bağımsız bir şekilde hesaplanmakta ve yorumlanmaktadır.

Öğrencilerin ekonomik durumlarının iyileşmesi faktörünün başarıya etki ortalama puanı örneklemin geneli için 1,123'tür. Bu puanın diğer faktörlerin ortalama puanlarıyla kıyaslandığında en yüksek puan olduğu, buradan hareketle de kişisel ekonomik durumlarının iyileşmesinin, öğrencilerin başarılarına pozitif anlamda en çok katkı sağlayan faktör olduğu yorumu yapılabilir. Öznitelik grupları açısından incelendiğinde; *ekonomik durumunun iyileşmesi* faktörünün en yüksek ortalama puanının (etkisinin) görüldüğü grup, açık öğretim tercih nedenine *örgün eğitim için yetersiz gelir düzeyine sahip olma* cevabı veren grubudur. Gelir grupları açısından ekonomik iyileşmenin faktörü değerlendirildiğine ise; bu faktörün başarıları üzerinde en az etkisi olduğunu söyleyen grup en üst gelir grubu (5000+) olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar ortalama etki puanlarının tutarlı çıkarımlara imkân sağladığını göstermektedir.

Ülkenin ekonomik durumunun kötüleşmesi faktörünün ortalama başarıya etki puanı örneklem için 0,891 olarak bulunmuştur. Bu değer 1'den küçük olması ülkenin ekonomik durumunun kötüleşmesinin öğrencilerin başarılarına negatif etki yapacağı, yani bu durum gerçekleşirse başarılarının azalacağı şeklinde yorumlanabilir. Diğer faktör ortalama puanlarıyla kıyaslandığında en düşük puanlardan biri olduğu görülmekte bu da *ekonomik iyileşme* faktörüyle tutarlı bir şekilde sonuç verdiğini göstermektedir. Açık öğretimi seçme nedeni olarak çalışırken eğitim alma olanağı sunması, ikinci diploma sahibi olma, kaçırdığı eğitim imkânını yakalama ve ilgi duyduğu alanlarda bilgi sahibi olma gibi nedenleri belirten öğrencilerin bu faktör ortalama puanı en düşüktür. Yani ülkenin ekonomik durumunun kötüleşmesi en çok bu öznitelik gruplarını etkilemektedir.

Tablo 2.11 Öz niteliklere göre başarı faktörü ortalamaları (Anket 4. Bölüm soruları için) ¹

		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Uyruk	(T.C.)	1,123	0,890	0,906	0,901	1,011	1,031	1,117	1,057	1,009	0,889
	(Diğer)	1,135	0,889	0,906	0,899	1,018	1,037	1,130	1,062	1,013	0,870
Cinsiyet	(Kadın)	1,125	0,884	0,903	0,892	1,004	1,030	1,126	1,064	1,003	0,878
	(Erkek)	1,121	0,895	0,908	0,906	1,016	1,032	1,111	1,052	1,014	0,897
Fakülte	(AÖF)	1,122	0,889	0,905	0,900	1,011	1,031	1,118	1,057	1,006	0,888
	(İktisat)	1,122	0,892	0,908	0,903	1,015	1,033	1,117	1,057	1,015	0,893
	(İşletme)	1,128	0,892	0,907	0,901	1,009	1,030	1,114	1,056	1,014	0,891
Engel	(Engelsiz)	1,123	0,890	0,906	0,900	1,011	1,031	1,117	1,057	1,009	0,889
	(Engelli)	1,114	0,907	0,930	0,923	1,018	1,030	1,123	1,086	1,020	0,917
Yaş	(17 – 24)	1,124	0,886	0,910	0,895	0,998	1,018	1,111	1,043	0,974	0,884
	(25 – 28)	1,121	0,894	0,912	0,902	1,002	1,021	1,109	1,042	0,992	0,891
	(29 – 33)	1,125	0,891	0,906	0,900	1,008	1,029	1,119	1,054	1,007	0,890
	(34 – 39)	1,127	0,890	0,900	0,901	1,018	1,040	1,125	1,069	1,028	0,887
	(40 +)	1,118	0,891	0,900	0,905	1,032	1,049	1,125	1,079	1,048	0,892
Öğr. Düzeyi	(Lisans)	1,124	0,890	0,905	0,900	1,011	1,030	1,117	1,053	1,010	0,889
	(Ön lisans)	1,122	0,891	0,907	0,901	1,011	1,032	1,118	1,060	1,008	0,889
Fakülte giriş	(ÖSYS)	1,122	0,889	0,909	0,901	1,019	1,044	1,124	1,080	1,029	0,888
	(İkinci Üni.)	1,124	0,888	0,900	0,898	1,004	1,020	1,117	1,036	0,989	0,886
	(Diğer)	1,123	0,894	0,912	0,904	1,015	1,036	1,114	1,067	1,020	0,895
Gelir	(0 – 800)	1,127	0,885	0,904	0,890	0,997	1,017	1,113	1,046	0,978	0,878
	(801-1300)	1,115	0,901	0,920	0,908	1,011	1,027	1,111	1,053	0,999	0,899
	(1301-1800)	1,111	0,898	0,917	0,906	1,009	1,031	1,106	1,055	1,007	0,899
	(1801-2400)	1,128	0,889	0,908	0,899	1,014	1,037	1,117	1,067	1,016	0,891
	(2401-5000)	1,128	0,890	0,903	0,902	1,017	1,037	1,122	1,063	1,024	0,887
	(5000 +)	1,109	0,894	0,906	0,910	1,019	1,035	1,121	1,054	1,020	0,901
Kişilik	(Dışadönük)	1,133	0,887	0,901	0,897	1,011	1,034	1,122	1,061	1,014	0,886
	(Uyumlu)	1,116	0,895	0,913	0,904	1,013	1,033	1,114	1,062	1,011	0,896
	(Sorumlu)	1,128	0,882	0,899	0,894	1,010	1,029	1,122	1,056	1,007	0,880
	(Duygusal d)	1,100	0,914	0,927	0,923	1,018	1,035	1,105	1,051	1,015	0,914
	(Deneyime a.)	1,121	0,892	0,905	0,901	1,007	1,024	1,112	1,044	0,997	0,888
Kariyer geliştirme	(H)	1,115	0,893	0,909	0,903	1,010	1,028	1,114	1,057	1,007	0,891
	(E)	1,129	0,888	0,904	0,899	1,013	1,033	1,120	1,057	1,011	0,887
Meslek sahibi olma	(H)	1,120	0,891	0,905	0,902	1,013	1,031	1,117	1,054	1,011	0,890
	(E)	1,131	0,889	0,910	0,896	1,006	1,032	1,120	1,066	1,003	0,886
Üni. Diplomasına sahip olma	(E)	1,120	0,891	0,906	0,901	1,009	1,025	1,115	1,048	1,001	0,890
	(H)	1,129	0,888	0,906	0,899	1,017	1,042	1,122	1,075	1,026	0,887
Devam zorunluluğunun olmaması	(H)	1,121	0,892	0,908	0,901	1,010	1,029	1,115	1,057	1,008	0,891
	(E)	1,129	0,884	0,899	0,898	1,017	1,040	1,127	1,056	1,012	0,881
İlgi duyduğu alanlarda bilgi sahibi olma	(H)	1,121	0,895	0,911	0,904	1,010	1,030	1,112	1,060	1,012	0,894
	(E)	1,127	0,882	0,897	0,895	1,014	1,032	1,127	1,051	1,004	0,881
Örgün eğitim için yetersiz gelir düzeyi	(H)	1,121	0,890	0,905	0,901	1,011	1,030	1,117	1,055	1,008	0,889
	(E)	1,139	0,891	0,912	0,898	1,016	1,043	1,119	1,077	1,021	0,890
Örgün eğitim için yetersiz puan	(H)	1,124	0,889	0,905	0,899	1,011	1,031	1,118	1,056	1,008	0,888
	(E)	1,107	0,919	0,937	0,926	1,018	1,040	1,109	1,086	1,025	0,920
Çalışırken eğitim alma olanağı	(H)	1,116	0,897	0,912	0,906	1,008	1,025	1,110	1,052	1,005	0,896
	(E)	1,135	0,878	0,895	0,891	1,018	1,041	1,131	1,065	1,016	0,877
İkinci diploma sahibi olma	(H)	1,118	0,896	0,911	0,905	1,015	1,034	1,115	1,064	1,018	0,895
	(E)	1,133	0,879	0,893	0,890	1,004	1,023	1,123	1,040	0,990	0,876
Kaçırıldığı eğitim imkânını yakalama	(H)	1,120	0,894	0,909	0,903	1,008	1,025	1,112	1,049	1,001	0,893
	(E)	1,132	0,881	0,897	0,893	1,022	1,048	1,133	1,080	1,031	0,879
Aile/arkadaş yönlendirmesi	(H)	1,123	0,889	0,905	0,900	1,011	1,031	1,118	1,057	1,009	0,888
	(E)	1,117	0,904	0,920	0,917	1,022	1,037	1,116	1,062	1,015	0,906
ORTALAMA		1,123	0,891	0,908	0,902	1,012	1,032	1,118	1,059	1,010	0,890

¹ F1:Öğrencinin ekonomik durumunun iyileşmesi, F2:Ülkenin ekonomik durumunun kötüleşmesi, F3:Ülkede enflasyonun artması, F4:Ülkede işsizliğin artması, F5:Çevresinde açık öğretime kayıtlı kişi sayısının artması, F6:Açıköğretim Fakültesi olan üniversite sayısının artması, F7:Online eğitim olanaklarının olması, F8:Ülkede örgün öğretime girişin kolaylaşması, F9:Ülkedeki üniversite mezunu sayısının artması, F10:Öğrencinin ödediği harç miktarının artması.

Ülkede enflasyonun artması ve ülkede işsizliğin artması faktörlerinin ortalama başarıya etki puanları sırasıyla 0,908 ve 0,902 olarak beklenildiği üzere birbirine çok yakın şekilde çıkmışlardır. Bu faktörlerin öğrencilerin başarıları üzerinde negatif yönde etkili olması, *ülkenin ekonomik durumunun kötüleşmesi* faktörü ile bağdaşır bir durumdur. Bu iki faktör için en düşük ortalama puanlara sahip öznitelik grubu; çalışırken eğitim alma olanağı sunmasından dolayı açık öğretimi tercih eden gruptur. Çalışma hayatı içinde yer alan öğrencilerin enflasyon veya işsizliğin artması gibi faktörlerden en çok etkilenen öğrenciler olması beklenir bir sonuçtur.

Çevresinde açık öğretime kayıtlı kişi sayısının artması, açıköğretim fakültesi olan üniversite sayısının artması, ülkede örgün öğretime girişin kolaylaşması ve ülkedeki üniversite mezunu sayısının artması gibi faktörlerin öğrencilerin başarıları üzerindeki etkilerine bakıldığında örneklemin geneli için bu faktörlerin çok az ölçüde pozitif etkileri olduğu görülmektedir. İlgi çekici bir şekilde *çevresinde açık öğretime kayıtlı kişi sayısının artması* yaş gruplarına göre farklı etki göstermektedir. Buna göre en genç (17-24) yaş grubunu bu durum negatif şekilde etkiler iken yaş grubu arttıkça çevresinde açık öğretime kayıtlı kişi sayısının artması kişilerin başarılarını daha fazla pozitif anlamda etkilemektedir. Yaş grupları için benzer durum *açıköğretim fakültesi olan üniversite sayısının artması* faktörü için de geçerlidir. *Ülkede örgün öğretime girişin kolaylaşmasının* başarı durumlarına en çok katkı yapacağını ifade eden grup açık öğretimi seçme nedeni olarak örgün eğitim için yetersiz puana sahip olduğunu belirten gruptur. Bu da, farklı şekilde tartışmaya ve yoruma oldukça açık bir sonuçtur. *Ülkedeki üniversite mezunu sayısının artması* faktörü öznitelik grupları bazında değerlendirildiğinde diğer faktörlerden farklılaşmaktadır. Çünkü bu faktör bazı öznitelik grupları için başarılarına pozitif katkı yaparken, bazılarına negatif şekilde etki etmektedir. Bu durumun en bariz şekilde görüldüğü gruplar yaş gruplarıdır. *Üniversite mezunu sayısının artması* daha genç yaş gruplarının başarıları üzerinde negatif etki yapmakta, daha yaşlı yaş grupları için ise pozitif etki yapmaktadır. Hatta yaş grubu arttıkça ortalama puan değeri artmaktadır. Benzer duruma fakülte giriş türü, kişilik ve gelir gruplarında da rastlanmaktadır.

Online eğitim olanaklarının olması faktörünün başarıya etki ortalama puanı örneklemin geneli için 1,118 olarak bulunmuştur. Bu oldukça dikkat çekici bir sonuçtur. Çünkü bu puan, bu faktörü ikinci en yüksek pozitif etkili faktör konumuna yerleştirmiştir. Öznitelik grupları açısından incelendiğinde; online eğitim olanaklarının olması faktörünün en yüksek ortalama puanının (etkisinin) görüldüğü gruplar, açık öğretim

tercih nedenine devam zorunluluğunun olmaması ve ilgi duyduğu alanlarda bilgi sahibi olma cevabı veren gruplardır ki bu da oldukça anlamlı bir sonuçtur. Ayrıca kadınların ikinci en yüksek ortalama puana sahip öznitelik grubu olmaları da diğer bir dikkat çekici noktadır. Bu durum, *online eğitim olanaklarının olması* durumunda kadınların daha başarılı olabileceklerini düşündükleri şeklinde yorumlanabilir.

Ödediği harç miktarının artması faktörünün ortalama başarıya etki puanı örneklem için 0,890 olarak bulunmuştur ki bu da ödenen harç miktarının artmasının öğrencilerin başarılarını olumsuz etkilediği şeklinde yorumlanabilir. Öğrenciler bu soruya harçların artmasını istemedikleri için bu şekilde görüş bildirmiş olabilirler fakat ekonomik durumun kötüleşmesi ile ilgili faktörlerle birlikte değerlendirildiğinde bu faktörün anlamlı bir şekilde çıktığı görülmektedir. Çünkü genel olarak, ekonomik kaygılar ile ilgili faktörlerin tamamının öğrencilerin başarılarına olumsuz etki yaptığı anlaşılmaktadır. Öznitelik grupları açısından ise yabancı uyruklu öğrencilerin en düşük ortalama etki puanına sahip yani harçların artmasından en olumsuz etkilenen grup olduğu görülmektedir.

2.2.3. Regresyon Analizi

Etmen tabanlı benzetim modelinde önemli noktalardan birisi de modele her turda girecek etmen sayısını belirlemektir. Bu, geliştirilen modelin yapısına göre sabit bir sayı olabileceği gibi modelde meydana gelen değişikliklerden etkilenen ve sabit olmayan bir değer de olabilir. Açıktır ki, açıköğretim sistemi modellemesinde her dönem sisteme giriş (kayıt) yapan etmenlerin (öğrencilerin) sayısı sabit olmamakta ve farklı birçok nedenden kaynaklı olabilecek şekilde her sene değişiklik göstermektedir. Çalışmada, her turda (yılda) açıköğretim sistemine yeni kayıt yaptıran öğrenci yani benzetim modeline giren etmen sayısını belirlemek amacıyla regresyon analizine başvurulmuştur.

Yeni kayıt yaptıran öğrenci sayısı üzerinde (sistem içi ve dışı) o kadar çok faktör sayılabilir ki bunu belirlemek için başlı başına farklı bir etmen benzetim modeli kurularak farklı bir çalışma yürütülebilir. Bir önceki yıl mezun olan (sistemden başarı ile ayrılan) ve pasife düşen (sistemden başarısız ayrılan) öğrenci sayıları tüm bu faktörlerin bir nevi bileşkesi olarak düşünülebilecek değişkenlerdir. Kısaca kurulan ETB modelinin çıktıları ile bu girdi miktarı arasında bir ilişki kurulabilir. Çünkü sistemi etkileyen değişikliklere göre başarılı ya da başarısız öğrenci sayıları değişiklik göstermektedir. Bundan dolayı kurulan regresyonda bağımsız değişkenler olarak t-1 yılı mezun sayısı ile t-1 yılı pasife

düşen öğrenci (dropout) sayıları alınmış ve bunların t yılı yeni kayıt sayısı (bağımlı değişkeni) üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Sistemi'nin yıllara göre öğrenci sayılarının daha durağan seyir gösterdiği bir zaman dilimine ait verilerin kullanılmasının günümüz durumunu yansıtmak adına daha anlamlı olacağı anlaşılmıştır. Bu amaçla son on yıllık (2010-2020 yılları arası) periyod ele alınmıştır. Bağımlı değişken olarak sadece t-1 yılı pasife düşen öğrenci sayısı modelde yer aldığı anda anlamlı bir regresyon modeline ulaşılmıştır. Kurulan regresyon modeline ilişkin sonuçlar Tablo 2.12'de sunulmuştur.

Tablo 2.12 Regresyon modeli çıktıları

Model Varsayımları					
Normallik		Otokolerasyon		Eşvaryanslılık	
Kolmogorov-Smirnov Sig.= 0.20 (Hata terimleri normal dağılmakta)		Durbin-Watson = 1.89 (Otokolerasyon yok)		Spearman korelasyon Sig. = 0,96 (Hata terimlerinin varyansları eşit)	
Model Özeti					
R	R Kare	Düzeltilmiş R Kare	Tahminlerin Standart Hatası		
0,674	0,455	0,377	46403,41		
ANOVA					
Model	Kareler Toplamı	Sd.	Ortalama Kare	F	Sig. (olasılık)
Regresyon	1,257e+10	1	1,257e+10	5,836	0,046
Kalıntılar	1,507e+10	7	2153276811		
Toplam	2,764e+10	8			
Katsayılar					
Model	B	Standart Hata	Standardize B	t	Sig. (olasılık)
(Sabit)	538312,8	50936,763		10,568	0,000
T-1_yılı Pasife Düşen Sayısı	-0,575	0,238	-0,674	-2,416	0,046

Elde edilen sonuçlara göre kurulan regresyon modeli ve beta katsayıları anlamlı ($p < 0,05$) bulunmuştur. Buna göre her sene sabit 538312 öğrenci, pasife düşen öğrenci sayısından bağımsız şekilde yeni kayıt yaptırmakta ve her pasife düşen öğrenci sayısı yeni kayıt sayısını 0,575 oranında azaltmaktadır. Bu bulgular göstermektedir ki regresyon modeli benzetim modelinde kullanılmaya uygundur ve bu sayede benzetim modelinin etmen çıktı sayıları aynı zamanda modelin etmen girdi sayısı üzerinde bir etken olarak kullanılabilir.

2.2.4. Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) Modeli ve Analizi

Herhangi bir benzetim modeli daha önce açıklandığı üzere bir takım girdi, süreç ve çıktılardan oluşur. Süreç, ancak bu girdi ve çıktıların eksiksiz ve kesin olarak belirlenmesi

ile doğru şekilde tanımlanabilir. Bu çalışmada kurulan etmen tabanlı benzetim modelindeki en önemli ve süreci yönlendiren en temel girdi öğrencilerin genel not ortalamalarıdır. Model kurma aşamasında detaylı şekilde açıklanacağı üzere, her bir öğrencinin sahip olduğu özniteliklerine göre öncelikle not ortalamasının ne olacağı tahmin edilmiş, daha sonra bu tahmin edilen değere çeşitli olasılık süreçleri ve sistem içinde veya dışında meydana gelen değişikliklerin (özniteliklerine göre) öğrencinin başarısı üzerindeki etki katsayıları ilave edilerek her bir öğrencinin içinde bulunduğu her dönem için başarı durumu (not ortalamasında meydana gelen değişim baz alınarak) hesaplanmıştır. Bu işlem, her bir etmen için her turda tekrar yapılarak benzetim süreci oluşturulmuştur. Bu yüzden çalışmanın bel kemiğini öğrencilerin genel not ortalamalarının tahmin edilmesi oluşturmaktadır.

Not ortalamalarının tahmin etmek, çalışmada kurulan benzetim modelinden ayrı olarak da önemli bir konudur. Literatürde bu konu üzerine farklı öznitelikler ve metotların kullanıldığı çok sayıda çalışmaya rastlanmaktadır (Hardgrave vd. (1994), Oancea vd. (2013), Anderson (2016), Al-Barrak ve Al-Razgan (2016), Iqbal vd. (2017), Aydemir (2017), Gök (2017), Iyanda (2018), Abbasoğlu (2020)). Bu çalışmada da hem multinominal lojistik regresyon, karar ağaçları, destek vektör makinaları birçok makine öğrenmesi yöntemi hem de evrişimli sinir ağları (CNN), Tekrarlayan sinir ağları (RNN) gibi farklı derin öğrenme yöntemleri denenmiş fakat derin öğrenme metotlarından olan çok katmanlı algılayıcı (ÇKA) yöntemi ile analiz gerçekleştirilmiştir. Çünkü buradan elde edilecek tahmin modeli benzetim modeli içine entegre edileceğinden sadece en yüksek başarı oranına erişen tahmin modeli değil, aynı zamanda benzetim içine konumlandırmaya imkân sağlayan ve benzetim modelinin çalışmasına olanak sağlayacak işlemci kapasitesi dahilinde en iyi tahmin modeli kullanılmıştır. Kısaca en optimum tahmin metodu seçilmiştir. Esasen, bu çalışmada kullanılan benzetim modelinin en güçlü yanı, temel olarak kullandığı değişkeni bir derin öğrenme metodu ile analiz etmesi ve öğrenmesi, bunu da model çalışırken oluşturan her bir etmen için sürekli yapmasıdır.

Çok katmanlı algılayıcı (ÇKA) analizinde, çalışmanın veri ambarında yer alan ve öznitelik belirten değişkenlerin (one hot encoding) dönüşüm uygulanarak ikili biçime dönüştürülmüş halleri ile eğilim grupları ve yaş (numerik şekliyle) değişkeni temel girdiler olarak kullanılmıştır. Buna ek olarak öğrencilerin anketlere verdikleri başarılarını etkileyen faktörler ile ilgili cevaplar da girdi verilerine eklenmiştir. Bu cevaplarının kullanılmasının nedeni ölçümlenemeyen fakat öğrencinin sahip olduğu gizli eğilimi ve

öznitelikleri de ortaya çıkarmaktır. Test edilen modeller arasında en yüksek başarıya bu verilerle erişilmiştir. Sonuç itibariyle çalışmada, öğrenilmesi ve tahmin edilmesi istenilen değişken olan öğrencilerin genel not ortalaması değişkenine ek 71 değişken yer almaktadır.

R programlama dili ile gerçekleştirilen analizde *keras* kütüphanesi kullanılmıştır. Keras, makine öğrenimi platformu TensorFlow üzerinde çalışan, Python’da yazılmış, derin öğrenme için bir (API) uygulama programlama ara yüzüdür (Keras, 2020). R içinde yer alan *Keras* paketi ise Keras’ a bir R ara yüzü sağlamaktadır. Keras kullanılarak çok hızlı bir şekilde derin öğrenme algoritmaları oluşturabilmekte ve kullanılabilir. Çalışmada kullanılan almaya ait kod dizilimi Ek-2’de sunulmuştur.

ÇKA metodunda denetimli öğrenme tekniğini kullanıldığından veri seti öncelikle test ve eğitim olarak rastgele şekilde ikiye ayrılmıştır. Eğitim veri setinde verilerin %80’i yer almakta ve öğrenme bu veriler ile gerçekleşmekte, test veri setinde ise kalan %20 ile model test edilmektedir. Ayrıca eğitim veri setinin de %20’lik kısmı, uygulanan modelin iyileştirilmeye çalışıldığı doğrulama (validation) veri seti olarak ayrılmıştır. ÇKA model kurma aşamasında mini-yığın boyutu, optimizasyon algoritması, tur sayısı, aktivasyon fonksiyonu, seyreltme değeri gibi hiper parametreler için farklı değerler içeren kombinasyonları kullanılarak çok sayıda deneme gerçekleştirilmiş en uygun performans kriterlerinin elde edildiği model çalışmada kullanılmıştır.

Tablo 2.13’te çalışmada kullanılan ÇKA modeline ilişkin hiper parametreler ve aldıkları değerler (model mimarisi) görülmektedir. ÇKA modelinde giriş ve çıkış katmanı dışında beş gizli katman yer almaktadır. Giriş katmanında öznitelik sayısı kadar nöron bulunmakta, çıkış katmanında ise sürekli bir değişken elde edileceğinden sadece 1 nöron bulunmaktadır. Ayrıca birinci gizli katmana seyreltme uygulanmış ve 0.2 eşik değerinin altındaki nöronlar devre dışı bırakılmıştır. Modelde toplam 7393 parametre kullanılmaktadır. Modeldeki her iterasyonda meydana gelen eğitim ve doğrulama seti üzerindeki (öğrenme eğrileri) doğruluk oranları ve kayıp fonksiyonu değerleri Şekil 2.5’te gösterilmiştir.

Tablo 2.13 ÇKA model mimarisi

	Nöron Sayısı	Aktivasyon Fonksiyonu
Giriş Katmanı	71	
Gizli Katman 1	64	Hiperbolik Tanjant (Tanh)
Seyreltme (Dropout): 0.2		
Gizli Katman 2	32	Hiperbolik Tanjant (Tanh)
Gizli Katman 3	16	Doğrultulmuş Lineer Birim (ReLU)
Gizli Katman 4	8	Hiperbolik Tanjant (Tanh)
Gizli Katman 5	4	Doğrultulmuş Lineer Birim (ReLU)
Çıkış Katmanı	1	Lineer

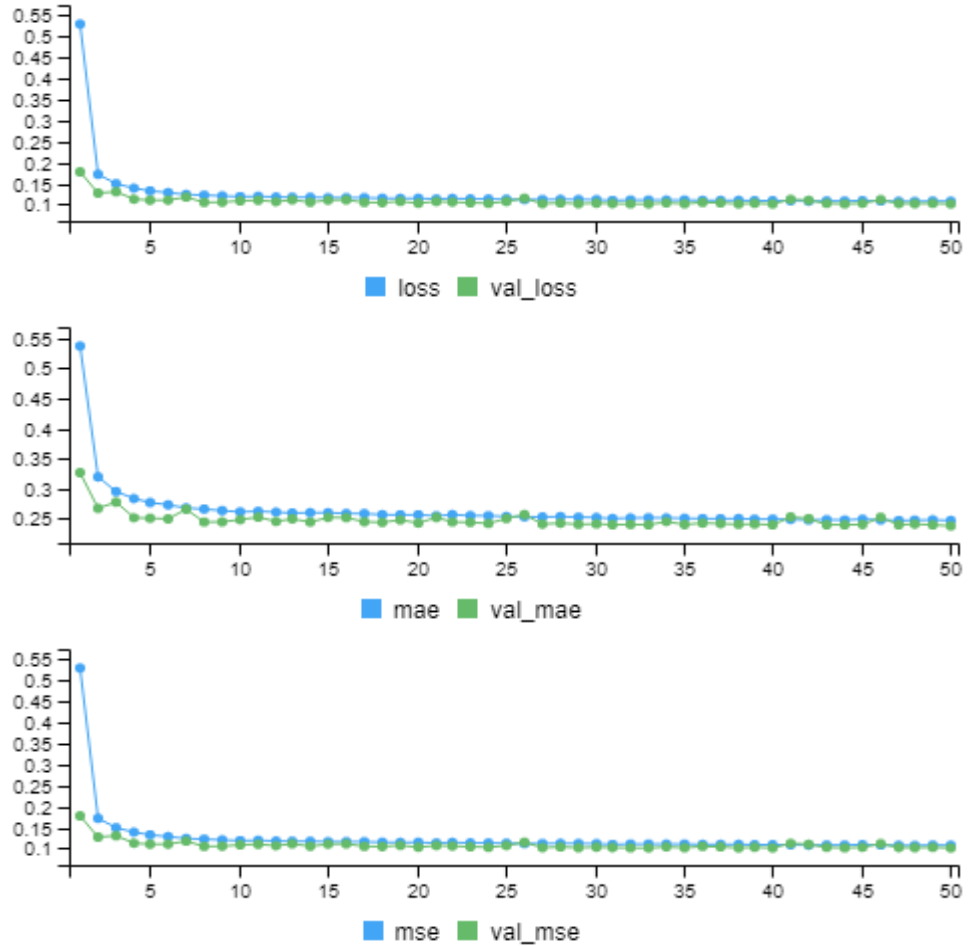
Kayıp Fonksiyonu: Ortalama Kare Hata (MSE)

Optimizasyon Algoritması: Adam (Adaptif momentum)

Ölçüm: Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Kare Hata (MSE)

Tur (Epoch) sayısı: 50

Yığın boyutu: 64



Şekil 2.5 Performans ve kayıp fonksiyonu değerleri (Öğrenme Eğrileri)

Çalışmada öğrenilmesi ve tahmin edilmesi istenilen not ortalaması değişkeni sürekli değerlerden oluştuğundan dolayı temel performans ölçütleri olarak ortalama kare hata (MSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) hata ölçütleri kullanılmaktadır. Tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki farklar (e) kullanılarak hesaplanan bu performans ölçütleri;

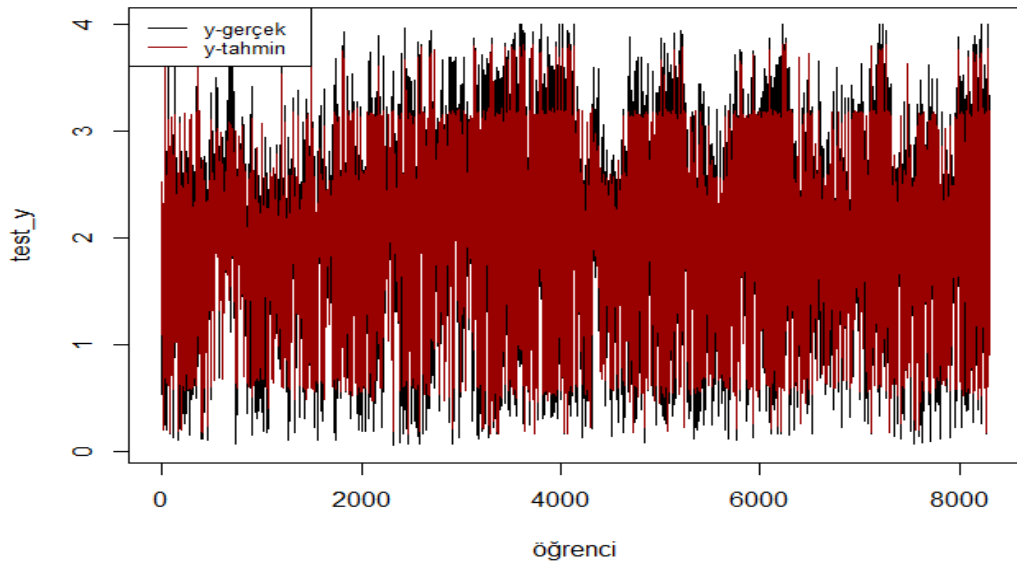
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (2.2)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (2.3)$$

denklemleriyle hesaplanır. Oluşturulan ÇKA modelinin performans değerlendirme ölçütlerine ait sonuçları Tablo 2.14'te, test veri setinde yer alan değerler (y) ile bunların tahmin değerleri ($\hat{y}$) ise Şekil 2.6'da sunulmuştur.

Tablo 2.14 ÇKA model performans değerleri

	Ortalama Mutlak Hata (MAE)	Ortalama Kare Hata (MSE)
Eğitim Veri Seti	0.2383	0.1016
Test Veri Seti	0.2451	0.1093



Şekil 2.6 Test veri seti için tahmin ve gerçek değer örüntüsü

Literatürde çok rastlanmayan bir şekilde bu çalışmada metrik üzerinden hesaplama yapılmış ve ortalama 0.24 hata ile doğru hesaplanmıştır. Not ortalamalarının 0 ile 4.00 arasında değer aldığı düşünülürse yapılan tahminlerde ortalama % 6 hata payı olduğu şeklinde yorum yapılabilir. Elde edilen bu sonuçlara göre, geliştirilen ÇKA modelinin öğrencilerin not ortalamalarını hesaplamada yüksek oranda başarılı olduğu söylenebilir. Böylelikle, geliştirilen ÇKA modelinin etmen tabanlı benzetim modeli içinde güvenle kullanılabileceği ve benzetim modelinin başarısını artıracak çıkarımı yapılabilir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. UYGULAMA: ETMEN TABANLI BENZETİM MODELİ

Yönetim bilgi sistemleri tasarlanırken sistemin mimari yapısı, bileşenleri ve kullandığı modellerin doğru tanımlanması ve sistemin buna göre yapılandırılması, sistemin etkin ve verimli çalışabilmesi açısından oldukça önemlidir. Ayrıca, çözülmek istenilen problemlere ya da karar vermeyi gerektiren durumlara özgü tasarlanmalıdırlar. Kısaca bir yönetim bilgi sistemi geliştirme aşamasında çok sayıda faktör göz önüne alınmaktadır. Bu anlamda yönetim bilgi sisteminin kalbi olan model kurma ve test etme aşaması için bu çalışmanın en önemli ve en çok üzerinde durulan bölümü şeklinde nitelendirme yapmak doğru olacaktır.

Çalışmada geliştirilen yönetim bilgi sistemi, sistemin durumunu analiz etmeye yardımcı olmak amacıyla kurulmuş ve girdi, işlem, çıktı sürecine sahip bir sistemdir. Ayrıca, temelinde yer alan etmen tabanlı benzetim için veriler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak, veri tabanlarından kural ve örüntüleri keşfetmek amacıyla istatistiksel ve analitik yöntemler kullanarak faydalı bilgi üretmektedir. Ek olarak analiz metodu olarak bir yapay zekâ tekniğini de barındırmaktadır. Bu açılarından değerlendirildiğinde hibrit bir yapı karşımıza çıkmaktadır.

Geliştirilen bir yönetim bilgi sisteminin en önemli hususlarından biri temelinde yer alan model ya da modellerdir. Benzetim modelleri gerçek sistemleri modelleyerek sistemler üzerinde deney yapma imkânı sunması açısından yönetim bilgi sistemleri ile entegre olmaya müsait bir metot olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmada geliştirilen yönetim bilgi sisteminin de temelinde benzetim modellerinden biri olan etmen tabanlı benzetim modeli yer almaktadır. Daha önce detaylı açıklandığı üzere, geliştirilen bu benzetim tabanlı yönetim bilgi sistemiyle; açıköğretim sistemi içinde yer alan öğrenciler simüle edilerek, sistem içinde ve dışında meydana gelebilecek değişikliklerin, öğrencilerin bireysel başarıları üzerindeki ve bunun bir sonucu olarak sistem üzerindeki etkisini göstermek amaçlanmaktadır. Bu sayede sistemin sürdürülebilirliği noktasında karar vericilere önemli çıktılar sunulabilecektir. Ayrıca geliştirilen model Bonabeau (2002) tarafından vurgulanan etmen tabanlı benzetimin ek faydalarını bünyesinde barındıracak, yani olgu ve olayları tam yansıtacak, sistemin doğal yapısını sunacak ve esnek modellemeye olanak sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Çalışmada geliştirilen etmen tabanlı benzetim modeli; içinde birçok rassal girdi barındırdığından ve buna bağlı olarak model çıktıları önceden tam olarak tahmin edilemez şekilde olduğundan dolayı stokastik, zaman faktörünü içerdği yani zamanın her anında sistem ve içindeki durum değişkenleri değişebilir ve güncellenebilir yapıda olduğu için dinamik ve her ne kadar modelin içerdği zaman faktörü sürekli gibi görünse de meydana gelen değişiklikleri modelin işlemcisi iki zaman arasında işleyip her bir durum değişimini o zaman birimi (eğitim öğretim yılı) sonunda gösterdiği için kesikli yapıda bir modeldir.

Tezin bu üçüncü ve son bölümünde, birinci bölümde açıklanan kavramlar kullanılarak, ikinci bölümden elde edilen veri ve çıkarımlarla oluşturulan kurallar çerçevesinde geliştirilen benzetim modeli ayrıntıları ile sunulmaktadır. İlk olarak etmen tabanlı benzetim uygulama ortamı tanıtılmış, modelin kavramsal yapısı ise; bileşenleri, algoritması, arayüzü, varsayımları ve kısıtları alt başlıklarıyla açıklanmıştır. Daha sonra modelin geçerlilik ve güvenilirliği tartışılıp, modelin bulgularının ortaya konmasını takiben, test edilmek istenilen senaryo ve politikalara ait çıktılar karşılaştırmalı bir şekilde sunulmuştur.

3.1. Model uygulama ortamı: NetLogo

Etmen tabanlı benzetim modellerinin kullanım alanlarının ve kullanım sıklığının artışına paralel olarak modelleri tasarlamaya imkân veren platform (modelleme aracı) sayısı ve türü de çoğalmakta ve çeşitlenmektedir. Daha önce belirtildiği üzere ETB modelleri birçok farklı alanda ve disiplinde farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bu da doğal olarak kullanım alanına, yapısına, karmaşıklığına, kullandığı dile vs. göre farklı ETB platformlarının geliştirilmesine neden olmuştur. Abar vd. (2017) ETB yazılımlarını karşılaştırdığı çalışmada seksen beş adet yazılımdan bahsetmektedir. Hem yazılım firmaları hem bilimsel kuruluşlar farklı amaçlar için farklı türde ETB platformları geliştirmektedirler. Hatta bireylerin bile ulaşmak istedikleri hedefler doğrultusunda kişiye-konuya özel ETB platformları geliştirdiği durumlar da vardır.

ETB platformları sahip oldukları özellikler bakımından çeşitli şekillerde kategorize edilmektedirler. Abar vd. (2017) modelleme kapasitesi (küçük, orta, büyük, ekstrem ölçek) ile model geliştirme zorluğuna (kolay, orta, zor) göre ETB yazılımlarını sınıflandırmış, Bandini vd. (2009) genel amaçlı çerçeve sağlayanlar, genel amaçlı programlama dilleri tabanlı çerçeve sunanlar, üst düzey dil desteği sağlayanlar şeklinde

üç grupta toplamış, Macal ve North (2008) ise yazılımların ölçeklerine göre hafif (masaüstü ETB), ve geniş ölçekli platformlar şeklinde açıklamıştır. Ayrıca bu çalışmalarda ETB platformlarının detayları ve ETB modellemesi yapılacak alana göre hangi platformun seçilmesi gerektiğine ait bilgi de verilmektedir. Genel olarak, ETB literatürü incelendiğinde çalışmalarda en çok adı geçen ve en çok kullanılan ETB platformları arasında “NetLogo”, “StarLogo”, “Repast”, “Swarm”, “MASON” ve “AnyLogic” yazılımları dikkat çekmektedirler.

Çok etmenli şekilde programlanabilir benzetim modeli geliştirme ortamı olan NetLogo, günümüzde en yaygın kullanılan ETB platformlarından biridir (Blikstein vd. 2005). Uri Wilensky tarafından Northwestern Üniversitesi’nde “Center for Connected Learning and Computer Based Modelling (CCL)” bünyesinde geliştirilmiştir ([http-1](http://1)). Küresel ölçekte “kullanıcı topluluğuna” sahip NetLogo’ya ücretsiz olarak erişilebilmekte, ayrıca NetLogo-Web üzerinden çevrimiçi olarak da kullanılabilir. Logo programlama dilinin modifiye edilmiş bir sürümünü kullanan NetLogo, başlangıçta destekleyici eğitim materyali olarak geliştirilmiş fakat geniş bir uygulama alanı edinmiştir (Macal ve North, 2008). Sahip olduğu “örnekler kütüphanesi” ve kullanıcı topluluğu tarafından yayınlanan örnekler, kimyadan, matematiğe, tıptan, sosyal bilimlere kadar birçok alanda NetLogo’nun başarılı bir şekilde kullanıldığını gözler önüne sermektedir. Açık ki, ETB platformları arasındaki yaygınlığı ve başarısı NetLogo’nun sağladığı avantajlardan kaynaklanmaktadır. Bu avantajların başında NetLogo’nun kolayca okunabilir bir kod yapısına sahip olması yani kod diziliminin her hangi bir (pseudo) sözde-kod kadar kolay okunmasıdır (Wilensky ve Rand, 2015). Ayrıca NetLogo; “öğrenilmesi ve uygulama yapması kolay olduğu kadar, en üst düzey modellemelere imkân verecek şekilde geliştirilebilir bir yapıda olduğu” anlamına gelen “düşük eşikli, tavansız” prensibi ile oluşturulmuş bir yazılımdır (Wilensky ve Rand, 2015). Yerleşik grafik arayüzlere sahip olması ve kapsamlı dokümantasyon sağlaması sayesinde en üst düzey platform olarak nitelendirilebilir (Railsback vd., 2006). Özetle, NetLogo, iyi yazılmış ve kurulumu, kullanımı, genişletilmesi, yayınlanması kolay olan ve çevrimiçi imkân da sağlayan ortamdır (Sklar, 2007).

NetLogo farklı programlama dilleri ile entegrasyon sağlayan paketler ve uzantılar geliştirilmesine ve kullanılmasına olanak tanımaktadır. Thiele ve Grimm (2010) tarafından geliştirilen “R-extension” sayesinde NetLogo içinde R programlama dilini kullanma imkânı doğmuştur. Böylelikle NetLogo içinde etkileşimli bir R ortamı açabilir,

geliştirilen ETB modeli ile R arasında veri ve bilgi alışverişi yapılabilir hale gelmiştir. Bu da geliştirilen ETB modelinin farklı istatistiksel ve matematiksel modellerle bir arada kullanılmasına fırsat vermiştir.

Daha önceki bölümlerde detaylandırıldığı üzere bu çalışmanın ana hedefi bir yönetim bilgi sistemi geliştirmek olduğundan ETB uygulama ortamının ve özellikle arayüzünün alana uzak kişiler için bile kolaylıkla anlaşılabilir ve uygulanabilir bir yapıda olması gereklidir. Ayrıca geliştirilen ETB modelinin, içinde derin öğrenme gibi ileri analiz yöntemlerinin kullanılmasına da olanak tanınması istenmektedir. İşte NetLogo hem gerekli olan kullanım kolaylığını sunmakta, hem de R programlama dili ile bütünleşebilme imkânı sağlayarak derin öğrenme analizlerini ETB içinde kullanma isteğini karşılayabilmektedir. Genel olarak yukarıda açıklanan sunduğu diğer avantajlar da göz önüne alınarak bu çalışmada ETB yazılımı olarak NetLogo kullanımına karar verilmiştir.

3.2. Modelin Kavramsal Yapısı

Açıköğretim sistemlerinin temelinde, öğrencilerin üniversite tarafından sunulan materyal, program ve desteklerden yararlanarak eğitimlerini bireysel olarak bulundukları yerde yürütebilme mantığı yatmaktadır. Bu anlamda alışlagelmiş eğitim sisteminden ayrılmaktadır. Bu da açıköğretim sistemini modellemede farklı zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Çünkü fiziksel bir sınıf ortamı olmadığından öğrencileri gözlemleyerek kural, örüntü ve ilişkilerin ortaya çıkarılma imkânı yoktur. Bunları ortaya çıkarmak için öğrencilerin bireysel ve sistemin kitlesel verilerini toplama ve analiz etme süreci gerekmektedir. Buna ek olarak bir de benzetim modeli bir yönetim bilgi sistemi tabanında yer alacak ise modelin karar vericiler için görsel olarak anlaşılması ve kullanılması kolay olma gerekliliği de söz konusudur. Kısaca, soyut olan bir model somut hale dönüştürülmelidir. Bu hedef doğrultusunda ikinci bölümde detaylı açıklandığı üzere makro veri sunan veri kaynaklarından, Açıköğretim sistemi veri tabanlarından ve öğrencilerden veriler toplanmış, bunlar neticesinde kural ve örüntüler keşfedilmiştir. Bunların üzerine de modelin kavramsal yapısı inşa edilmiştir.

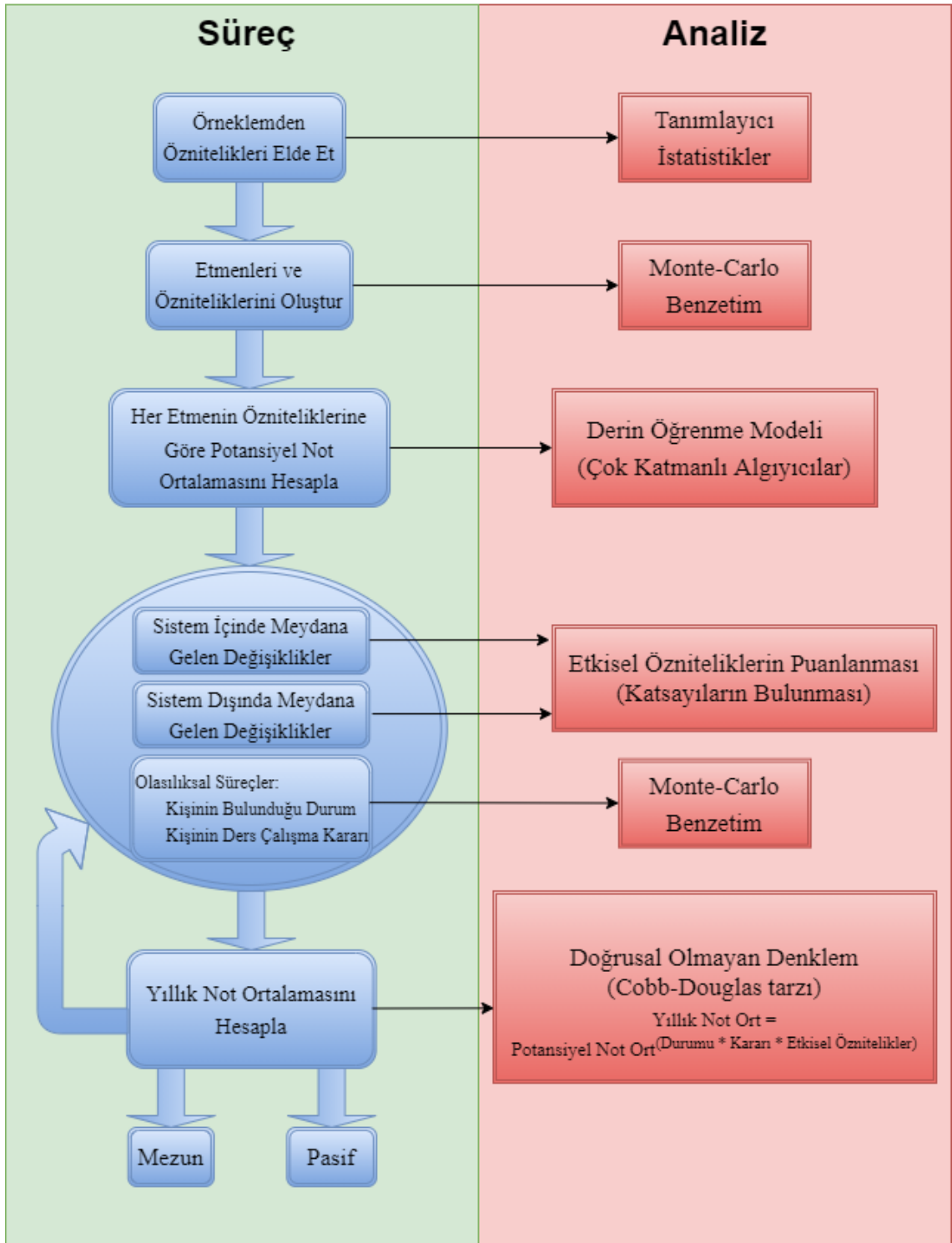
Kurulan modelle öncelikle öğrencilerin başarı durumlarına etki eden faktörlerin ve bunların etki düzeylerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Çünkü bu sayede hem sistemin hali hazırdaki (durağan) durumu, hem de faktörlerde oluşabilecek değişiklikler neticesinde sistemin durumu görülebilmektedir. Doğal olarak bu amaç doğrultusunda

modelin yapısı iki temel aşama üstüne kurulmuştur. Birinci aşama, öğrencilerin sahip olduğu özelliklere göre ne kadar başarılı olacağını (kendisinden beklenen potansiyel not ortalamasını) gerçeğe en yakın şekilde tahmin etmektir ki bu modeldeki en zorlu süreçtir. Bu da farklı analiz yöntemlerine başvurmaya sebep olmuş ve derin öğrenme metotlarından biri olan çok katmanlı algılayıcılar bu amaçla kullanılmıştır. İkinci aşama ise öğrencilerin tahmin edilen (potansiyel) not ortalamalarının her bir eğitim yılı bazında olasılıksal süreçler ve/veya sistem içinde-dışında meydana gelen değişikliklere göre nasıl değiştiğini saptamak yani yıllık not ortalamasını tahmin etmektir. Kısaca, birinci aşama ile açıköğretim sistemindeki öğrenci ve başarı profili simüle edilmiş, ikinci aşama ile değişikliklerin etkisi simüle edilmiştir.

Bir benzetim modeli tanımlanırken modelin girdi ve çıktıları önemli bir yere sahiptir. Çalışmadaki benzetim modelinin temel girdileri, öğrencileri tanımlamada kullanılan (Bölüm 2.1.2’ de detaylı şekilde açıklanan) değişkenlerdir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan derin öğrenme analizi sonucu elde edilen “tahmini not ortalaması” değişkeni de modele girdi olarak kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak olasılıksal süreçleri modele dahil etme amacıyla oluşturulmuş kişinin “durumu” ve “kararı” değişkenleri de yer almaktadır. Model içinde her bir etmen eğitimini sürdürdüğü süreç sonunda ya mezun olmakta ya da pasife düşmektedir. Dolayısıyla, kitlesel bazda düşünüldüğünde benzetim modelinin temel çıktıları “yıllık mezun olan öğrenci sayısı” ve “yıllık pasife düşen öğrenci sayısı” değişkenleridir. Bu değişkenlerden yola çıkarak birçok farklı değişken de tanımlanabilmektedir.

Modelin genel kavramsal yapısı, etmenleri oluşturma, potansiyel not ortalamalarını tahmin etme, sistem içinde-dışında gelişen durumların ve olasılıksal süreçlerin etkisini de yansıtır iteratif şekilde yıllık not ortalamalarını hesaplayarak etmenlerin durumuna karar verme şeklinde özetlenebilir. Bu yapı daha açık olarak Şekil 3.1’de yer alan diyagramda görülmektedir.

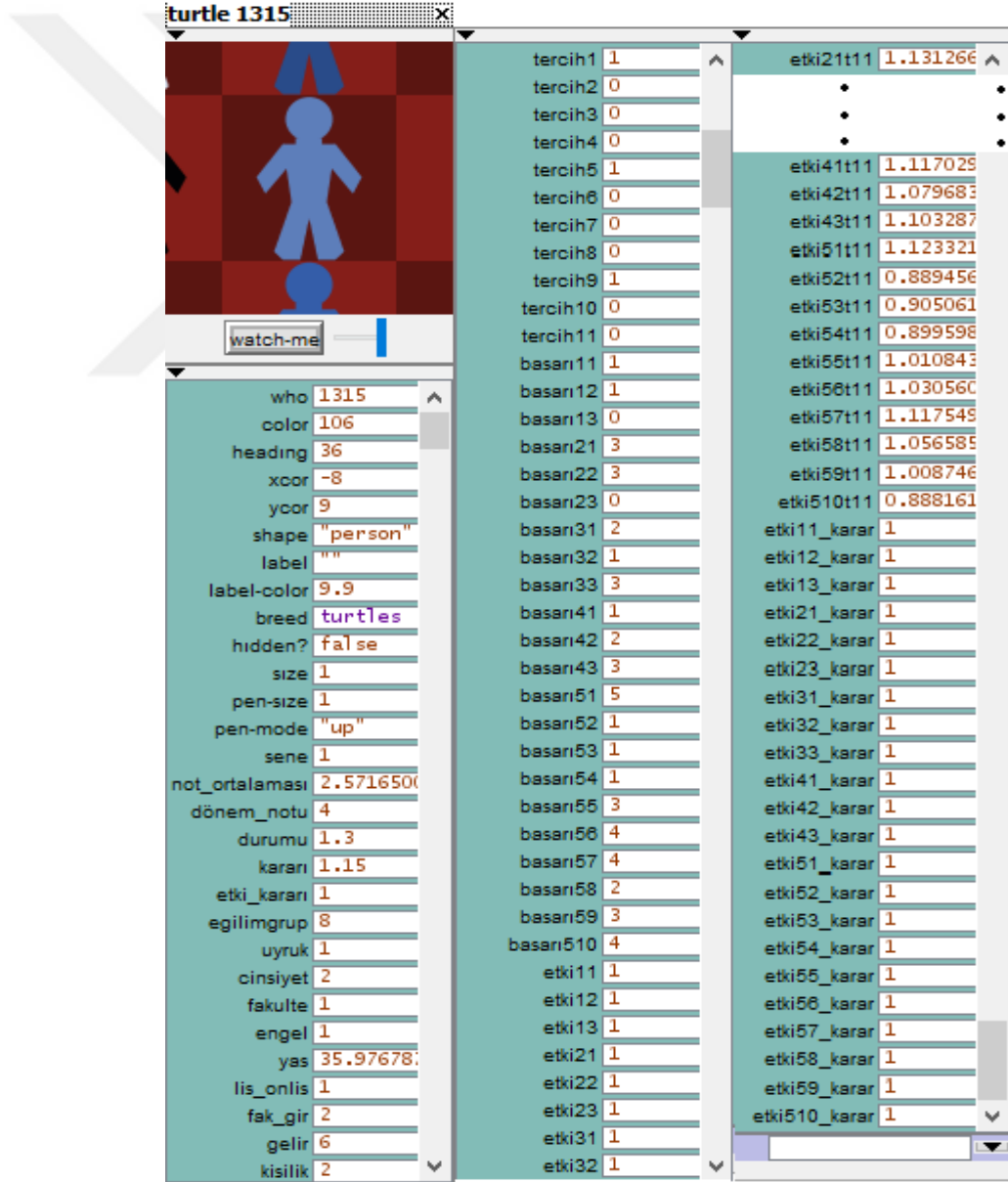
Modelin kavramsal yapısına ait detaylar dört alt bölümde ele alınmaktadır. İlk bölümde etmen, etmen ilişkileri ve etmenin çevresi kavramları detaylandırılarak etmen oluşturma aşaması ve etmenlerin benzetim modeli içerisindeki süreci açıklanmaktadır. İkinci bölümde model algoritması ayrıntıları ile sunulmaktadır. Üçüncü bölümde, model arayüzü tanıtılıp son bölümde ise modelin varsayımları ve kısıtları tartışılarak kavramsal yapı tüm yönleriyle açıklanmaktadır.



Şekil 3.1 Modelin Kavramsal Yapısı

3.2.1. Model Bileşenleri

Bir ETB modelindeki bileşenlerden ilki etmenlerdir. Doğal olarak bir ETB modelleme süreci etmenlerin tanımlanması ile başlar. Her bir etmen için hem model girdi değişkenleri hem de model içinde türetilen ek değişkenler olmak üzere toplam 555 değişken tanımlanmıştır. Yani her bir etmende bazıları her turda değişen bazıları sabit olan 555 farklı değer yer almaktadır. Bunlardan bir kısmı etmenin sahip olduğu öz niteliklere ait alt gruplar iken bir kısmı da bu öz nitelikler sonucu oluşturulmuş nümerik ya da ikili (binary) değişken niteliğindeki değerlerdir. Bu değişkenlerin (bir kısmının) benzetim modeli içindeki gösterimine ait örnek Şekil 3.2’ de sunulmuştur.



Şekil 3.2 Etmenlerin sahip olduğu değişkenler (NetLogo görüntüsü)

Çalışmada öğrencileri temsil eden ve onların özelliklerine sahip etmenler üretmek amacıyla, 2. Bölümde detaylı olarak tanıtılan veriler ışığında Monte-Carlo benzetim yöntemi kullanılmıştır. Buna göre; öncelikle her bir öznitelik kümesinin (yaş, cinsiyet, uyruk, gelir düzeyi, fakülte, engel durumu, öğrenim düzeyi, fakülte giriş türü, kişilik, eğilim grubu, öğrenim motivasyonu (x11 öznitelik), başarı faktörleri (x22 öznitelik)) birikimli örneklem dağılımları oluşturulmuştur. Daha sonra her bir etmen için her biri farklı öznitelik kümelerinde kullanılmak üzere rassal sayılar üretilmiştir. Her bir etmenin ilgili özniteliğin hangi alt kümesi içinde yer aldığı, bu üretilen sayının ilgili öznitelik kümesinin birikimli örneklem dağılımında düştüğü aralığa göre belirlenmiştir. Bunu bir örnek ile açıklamak gerekirse; Fakülte değişkeninin örneklem dağılımı, Açıköğretim Fakültesi %66,61, İktisat Fakültesi %17,90, İşletme Fakültesi %15,48 şeklindedir. Buna göre her bir etmen için “fakülte” rassal sayı üretici çalıştırılmış ve gelen sayı 66,61’den küçükse etmen Açıköğretim Fakültesi, 66,62 ile 84,52 arasında ise İktisat Fakültesi, 84,53’ten büyük ise İşletme Fakültesi öğrencisi şeklinde tanımlanmıştır.

Temel öznitelikler olarak tanımlanan bu öznitelikler (ve bunların gerekli dönüşüm yapılmış halleri) ile öğrencilerin potansiyel not ortalamaları (sistem sonu potansiyel başarı durumları) derin öğrenme analiziyle hesaplanmıştır. Bu işlem her bir etmen sisteme girdiğinde bir kez yapılmakta ve not ortalaması özniteliği şeklinde etmen verilerine kaydedilmektedir. Diğer süreçlerde bu hesaplanan değer üzerinden işlemler yapılmaktadır. Modelde bunlara ek olarak içsel ve dışsal faktörlerde meydana gelen değişimlerin etmenlerin başarıları üzerindeki etkilerini gösteren “etkisel öznitelikler” de tanımlanmıştır. Fakat bu özniteliklerinin modelde yer alma biçimi temel özniteliklerden farklıdır. Burada öğrencilere yapılan anket çalışmasının üçüncü ve dördüncü bölümünden elde edilen ve Bölüm 2.2.2’ de detaylı olarak sunulan veriler kullanılmıştır. Tablo 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 ve 2.11’de görüldüğü üzere her bir öznitelik alt grubu için her bir başarı faktörünün puanı farklıdır. Etmenlerin etkisel özniteliklerinde bu puanlar kullanılmaktadır. Buna göre her bir etmenin temel özniteliklerinin alt gruplarının (kadın, erkek, lisans, ön lisans vs.) başarı faktörü puanlarının ortalamaları alınarak o etmenin ilgili etkisel öznitelik puanı elde edilmiştir. Eğer bu puan, örneklem ortalamasından fazla ise o başarı faktörü o etmeni bu puan ölçüsünde etkilemektedir.

Etkisel öznitelik değerlerinin hesaplanması bir örnekle daha iyi anlaşılabilir. Sözelimi, “kişisel ekonomik durumun iyileşmesinin etmenin başarısı üzerindeki etki puanını” yani “etki_{51ort}” etkisel değişken değerini hesaplamak isteyelim ve bu etmenin

Tablo 3.1’de verilen özniteliklere sahip olduğunu varsayalım. Buna göre etmen; kişisel ekonomik durumunun iyileşmesinin başarısına etki puanı olarak T.C. uyruklu öğrencilerin başarı puanı ortalaması olan 1,123, kadınların ortalaması olan 1,125, AÖF öğrencileri ortalaması olan 1,122 vb. şeklinde ortalama değerleri alarak, tüm bu değerlerin aritmetik ortalamasına sahip olacaktır. Yani etmen için kişisel ekonomik durumunun iyileşmesinin, başarısı üzerindeki etki puanı (etki51ort etkisel değişken değeri) 1,1234 olacaktır. Bu değer örneklem ortalaması olan 1,1228’den büyük olduğu için eğer bu değişim (kişilerin ekonomik durumunun iyileşmesi) gerçekleşirse kişinin etki51 puanı 1,1234 olarak hesaba katılacaktır.

Tablo 3.1 Örnek etmen öznitelikleri ve etkisel öznitelik puanları

Öznitelik	(Alt grup)	Alt gruba ait “başarı faktör ortalaması” puanı
Uyruk	(T.C.)	1,123
Cinsiyet	(Kadın)	1,125
Fakülte	(AÖF)	1,122
Engel	(Engelsiz)	1,123
Yaş	(17 – 24)	1,124
Öğr. Düzeyi	(Lisans)	1,124
Fakülte girişi	(ÖSYS)	1,122
Gelir	(0 – 800)	1,127
Kişilik	(Dışadönük)	1,133
Kariyer geliştirme	(H)	1,115
Meslek sahibi olma	(E)	1,131
Üni. Diplomasına sahip olma	(E)	1,120
Devam zorunluluğunun olmaması	(E)	1,129
İlgi duyduğu alanlarda bilgi sahibi olma	(H)	1,121
Örgün eğitim için yetersiz gelir düzeyi	(H)	1,121
Örgün eğitim için yetersiz puan	(E)	1,107
Çalışırken eğitim alma olanağı	(E)	1,135
İkinci diploma sahibi olma	(H)	1,118
Kaçırdığı eğitim imkânını yakalama	(E)	1,132
Aile/arkadaş yönlendirmesi	(E)	1,117
PUAN ORTALAMASI		1,1234

ETB modelinin temel bileşenlerinden olan etmen ilişkileri, etkisel öznitelik değerleriyle ortaya çıkarılmaktadır. Çünkü daha önce açıklandığı üzere somut sınıf ortamının olmadığı bir durumda etmenlerin diğer etmenlerle ilişkilerini ve iletişimlerini gözlemlene imkânı yoktur. Bu yüzden ankette sorulan “üniversiteyle iletişim düzeyi”, “öğrencilerle iletişim düzeyi”, “çevresinin desteği”, “çevresindeki açıköğretime kayıtlı öğrenci sayısı” gibi sorulara verilen cevaplara göre oluşturulan etkisel öznitelik değerleri ile etmen ilişkileri örtülü bir şekilde modele dahil edilmiştir.

Geliştirilen ETB modeli daha önce açıklandığı üzere stokastik ve dinamik bir modeldir. Yani gerçek hayatta olduğu gibi önceden bilinmeyen, tahmin edilemeyen birtakım olasılıksal süreçlerin etkisinde ve sürekli değişkenlik gösteren bir yapıdadır. Bu yüzden olasılık süreçlerinin modele dâhil edilmesi gereklidir. Bu da her bir etmen için “durum” ve “karar” adı verilen iki önemli özneliğin daha tanımlanması ile gerçekleştirilmiştir. Bu öznelikler, etmenlerin model içindeki davranışlarını belirleyen ve her bir etmen için her turda (yılda) farklı değer alan rassal değişkenlerdir.

“Durum” özneliği önceden öngörülemeyen ve kişinin rutin hayatına (normal haline) pozitif ya da negatif yönde etki eden önemli kişisel değişimleri ifade etmektedir. Rutini değiştirme gücü olan bu olgunun kişinin derslerdeki başarısına da etki edebileceği düşünülmektedir. Bu durumu simüle etmek için kişinin yıllık not ortalamasının hesabında kullanılan bir katsayı üretilmiştir. “Karar” özneliği ise kişinin derslere yaklaşımını (derslere ne kadar ağırlık vererek çalışacağını) ifade etmektedir. Açıktır ki öğrenciler çalışma temposunu her zaman aynı şekilde götüremeyebilirler. Bu anlamda kişisel veya çevresel birçok neden söz konusu olabilir. Ayrıca öğrenciler planlı bir şekilde bile daha az ya da daha çok şekilde çalışma kararı verebilirler. Gerçek hayatta sıkça rastlanan ve etmene bu “beşeri” davranışı kazandıran olguyu simüle etmek için de “durum” özneliğinde olduğu gibi kişinin yıllık not ortalamasının hesabında kullanılan bir katsayı meydana getirilmiştir.

Temel özneliklerde olduğu gibi “durum” ve “karar” öznelikleri için de Monte-Carlo benzetim kullanılmıştır. Fakat burada önemli bir farklılık söz konusudur. Çünkü bu değişkenlere ait bir örneklem veya ana kütle dağılımı bulunmamaktadır. Bu yüzden istatistikte “ampirik kuralı” yada “üç-sigma kuralı” olarak bilinen, normal dağılımda verilerin yaklaşık %68’inin dağılımın ortalamasından 1 standart sapma, %95’inin 2 standart sapma, %99’unun ise 3 standart sapma değeri uzaklığında olduğunu ifade eden kurala başvurulmuştur. Buna göre durum ve karar özneliklerine ait olasılık dağılımlarının ($\mu = 50$, $\sigma = 16,6$ değerleriyle) normal dağılım gösterdiği ve ortalamalardan standart sapma uzaklıklarına göre 5’er aralığın olduğu varsayılmıştır. Üretilen rassal sayının düştüğü aralığa göre de durum ve karar özneliklerinin değerleri elde edilmiştir. Durum ve karar öznelikleri için oluşturulan aralıklar ve yıllık not ortalamasının hesaplanmasında kullanılan katsayılar Tablo 3.2’de sunulmuştur.

Tablo 3.2 *Durum ve karar öznitelikleri için belirlenen aralıklar ve katsayılar*

Aralık			Katsayı	Durum	Karar
0 – 16,6		($\mu - 3\sigma$)	0,8	Çok negatif etki	Hiç çalışmama
16,7 – 33,3		($\mu - 2\sigma$)	0,9	Az negatif etki	Normalden az çalışma temposu
33,4 – 66,7		($\mu \pm \sigma$)	1	Rutin (Nötr)	Normal çalışma temposu
66,7 – 83,3		($\mu + 2\sigma$)	1,1	Az pozitif etki	Normalden fazla çalışma temposu
83,3 - 100		($\mu + 3\sigma$)	1,2	Çok Pozitif etki	Ekstrem çalışma

Burada ayrıca etkisel öznitelikler ile karar özniteliği arasında bir bağlantı da sağlanmıştır. Çünkü meydana gelen değişiklikler kişinin çalışma kararını etkileyebilmektedir. Bu nedenden dolayı etkisel özniteliklerin katsayıları karar özniteliğinden elde edilen katsayı ile çarpılarak meydana gelen değişiklik karşısında kişinin çalışma kararının sonucunu yansıtan bir katsayı elde edilmiştir. Yıllık not ortalaması hesabında karar katsayısı yerine ondan türetilen bu katsayı kullanılmıştır.

Benzetim modeli içinde her bir dönemde her bir etmen için hesaplanan ve etmenin süreç içindeki pozisyonunu açıklayan en önemli öznitelik yıllık not ortalamasıdır. Algoritma içinde kısaca “yıllık_notu” şeklinde isimlendirilen bu özniteliğe ait katsayı, her etmen için sisteme girişte hesaplanan potansiyel not ortalaması, etmenin o yılki durumu ve kararı, sistem içinde ve dışında meydana gelen değişikliklerin etmen üzerindeki etkileri bir arada formülleştirilerek bulunmaktadır. Bütün bu faktörleri bir araya toplayan bir fonksiyon oluşturmak için farklı alanlarda farklı amaçlar için kullanılan fonksiyonlar incelenmiş ve nihayetinde Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan esinlenilerek formül üretilmiştir. Basitçe, $Q=A.K^\alpha L^\beta$ şeklinde formüle edilen Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda; üretimde kullanılan girdiler (L,K) ile üretim miktarı (Q) arasındaki doğrusal olmayan ilişki, girdilerin verimini belirleyen üstel parametreler (α ve β) kullanılarak bulunur. Burada da Denklem 3.1’de görüldüğü üzere, temel girdi olan potansiyel not ortalaması ile temel çıktı olan yıllık not ortalaması arasındaki ilişki, potansiyel not ortalamasının verimini belirleyen diğer faktörlerin (durumun, kararın ve etkisel özniteliklerin) bileşke değeri, bir üstel parametre şeklinde modele dâhil edilerek bulunmuştur.

$$\text{Yıllık Not Ortalaması} = \text{Potansiyel Not Ortalaması}^{(\text{Durumu} * \text{Kararı} * \text{Etkisel Öznitelikler})} \quad (3.1)$$

Üretilen fonksiyonda durum, karar ve etkisel öznitelik katsayılarının çarpımı üstel parametre olarak fonksiyonda yer almaktadır. Bu sayede kişiye, duruma, sistem içindeki ve dışındaki değişikliğe bağlı tüm etkiler bir arada değerlendirilebilmektedir. Üstel

parametre içinde yer alan etkisel özniteliklerin bir arada hesaplanmasında kullanılan fonksiyon Denklem 3.2.'de sunulmuştur. Etkisel öznitelikler hesaplanırken ekonomik etkiler dışındaki tüm etki katsayıları çarpım şeklinde fonksiyonda yer almaktadır. Ekonomik etkiler ise bir arada değerlendirilmesi gereken faktörler oldukları için dört etkinin ortalaması alınarak ekonomik etki katsayısı bulunmuş ve diğer katsayılar ile çarpılarak modele entegre edilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Etkisel Öznitelikler} = & etki11 * etki12 * etki13 * etki21 * etki22 * etki23 * etki31 * \\ & etki32 * etki33 * etki41 * etki42 * etki43 * \left(\frac{etki51 + etki52 + etki53 + etki54}{4} \right) * etki55 * \\ & etki56 * etki57 * etki58 * etki59 * etki510 \end{aligned} \quad (3.2)$$

Yıllık not ortalaması her bir etmen için her bir yılda (turda) yeniden ve bir önceki yıldan bağımsız bir şekilde hesaplanmaktadır. Buna karşın, etmenlerin eğitim gördükleri bütün süre içindeki yıllık not ortalamalarının tümünün bir arada değerlendirilmesi sonucu etmenlerin sistem içinde ve sonunda başarı durumu belirlenmektedir. Bu amaç doğrultusunda, etmenler hakkında karar vericiye görsel destek de sağlamak için etmen renklendirmeye başvurulmuştur. NetLogo'nun renk skalası içinde yer alan her renk aslında sayısal bir koddan meydana gelmektedir. Bu renk kodları kullanılarak model bileşenlerinde ya da görselinde renklendirme yapılabilmektedir. Etmenlerin görsel özniteliklerinden biri olan etmen rengi için de renk kodları kullanılmıştır. Etmenler başarı durumlarına göre farklı renkler almaktadırlar. Buna göre her bir etmen modele mavi (renk kodu:105) olarak girmekte ve yıllık notu 2.00'in üzerinde ise rengi bir ton açılmakta, 2.00'in altında ise rengi bir ton koyulaşmaktadır. Böylelikle her bir yılda (turda) etmenin başarısına göre rengi değişmekte ve önceki yıllardaki başarısı ile bu yılki başarısı arasında bağ kurulmaktadır. Nihai olarak, etmenler mezun ya da pasife düşme şeklinde şu kurallara göre sistemden ayrılmaktadırlar:

- Eğer rengi normalden koyu (kod ≤ 104), yıllık notu 2.00'nin altında ve eğitim gördüğü yıl 4'ten (ön lisans öğrencileri için 2'den) büyükse pasife düşmekte,
- Eğer rengi normalden açık (kod ≥ 107)(ön lisans öğrencileri için: kod $\geq 106,5$), yıllık notu 2.00'nin üstünde ve eğitim gördüğü yıl 4'e (ön lisans öğrencileri için 2'ye) eşit ya da büyükse mezun olmaktadır.

Bir diğer ETB modeli bileşenlerinden olan etmenin çevresi, etmenlerin davranışlarını etkileyebilecek veya tetikleyebilecek, bütün etmenler için geçerli değişkenler kümesini ifade etmektedir. Etmenlerin çevrelerinde meydana gelecek

değişiklerin etmenlere etkisini gösteren etkisel öznelilikler daha önce detaylı olarak açıklanmıştır. Özetle, her bir faktörün her bir etmen üzerindeki etkisi bilinmektedir. Fakat burada önemli olan nokta, etmenlerin çevresel faktörlerde ne düzeyde bir değişiklik meydana gelirse etkileneceğini ortaya koymaktır. Yani her bir çevresel faktördeki değişim ne kadar olursa o faktörün etmenler üzerindeki etki katsayısı çalışmaya başlamalıdır? Buradaki ana sorun, her bir faktörün her bir kişi üzerinde farklı düzeylerde etki gücüne sahip olması ve bunun ölçümünün çok zor olmasıdır. Örnek vermek gerekirse; bir ülkedeki enflasyon oranında meydana gelen bir artış genel olarak bütün vatandaşları etkilese de bu kimi vatandaşlar için %1, kimileri için %10 kimileri için ise %25 oranında bir artış “hissedilir” olabilmektedir. Fakat önemli olan toplumun geneli için bu hissedilir oranın kaç olacağının saptanmasıdır. Bu sorunu çözmek için de modelde yer alan çevresel etkilere ait standart sapmalardan yararlanılmıştır.

Standart sapma miktarının ötesinde meydana gelen bir değişikliğin kişinin - toplumun algısında fark oluşturacağı varsayımı ile hareket edilmiştir. Bu yüzden sistemdeki makro düzey değişkenler olan işsizlik oranı, enflasyon oranı, Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) büyüme oranı, kişi başına düşen GSYİH büyüme oranı, üniversite mezun artış oranı ve açıköğretim sistemi harç ücret artış oranlarının son 15 yıllık serilerine ait standart sapmaları bulunmuş ve (yukarı yuvarlanarak) bu değerler “etkileyen değişim miktarı” olarak kullanılmıştır.² Buna göre etkileyen değişim miktarları; “kişilerin ekonomik durumu” ve “ülkenin ekonomik durumu” için %4, olağandışı enflasyon” için %3, “olağandışı işsizlik” için %2, “üniversite mezunu artış oranı” için %7 ve “enflasyona ek harç ücret artış oranı” değişkeni için %10 olarak belirlenmiştir. Burada şu açıklamayı yapmakta yarar vardır; örneğin, enflasyonu ele aldığımızda, %3 olan değişim miktarının kişileri ülkedeki enflasyonun %3 olması durumunda etkilediğini değil, ortalama yıllık enflasyon olan %10’un üzerinde veya altında %3 ‘lük bir enflasyon oranı (%7 - %13) olması durumunda etkilediğini ifade etmektedir. Bu yüzden de “olağandışı enflasyon” şeklinde isimlendirilmiştir.

² İşsizlik oranı, enflasyon oranı, GSYİH büyüme oranı, kişi başına düşen GSYİH büyüme oranı verileri Dünya Bankası veri tabanından, üniversite mezun artış oranı YÖK veri tabanından, açıköğretim sistemi harç ücret artış oranı ise çeşitli haber kaynaklarından elde edilmiştir.

3.2.2. Model Algoritması

Modelde yer alan temel bileşenlerin özellikleri, yapıları ve oluşturulma süreçleri ortaya konulduktan sonra yapılması gereken iş bunları anlamlı ve düzenli olarak bir araya getirmektir. Bileşenlerin sıralı ve/veya tekrarlı olarak çalışacak şekilde bir araya getirilmesi ve nihayetinde gerçeği yansıtan bir model oluşturmasını sağlayan dizilim model algoritması olarak ifade edilir.

Çalışmada oluşturulan model algoritması, NetLogo içindeki R uzantısının eklenmesi ve etmenlere özniteliklerin tanımlanması ile başlamakta ve her biri başka bir süreci ifade eden beş ana kod bloğundan meydana gelmektedir. Bu kod blokları; *Model Kurulum (Setup)*, *Kurulum Etmeni (Setup-Create)*, *Etmen Üretim (Create-Process)*, *Yeni Etmen (New-Create)* ve *Çalıştır (Go)* şeklinde isimlendirilmiştir. Burada her bir kod bloğu sözde (pseudo) kodu sunularak açıklanacaktır. Kod blokları NetLogo içinde komut prosedürüne başlama ifadesi olan “to” ile başlayıp bitirme ifadesi olan “end” ile sonlanmaktadır. Köşeli parantezler ([]) ise her bir kodun içindeki alt işlemleri göstermektedir.

Model Kurulum kod bloğunda (Şekil 3.3) öncelikle çalışma ortamı sıfırlanıp ve benzetim ortamı yeni inşa için elverişli hale getirilmiştir. Daha sonra R ile entegrasyon kodları kullanılarak R içinde derin öğrenme paketi olan keras çağırılıp önceden R programında geliştirilmiş ve model parametreleri kaydedilmiş derin öğrenme modeli NetLogo içindeki R ortamına getirilmiştir. Tur sayısını belirten sayaç ve benzetim modelinde etmenlerin bulunduğu çerçevenin zemini için renk ayarlaması yapılmıştır. Bu hazırlık aşaması olarak ifade edilebilecek işlemlerden sonra *Kurulum Etmeni* kodu bu kod bloğu içinde çalıştırılmıştır.

```
To MODEL KURULUM(Setup)
  Ortamı Temizle
  R İçinde:
    Keras Paketini Çalıştır
    R Ortamında Oluşturulmuş Ve Kaydedilmiş Derin Öğrenme Modelini Çağır
  Sayacı(Tick) Sıfırla
  Yüzey (Patch) Rengini Ayarla
  KURULUM ETMENİ
End
```

Şekil 3.3 Model Kurulum kod bloğu sözde kodu

Kurulum Etmeni bloğu, model ilk kurulduğunda sistem içinde bulunan etmenleri simüle etmek için kullanılmaktadır. Bu yüzden 512 bin etmeni simgeleyen 250 etmen rengi, senesi, yıllık notu rastgele bir şekilde oluşturulmuştur. Kurulum etmenlerinin diğer etmenlerle aynı özniteliklere ve yapıya sahip olması için *Etmen Üretim* bloğu bu blok içinde çalıştırılmıştır. Daha sonra ısınma (warm-up) periyodunun aşılması için model kurulum aşamasında otomatik olarak beş kez çalıştırılmış bunun için de *Çalıştır* kod bloğu kullanılmıştır.

```
To KURULUM ETMENİ (Setup-Create)
  250 Etmen Oluştur [
    Boş Yüzeyle Dağıt
    Boyutunu 1 Olarak Ayarla
    Rengini Rastgele (Siyah-Mavi- Beyaz Arasında) Ayarla
    Sene Değişkenini Rastgele Ayarla
    Yıllık Notu Değişkenini Rastgele Ayarla
    ETMEN ÜRETİM ]
  5 X ÇALIŞTIR
End
```

Şekil 3.4 Kurulum Etmeni kod bloğu sözde kodu

Etmen Üretim bloğu, içinde başka kod bloğu bulunmayan en temel kod bloğudur. Her bir etmenin özniteliklerinin belirlenmesi ve etmenin meydana gelmesi için kullanılır. Yani, Bölüm 3.2.1’ de detaylı olarak açıklanan etmen üretim süreci bu blok içinde gerçekleşmektedir. Tüm öznitelikler burada belirlendiği için en uzun dizilime sahip olan bloktur. İlk önce model görselinde yer alacak etmen şekli “insan” biçiminde belirlenmiştir. Monte-Carlo benzetim metodu kullanılarak öznitelikler için rassal sayı üretilip her bir etmen için temel ve etkiel özniteliklerinin ve bunların etmen için ortalamaları belirlenmiştir. R ile bağlanma kodları kullanılarak bu öznitelikler daha önceden modele çağırılan derin öğrenme modeline girilerek potansiyel not ortalamaları elde edilmiş ve R’ dan çekilmiştir.

```
To ETMEN ÜRETİM (Create-Process)
  Etmen Şeklini "İnsan" Yap
  Her Bir Öznitelik İçin Rassal Sayı Üret
  Öznitelik Alt Grubunu ve Etkisel Öznitelik Katsayılarını Belirle
  Etkisel Öznitelik Ortalamalarını Belirle
  R Ortamında Etmen Özniteliklerini Gir Potansiyel Not Ortalamalarını Bul
  Pot_Not_Ort Özniteliğini Tanımla (R Ortamından Değeri Çek)
End
```

Şekil 3.5 Etmen Üretim kod bloğu sözde kodu

Yeni Etmen kod bloğu adından da anlaşılacağı üzere benzetim modeline yeni etmen girişi yapmak için oluşturulmuştur. Bölüm 2.2.3'ten yer alan denklem ile elde edilen sayı kadar etmen sisteme sokulmuştur. Bu etmenler görsel üzerinde boş yüzeylere dağıtılmış, boyutu 1, yeni giriş yaptığı için kaç senedir sistemde olduğunu belirten sene özniteliği 0 ve rengi ise mavi olarak belirlenmiştir. Daha sonra giren bu etmenlerin öznitelikleri yani kimliklerinin belirlenmesi ve birbirlerinden farklı özelliklere sahip olması amacıyla *Etmen Üretim* bloğu çalıştırılmıştır.

```
To YENİ ETMEN (New-Create)
  Etmen Oluştur (53812 - 0,575*Pasife Düşen Sayısı Kadar) [
    Boş Yüzeylere Dağıt
    Boyutunu 1 Olarak Ayarla
    Rengini Mavi (105) Ayarla
    Sene'yi 0 Ayarla
    ETMEN ÜRETİM ]
End
```

Şekil 3.6 Yeni Etmen kod bloğu sözde kodu

Kod bloklarının sonuncusu olan *Çalıştır* bloğu, sürecin devamlılığını sağlayan en önemli bloktur. Bu blok içinde etmenlerin her turdaki başarı durumu belirlenip ona göre sistem içinde kalmaları ya da sistem dışına çıkmalarına karar verilir. Bu blok içinde modelin ilk kurulumunda çalıştırılan bloklar (*Model Kurulum* ve *Kurulum Etmeni*) dışındaki diğer kod blokları doğrudan ya da dolaylı olarak yer almaktadır. Buradan da anlaşılmaktadır ki bu blok model kurulumu gerçekleştirildikten sonra sürekli çalışan ana bloktur. Bu blokta öncelikle *Yeni Etmen* bloku çalıştırılmış ve her turda modele yeni etmenler dahil olması sağlanmıştır. Bunu takriben bir önceki turda belirlenen (başarılı veya başarısız) sistemden çıkacak etmenlerin çıkışı sağlanmıştır. Burada (eğer var ise)

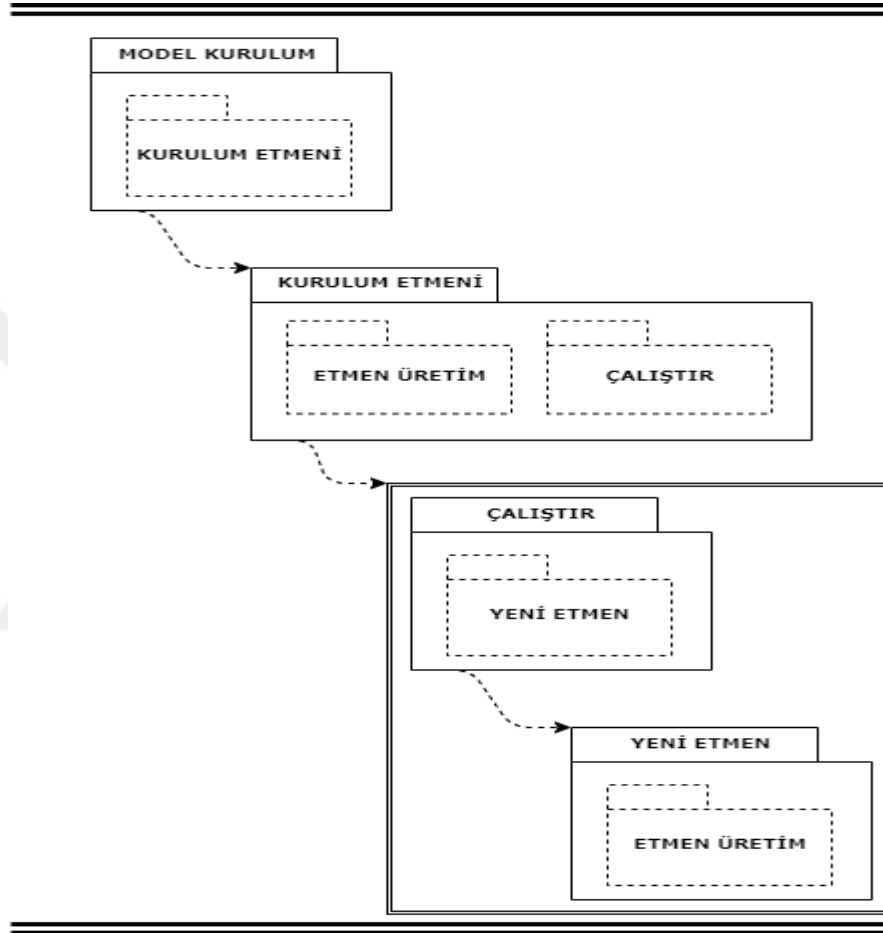
sistem içinde ve dışında meydana gelen değişikliklerin etmen üzerindeki etkileri hesaplanmıştır. Bu etkiler ile birlikte karar özniteliği ve durum özniteliği hesaplanarak buradan hareketle yıllık notu değişkeni elde edilmiştir. Yıllık notu ile de etmenin başarı durumu ve belirlenen kurallara göre sistemden ayrılış durumu bulunmuştur. Son olarak tur sayısı artırılarak sonraki eğitim yılına geçiş sağlanmıştır.

```
To ÇALIŞTIR (Go)
  YENİ ETMEN
  Etmen Rengi Beyaz(109) veya Siyah(100) ise [
    Sistemden Çıkar ] değilse
  Etmenden Yapmasını İste [
    Seneyi 1 Artır
    Eğer X Makro Değişkeni Etkinse [
      Eğer Etmen X Etkisel Öznitelik Puanı > Örneklem X Puanı ise [
        Tanımla [Etmen X Etkisel Öznitelik Puanı
          Etki_X_Karar Katsayısı ] ] ]
      Durum Özniteliğini Tanımla
      Etki_Karar Katsayısını Hesapla
      Karar Özniteliğini ile Tanımla (Etki_Karar Katsayısı ile)
      Yıllık_Notu Hesapla [
        Eğer Lisans ise [
          Eğer Renk <= 104 ve Yıllık_Notu < 2 veya Sene > 4 ise [
            Rengini 100 (Siyah) Ayarla]
          Eğer Renk >= 107 ve Yıllık_Notu >= 2 ve Sene >= 4 ise [
            Rengini 109 (Beyaz) Ayarla ]
          Eğer Yıllık_Notu >= 2 [
            Rengini 1 Artır (Renk + 1) ]
          Eğer Yıllık_Notu < 2 [
            Rengini 1 Azalt (Renk - 1) ] ]
        Eğer Önlisans ise [
          Eğer Renk <= 104 ve Yıllık_Notu < 2 veya Sene > 2 ise [
            Rengini 100 (Siyah) Ayarla ]
          Eğer Renk >= 106.5 ve Yıllık_Notu >= 2 veya Sene >= 2 ise [
            Rengini 109 (Beyaz) Ayarla ]
          Eğer Yıllık_Notu >= 2 [
            Rengini 1.5 Artır (Renk + 1.5) ]
          Eğer Yıllık_Notu < 2 [
            Rengini 1.5 Azalt (Renk - 1.5) ] ] ] ]
    Sonraki Tura Geç (Tick)
  End
```

Şekil 3.7 Çalıştır kod bloğu sözde kodu

Anlaşılabileceği üzere bu kod blokları birbiri içinde çalışacak şekilde yapılandırılmış ve kod diziliminin akışı buna göre oluşturulmuştur. Kod bloklarının dizilim içinde konumlarını ve genel akışı gösteren diyagram Şekil 3.8’de görülmektedir. Buna göre, model ilk kurulduğunda *Model Kurulum* kodunun çalıştığı, içinde *Kurulum*

Etmeni kod bloğu, onun içinde ise *Etmen Üretim* ve *Çalıştır* kod bloklarının çalıştığı görülmektedir. Yani ilk kurulumda tüm kod blokları çalışmaktadır. Sonrasında ise döngüsel ve sürekli olarak sadece *Çalıştır* kod bloğunun çalıştığı bilinmektedir. Buradan hareketle de *Yeni Etmen* ve *Etmen Üretim* kod bloklarının hem kurulumda hem de kurulum sonrasındaki tüm süreç boyunca kullanıldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 3.8 Algoritma akış diyagramı

Kod dizilimi model arayüzünde yer alan butonların (*Ekonomik_Kötüleşme*, *Ekonomik_İyileşme*, *Reset*) içeriklerinin tanımlanması ile tamamlanmıştır. Model çalıştırma süresi ve model işlem yükünü düşük tutuma amacıyla model algoritması mümkün olduğunca kısa ve etkin şekilde yazılmaya çalışılmıştır. Yine amaca uygun olarak her bir etmen 2048 öğrenciyi temsil edecek şekilde model kurgulanmıştır (bu durum modelin kısıtlarının tartışıldığı Bölüm 3.2.4’te detaylı olarak açıklanmaktadır). Genel olarak bakıldığında neredeyse bütün kod diziliminin sadece bir etmen için yazıldığı anlaşılmaktadır. Etmenleri tek tek modelleyerek etmen davranışları sonucu sistemin

durumunu ve davranışını elde etme hedefi doğrultusunda, yani ETB modelinin genel yapısına uygun bir model kurulması amacıyla böyle bir yol izlenmiştir.

3.2.3. Model Arayüzü

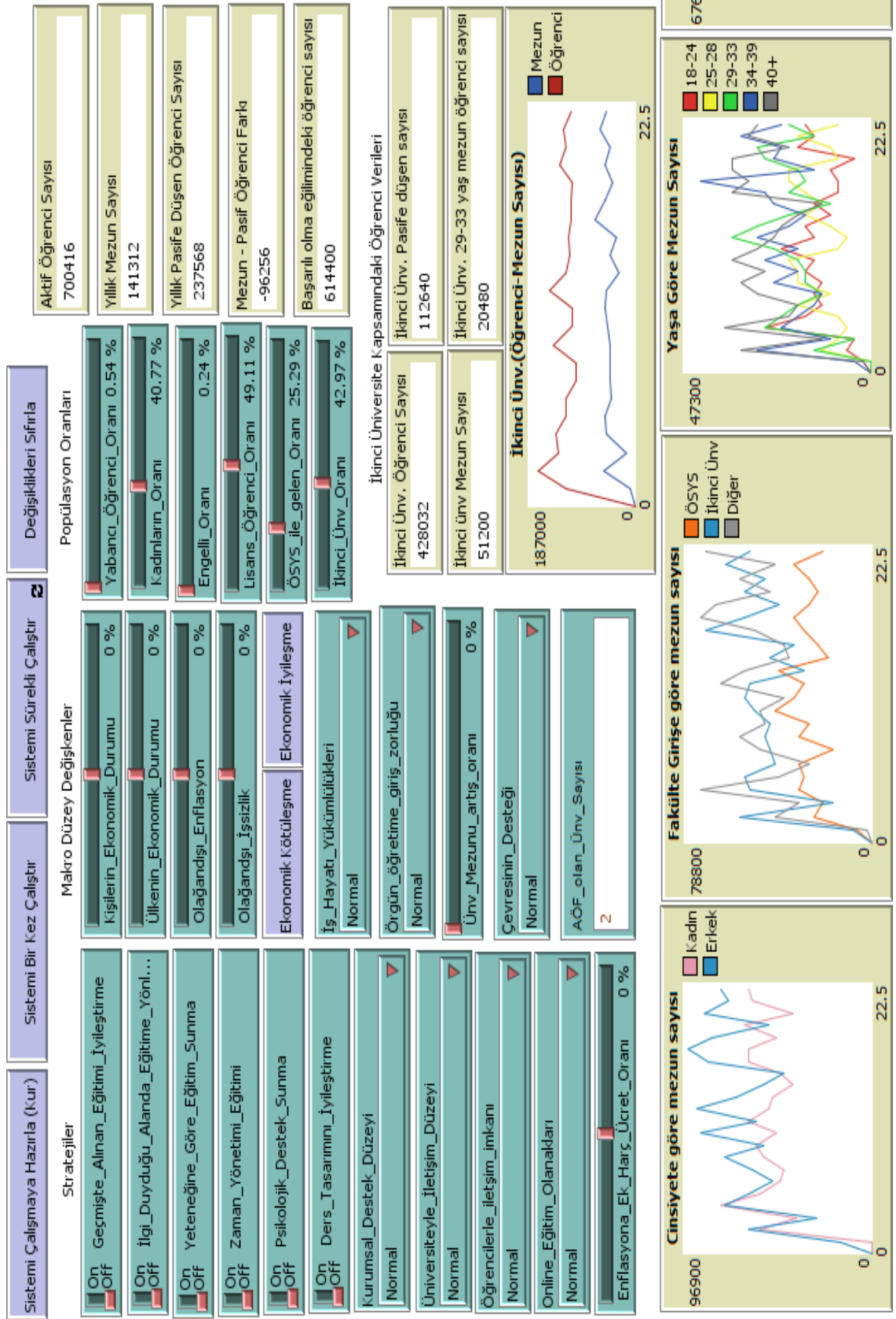
Geliştirilen ETB modelinin kullanıcı tarafından çalıştırılmasını sağlayan ve modelin dış dünya ile etkileşimine olanak sunan yapı model arayüzüdür. Geliştirilen model bir yönetim bilgi sistemi olarak kullanılacak ise model arayüzünün önemi daha da artmaktadır. Çünkü kullanıcının yönetim bilgi sistemi içine kullanılan model ya da yapılara aşinalığının olması beklenmeksizin modeli rahatça kullanabilmesine, girdi ve çıktıları anlayabilmesine olanak sağlayacak bir arayüz oluşturulmalıdır. Bu çalışmada, diyalog yönetimi alt sistemi olarak da tanımlanan bu yapıyı, hem tüm ihtiyaç duyulan bilgileri sunacak kadar kapsamlı hem de kullanımı kolay ve anlaşılabilir bir şekilde meydana getirme amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda buton, grafik gibi görsel araçların çeşitlerine sıkça başvurulmuştur.

NetLogo, arayüz konusunda birçok araca sahiptir ve bunlar kullanıcılara birçok fayda sağlamaktadırlar. Bu yüzden bu araçlardan kısaca bahsetmek gereklidir. NetLogo (ekranın sol üst köşesinde yer alan) 3 sekmeden oluşmaktadır. Bunlar arayüz (interface), bilgi (Info) ve kod (code) sekmeleridir. Kod sekmesi içinde kurulan benzetim modelinin kod dizilimi (algoritması) yer almaktadır. Yani modelin yazıldığı-yapıldığı yerdir. Bu sekmede yapılabilecek değişiklikler uzmanlık gerektirdiği için model kullanıcılarından ziyade model kurucuları ve geliştiricileri tarafından kullanılır. Bilgi sekmesinde, geliştirilen benzetim modeline ait; modelin tanımı, neden ve nasıl kullanılacağı, model içinde dikkat edilmesi ve test edilmesi istenen durumlar ve modelin özellikleri gibi bilgiler sunulur. Bu sekme model için bir “kullanım kılavuzu” görevi gördüğünden daha çok kullanıcılar tarafından başvuru alan faydalı bir sekme olarak karşımıza çıkar. Arayüz sekmesi ise geliştiren modelin somut şekilde görüldüğü ve kullanıldığı yerdir. Sekme içinde etmen dünyasını ifade eden ve etmenlerin somut bir şekilde görüldüğü “dünya çerçevesi” yer almaktadır. Çerçevenin boyutu, içeriği, rengi, türü gibi birçok faktörü istenildiği gibi düzenlenerek özelleştirilebilir. Arayüz sekmesi ayrıca buton, kaydırma çubuğu (slider), anahtar (switch), seçme aracı (chooser), girdi aracı (input), çıktı aracı (monitor), gösterge ekranı, grafik ve açıklama gibi araçlar barındırmaktadır.

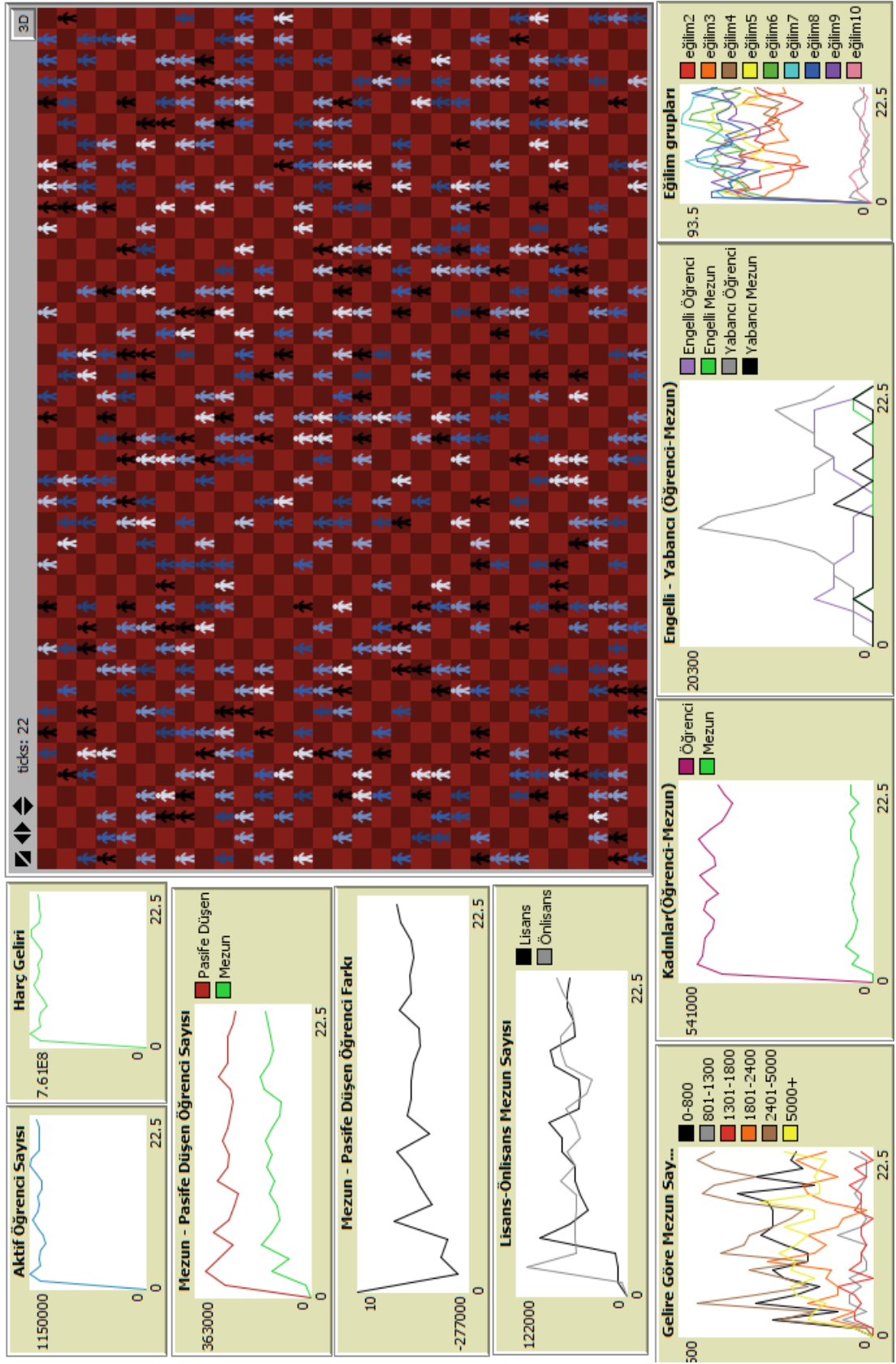
Çalışmada geliştirilen ETB modeli içeren yönetim bilgi sistemine ait arayüzün sol üst tarafında dört temel buton yer almaktadır. Bunlardan ilki olan *Sistemi Çalışmaya*

Hazırla butonu, sistem içinde yer alan parametreleri ve ETB modelini çalışmaya hazırlayan işlemleri yapar. Bu yüzden de sistem her açıldığında ilk olarak bu butonun kullanılması zorunludur. Sistem, çalışmaya hazır hale getirildikten sonra eğer sadece bir tur (yıl) için çalıştırılacaksa *Sistemi Bir Kez Çalıştır* butonu, eğer sürekli çalıştırılacaksa *Sistemi Sürekli Çalıştır* butonu kullanılır. Arayüzde yer alan diğer buton vb. araçlarda yapılan değişiklikleri, sistem başlangıcındaki hallerine geri getirilmek istendiğinde ise *Değişiklikleri Sıfırla* butonu kullanılır.

Arayüz içinde sağ tarafta etmenlerin görüntülediği çerçeve bulunmaktadır. Daha önce detaylı olarak açıklandığı üzere, öğrencilerin mekânsal olarak soyut bir şekilde yer aldığı açıköğretim sistemi, bu çerçeve ile somut şekilde sembolik olarak görselleştirilmiştir. Anadolu Üniversitesi için hazırlanan bir yönetim bilgi sistemi olduğundan dolayı bu alan içinde üniversitenin kurumsal renkleri kullanılmıştır. Burada etmenler rastgele bir şekilde yer almaktadırlar. Her hangi bir etmene ait bilgilere (etmen üzerini sağ tıklayarak) bu çerçeve ile ulaşılabilmektedir. Arayüz içinde sol tarafta yer alan ilk blokta açıköğretim sistemi içinde meydana gelebilecek değişiklikleri simüle etmek amacıyla oluşturulan *Strateji* araçları bulunmaktadır. İkinci blokta yer alan *Makro Düzey Değişkenlere* ait araçlarla da açıköğretim sistemi dışında meydana gelebilecek değişiklikler simüle edilebilmektedir. Bu değişkenlere ait kaydırma çubuklarındaki artış – azalış oranları olarak daha önce açıklanan standart sapmalar kullanılmıştır. 3. blokta ise *popülasyon oranlarındaki değişiklikleri* simüle etmeye yarayan araçlar bulunmaktadır. Modelin temel çıktıları olan *Aktif Öğrenci*, *Yıllık Mezun* ve *Yıllık Pasife Düşen Öğrenci* sayıları ve bunlardan türetilen diğer çıktılarına ait değerler ve grafikler arayüzün orta kısmında görüntülenmektedir. Bir takım temel öznitelik gruplarına ait mezun ve öğrenci sayılarını gösteren grafikler ise arayüzün alt kısmında sunulmuştur. Ayrıca orta kısımda *İkinci Üniversite Kapsamındaki Öğrenci Verileri* adında ayrı bir bölüm de bulunmaktadır. Bu kısım; hem değişiklikleri ikinci üniversite kapsamında görmeye imkân sağlaması, hem de geliştirilen sistemin istenilen verilere odaklanmayı sağlayacak şekilde özelleştirilebilir olduğuna bir örnek teşkil etmesi için arayüze eklenmiştir. Geliştirilen bu etmen tabanlı benzetime dayalı yönetim bilgi sisteminin arayüzü Şekil 3.9.'da görülmektedir.



Şekil 3.9 Model Arayüzü (Sol taraf)



Şekil 3.9.(Devam) Model Arayüzü (Sağ taraf)

3.3. Modelin Kısıtları ve Varsayımları

Sosyal sistemler için geliştirilen benzetim modelleri ne kadar detaylı ele alınmış olursa olsun bir takım varsayım ve kısıtlar içermesi kaçınılmazdır. İçinde insan faktörü barındıran her şey gibi bu sistemlerin de eksiksiz bir biçimde simüle edilmesi beklenilemez. Çünkü insan tümüyle öngörülebilir olmayan bir varlıktır. Bu çalışmada da açıköğretim sisteminde odaklanılan noktalardaki bütün veriler mümkün mertebede toplanıp analiz edilmiş fakat bir takım varsayım ve kısıtlar ile model inşa edilebilmiştir.

Geliştirilen benzetim modelinin kapsamı oldukça geniş tutulmaya çalışılmış ve modelin çok sayıda senaryoyu test etmeye olanak sağlayacak bir yapıya sahip olması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda da çok sayıda değişken modele dahil etme zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Fakat modelde yer alan çok sayıda değişken ve bunların bileşke etkileri, her bir etmen için oldukça fazla işlem yükü gerektirmektedir. Buna ek olarak bu çalışmada geliştirilen ETB modelinde, alışlagelmişin dışında bir şekilde derin öğrenme modeli de kullanılmıştır. Çalışmadaki işlem yükünün önemli ölçüdeki diğer bir bölümü de bu derin öğrenme modelinden gelmektedir. Her bir etmenin potansiyel not ortalamasının hesaplanması için kullanılan yapay sinir ağı modelinde 7393 parametre bulunmakta ve hesaplanmaktadır. Bunun aynı anda üretilen tüm etmenler için hesaplandığı düşünüldüğünde, işlemci gücünün bir hayli zorlanması ve program çöküntülerinin yaşanması olağan durumlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Açıköğretim sisteminde bir milyondan fazla öğrenci olduğu düşünülürse, her bir öğrenci için bir etmen tanımlamanın günümüz (genel kullanıma uygun) bilgisayarları ile oldukça zor olduğu aşikârdır. Bu nedenden ötürü sistemdeki her 2048 öğrenci bir etmen ile temsil edilmektedir. Çalışmadaki en önemli kısıt olarak ifade edilebilecek bu durum sayesinde kapsamlı bir model oluşturma imkânı doğmuş ve çok sayıda faktörün modelde yer alması sağlanmıştır. Ayrıca bu yolla model çalışma süresi makul bir seviyede tutulmuş ve kullanıcılar için zaman anlamında da fayda sağlanmıştır. Öte yandan, bu durum bir dezavantajı da beraberinde getirmektedir. Buna göre, çok spesifik özelliklere sahip öğrenci kümeleri açısından bilgi kaybı yaşanması kaçınılmazdır.

Bir diğer kısıt ise kullanılan programlar ile ilgilidir. Daha önce açıklandığı üzere derin öğrenme modeli, R programlama dili içinde yer alan ve Tensorflow üzerinde çalışan Keras paketi kullanılarak oluşturulmuş ve bir uzantı yardımıyla NetLogo programı içinde bu yapılabilir kılınmıştır. Fakat bunu gerçekleştirebilmek için bu araçların belirli versiyonlarının kullanılması gerekmektedir. Buna göre; R-3.6.0, Tensorflow-2.0.0 ve

NetLogo-5.3.1 versiyonları kullanılmıştır. Ayrıca normal şartlarda NetLogo içinde geliştirilen bir modelin NetLogo-Web ile de her yerde ve her bilgisayarda NetLogo programına ihtiyaç duymaksızın kullanılması beklenmektedir. Fakat derin öğrenme modelinin ETB içinde kullanılması ile model spesifik bir hale gelmiş ve geliştirilen modelin NetLogo-Web üzerinden kullanılması (derin öğrenme modeline ait gerekli bilgi ve verilerin kullanılan bilgisayarlarda yüklü olması zorunluluğundan dolayı) imkânsız hale gelmiştir.

Çalışmada kullanılan, sistem içinde ya da dışında meydana gelebilecek değişikliklerin öğrencilerin başarı durumlarını nasıl etkileyeceğine dair veriler öğrencilere sorularak elde edilmiş olduğundan, aslında farazi özellikte olan verilerdir. Bu da önemli bir varsayımı beraberinde getirmektedir. Buna göre, sorulan durumların gerçekleşmesi halinde, öğrencilerin cevap verdikleri şekilde davranacakları ya da başarı durumlarının düşündükleri gibi değişeceği varsayılmaktadır.

Bir diğer varsayım ise bilgileri alınan öğrenci profilinin ve öznitelik grup büyüklüklerinin uzun vadede dahi değişmeyeceği varsayımdır. Sistem çok uzun süreli şekilde çalıştırılabilir bir yapıdadır. Yani test edilen bir senaryonun 5 - 10 yıl sonraki etkileri bile görülebilir şekilde inşa edilmiştir. Fakat bu durum, çok uzun süre sonra bile öğrenci kümelerinin aynı özellik ve yapıda kalacağı düşüncesi ile değerlendirilmelidir.

Bunlara ek olarak daha önce detaylı olarak açıklanan etmenlerin öznitelikleri ile ilgili bir takım varsayımlar söz konusudur. Hatırlanacağı üzere, her bir etmenin temel öznitelik alt gruplarının başarı faktör puan ortalamaları alınarak o etmenin ilgili etkisel öznitelik puanı elde edilmiştir. Bu, etmenin ait olduğu öznitelik alt gruplarının ortalama puanlarına sahip olacağı varsayımı altında yapılmıştır. Durum ve karar öznitelikleri hesaplanırken de örneklem dağılımları için ampirik kural kullanılması da çalışmadaki bir diğer varsayımdır.

3.4. Modelin Geçerliliği ve Güvenilirliği

Benzetim modelleri kurulduktan sonra kullanıma uygun olup olmadığının değerlendirilmesi yapılmalıdır. Bu, modelin geçerlilik ve güvenilirliğinin incelenmesi ile gerçekleştirilir. Güvenilirlik (verification) aşamasında, kurulan modelin kavramsal modeli doğru bir şekilde yansıtmı durumu, yani planlanan ile gerçekleştirilen modelin uyumlu olup olmadığı incelenirken, geçerlilik (validation) aşamasında ise kurulan modelin benzetimi yapılan gerçek durumla örtüşme durumu yani kurulan modelin gerçek

sistemi doğru bir şekilde yansıtip yansıtmadığı incelenir. Özetle geçerlilikte “modelin doğru kurulduğu”, güvenilirlikte ise “kurulan modelin doğru olduğu” araştırılır.

Güvenilirlik aşamasına bilgisayar terminolojisiyle hata ayıklama (debugging) aşaması da denilmektedir (Law, 2015). Bu isimden de anlaşılacağı üzere güvenilirlik aşaması geliştirilen modelin kod dizilimindeki hataların bulup düzeltilmesi şeklinde gerçekleştirilen bir süreçtir. Bu aşamada Montanola-Sales vd. (2011) tarafından açıklanan yol haritası izlenmiştir. Buna göre öncelikle model küçük bileşenlere (Bölüm 3.2.1.’de açıklanan kod bloklarına) bölünmüş ve her bloğun doğruluğu kendi içinde sınanmıştır. Etmenler için oluşturulan kurallar ise en basit şekliyle oluşturulmuş ve her aşamada sinanarak geliştirilmiştir. Model tamamıyla kurulduktan sonra ise etmenlerin öznitelikleri, not ortalamaları ve başarı durumuna bağılı davranışları (renk değişimi vs.) etmenlerden örnekler seçilerek incelenmiş, kurgulanan modelin doğru yansıtıldığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca Tablo 3.3’ de görüldüğü üzere, modelin her çalışmasından sonra elde edilen temel çıktıların birbirine yakın fakat tamamen aynı olmaması da olasılık barındıran süreçlerin ve rassal sayı üreticilerinin planlandığı gibi çalıştığını göstermektedir.

ETB modelleri için geçerlilik aşaması, özellikle modellenen sistemdeki temel unsurun insan davranışı olduğu durumlarda zor bir süreç olabilmektedir (Escudero, 2020). ETB modellerinin; model yapıları, kullanıldığı alanları, odak noktaları, karmaşıklık seviyeleri, girdi ve çıktıları birbirlerinden çok farklı olabilmektedir. ETB modellerinin bu standart olmayan muhteviyatından dolayı geçerlilik aşamasında da standart bir yöntemin var olması beklenemez. Bundan dolayı literatürde ETB modellerinde geçerlilik aşamalarını ele alan çok sayıda çalışma (Klügl (2008), Cooley ve Solano (2011), Montanola-Sales vd. (2011), Pullum ve Cui (2012), Gürcan vd. (2014), Robinson (2014)) mevcuttur. Literatürde sıkça rastlanan geçerlilik tekniklerinden biri olan Kara-Kutu (Black-Box) geçerlilik yönteminin bu çalışmada kullanımının geliştirilen model yapısı ve elde edilen veriler göz önüne alındığında daha uygun olacağı düşünülmüştür. Kara kutu yönteminde, modelin genel davranışı ele alınır ve modelin çıktıları ile gerçek sistem çıktıları karşılaştırılır (Robinson (2014)). Bu karşılaştırma yapılırken istatistiksel yöntemler kullanılabilir (Kleijnen, 1995). Bu amaçla Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Sistemine ait mezun sayısı ve pasife düşen öğrenci sayısı (gerçek) verileri elde edilmiş ve ETB modelinin çalıştırılması sonucu oluşturulan model çıktı verileri ile karşılaştırılmıştır. Mezun sayısı ve pasife düşen öğrenci sayısı, tamamen etmenlerin

davranışları ve sistem içindeki durumları sonucu oluşmuş sistem çıktıları olduğundan dolayı sistemin bütününi temsil eden ve sistemin başarısı noktasında çıkarım yapmaya olanak sağlayan verilerdir. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim sistemine ait veriler incelendiğinde bir milyon öğrenci barajının aşıldığı 2007 yılından itibaren sistemin trendsiz seyre kavuştuğu görülmekte ve 2007 yılından günümüze kadar olan veriler ile kıyaslama yapmanın daha doğru olacağı anlaşılmaktadır. Fakat 2016-2017 eğitim yılında “sınavlarda yanlışların doğruyu götürmesi” uygulamasına geçildiği için mezun ve pasife düşen öğrenci sayılarında bir kırılma yaşanmıştır. Bundan dolayı da sistemi test etmek için hem durağan olan hem de trend etkisinde olmayan zaman dilimi olarak son 3 yıl (2017, 2018, 2019) verileri kullanılmıştır. Bu verilere karşılık sistem her bir çalıştırmada (ısınma periyodu sonrası) 3 yıl (tur) sonuç alacak şekilde 4 kere çalıştırılmış ve her bir yıl için mezun ve pasife düşen öğrenci sayıları çıktıları elde edilmiştir. Bu test aşamasında model parametrelerinde (içsel - dışsal değişkenlerde) herhangi bir değişiklik yapılmamış ön tanımlı haliyle model çalıştırılmıştır. Gerçek veriler ve benzetim modelinden elde edilen sonuçlar Tablo 3.3’te sunulmuştur.

Tablo 3.3 Geçerlilik sınama sonuçları

Gerçek Veriler		Test 1		Test 2		Test 3		Test 4	
Mezun Sayısı	Pasife Düşen	Mezun Sayısı	Pasife Düşen	Mezun Sayısı	Pasife Düşen	Mezun Sayısı	Pasife Düşen	Mezun Sayısı	Pasife Düşen
145320	300989	135168	229376	129024	256000	129024	225280	217088	221184
141070	291125	143360	258048	122880	272384	141312	262144	126976	278528
167615	162444	124928	278528	159744	247808	135168	258048	143360	294912

Geçerlilik sınamaları sonucunda elde edilen veriler gerçek sistem verileri ile her ne kadar yakın görünse de her bir (3 yıllık) test sonucunu gerçek veri ile istatistiksel olarak sınamak modelin geçerliliği noktasında kesin karara varılmasını sağlayacaktır. Gerçek veri sayısı az sayıda olduğu için bu ikili karşılaştırmalarda parametrik olmayan testlerden Mann-Whitney U testi kullanılmıştır.

Tablo 3.4 Mann-Whitney U testi sonuçları

Test Sonuçları	Gerçek * Test 1		Gerçek * Test 2		Gerçek * Test 3		Gerçek * Test 4	
	Mezun Sayısı	Pasife Düşen	Mezun Sayısı	Pasife Düşen	Mezun Sayısı	Pasife Düşen	Mezun Sayısı	Pasife Düşen
Mann-Whitney U	1,000	3,000	2,000	3,000	1,000	3,000	4,000	4,000
Wilcoxon W	7,000	9,000	8,000	9,000	7,000	9,000	10,00	10,00
Z	-1,528	-0,655	-1,091	-0,655	-1,528	-0,655	-0,218	-0,218
P (Olasılık) değeri	0,127	0,513	0,275	0,513	0,127	0,513	0,827	0,827

Tablo 3.4.'te yer alan, ayrı ayrı her bir test grubunun gerçek veriler ile karşılaştırıldığı Mann-Whitney U test sonuçlarına göre gerçek veriler ile test verileri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktur. Bu sonuç, çalışmada geliştirilen ETB modelinin geçerli bir model olduğunu yani Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Sistemini yansıtmada başarı gösterdiğini, bu yüzden de kullanımının uygun olduğunu göstermektedir.

3.5. Modelin Bulguları ve Yorumlanması

Geliştirilen modelde daha önce detaylı açıklandığı üzere içsel ve dışsal değişkenlerin öğrencilerin bireysel başarı durumları ve sistemin toplumsal başarı durumu üzerindeki etkileri test edilmek istenmektedir. İçsel değişkenler, Açıköğretim sistemi içinde meydana gelebilecek ve sistem yöneticilerinin inisiyatifi doğrultusunda uygulamaya konulacak değişiklikleri ifade ederler. Bu çalışmada da literatürde açık ve uzaktan öğretim sistemlerinde öğrencilerin ve sistemin başarısını artırmak için tartışılan stratejiler (Bkz. Bölüm 2.1.1) içsel değişkenler olarak modele dahil edilmiştir. Böylelikle hem sistem yöneticilerine karar seçenekleri sunulmuş, hem de literatürde yer alan bu stratejilerin Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Sistemi üzerindeki etkileri ve kullanılabilirliği test edilebilmiştir. Dışsal değişkenler ise sistem yöneticilerinin inisiyatifinde olmayan, sistem dışında meydana gelen ama sistemi etkileme gücü içeren bir takım değişiklikler olarak tanımlanmıştır. İçsel ve dışsal değişkenler bir arada değerlendirildiğinde; sistemin durumunu korumak (sürdürülebilirliğini sağlamak) amacıyla, ortaya çıkan dışsal değişkenlere karşı yöneticiler tarafından içsel değişiklikler birer silah niteliği taşımaktadır. Ayrıca içsel değişkenler, dışsal değişkenlerde bir değişiklik meydana gelmeden de sistemin başarı durumunu veya talebini artırmak için kullanılabilir stratejilerdir.

İçsel ve dışsal değişkenlerin tek tek etkilerini ortaya koymak amacıyla, sırayla her bir değişken aktif olacak şekilde (diğerleri sabit bırakılarak) model tekrarlı olarak çalıştırılmıştır. Her bir değişkenin, sistemin temel çıktılarından olan sistemdeki aktif öğrenci sayısı, pasife düşen öğrenci sayısı ve mezun olan öğrenci sayısı üzerindeki etkileri izlenmiştir. Bu etkiler kısa ve uzun dönem olarak ele alınmıştır. Değişiklik meydana geldiğinden itibaren 5 yıl içindeki etkiler kısa dönem, 10 yıl içindeki etkiler ise uzun dönem etkileri olarak ifade edilmiştir. Ayrıca içsel ve dışsal değişikliklerin etkileri ayrı tablolarla takdim edilmiştir. Sadece, içsel değişkenlerden olan harçlar ile ilgili

stratejiler, dışsal etkilerden olan ekonomik durumlar ile kıyas yapma imkânı sağlaması için dışsal değişkenler tablosunda konumlandırılmıştır. Dışsal değişkenler içinde yer alan *kişilerin ekonomik durumu, ülkenin ekonomik durumu, olağandışı enflasyon ve olağandışı işsizlik* değişkenleri ise bir arada değerlendirilmiş, *ekonomik kötüleşme ve ekonomik iyileşme* değişkenleri ile temsil edilmişlerdir. Şunu da belirtmekte yarar vardır; normal şartlarda dışsal değişken olarak ifade edilen durumların (örneğin ekonomik kötüleşme) genelde birkaç yıl etkisinin sürmesi sonra eski normal duruma dönmesi beklenir. Fakat her bir dışsal değişkenin etkisini tam olarak kavrayabilmek adına bu değişkenler bütün süre (5 ve 10 yıl) boyunca etki gösterir bir şekilde model çalıştırılmış ve bu durumda bile ne zaman ne şekilde durağan hale geçildiği araştırılmıştır. İçsel değişkenlerin ve dışsal değişkenlerin sırasıyla, Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da kısa dönem etkileri, Tablo 3.7 ve Tablo 3.8'de ise uzun dönem etkiler sunulmuştur. Sayı karmaşıklığından kaçınmak ve kolayca karşılaştırma yapabilmek için bulgular tablolar içinde grafikler yardımıyla takdim edilmiştir.

İçsel değişkenlerin kısa dönem etkileri (Tablo 3.5) incelendiğinde, bütün stratejilerin sistemdeki öğrencilerin başarı durumlarına pozitif katkı sağladığı söylenebilir. Bu durum literatürde yer alan açık ve uzaktan öğrenim için belirlenen stratejilerin Anadolu Üniversitesi Açıköğretim sistemi için de kısa dönemde geçerli ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Özellikle aktif öğrenci sayısında ve mezun sayısında artış izlenmiş ve görülen artışın genelde ulaştığı seviyede istikrar sağladığı görülmüştür. Pasife düşen öğrenci sayılarında ise çoğunlukla sayının ilk zamanlarda (yıllarda) düştüğü daha sonra dalgalı bir seyir izleyerek eski seviyesine geri döndüğü dikkat çekmektedir. Strateji özelinde bakılıp üç çıktı değeri bir arada değerlendirildiğinde; *geçmişte aldığı eğitimi iyileştirme, ilgi duyduğu alanda eğitim sunma, yeteneğe göre eğitim sunma, ders tasarımı iyileştirme ve üniversiteyle iletişimi kolaylaştırma* gibi stratejilerin sistemin başarısına daha fazla katkı sağladığı görülmektedir.

Tablo 3.5 İçsel değişkenlerin (Stratejilerin) kısa dönem etkileri

Stratejiler	Aktif Öğrenci Sayısı	Pasife Düşen Sayısı	Mezun Sayısı
Normal Durum			
Geçmişte Aldığı Eğitimi İyileştirme			
İlgi Duyduğu Alanda Eğitim Sunma			
Yeteneğe Göre Eğitim Sunma			
Zaman Yönetimi Eğitimi Sunma			
Psikolojik Destek Sunma			
Ders Tasarımını İyileştirme			
Kurumsal Desteği Yoğunlaştırma			
Üniversiteyle İletişimi Kolaylaştırma			
Diğer Öğrencilerle Daha Fazla İletişim İmkânı			
Online Eğitime Odaklı Eğitim Metodu İzleme			

Dışsal değişkenlerin kısa dönem etkilerine (Tablo 3.6) bakıldığında ise beklenildiği üzere bazı dışsal değişkenlerin öğrencilerin başarı durumlarına pozitif, bazılarının ise negatif etki yaptığı görülmektedir. Genel anlamda düşünüldüğünde ise ekonomik kaygılara sebep olan durumların, aktif öğrenci ve mezun sayılarını azalttığı, özetle sistemi negatif yönde etkilediği anlaşılmaktadır.

Tablo 3.6 Dışsal değişkenlerin kısa dönem etkileri

Durumlar	Aktif Öğrenci Sayısı	Pasife Düşen Sayısı	Mezun Sayısı
Normal Durum			
Enflasyon +%10 Harç Ücret Zammı			
Enflasyon -%10 Harç Ücret İndirimi			
Ekonomik İyileşme			
Ekonomik Kötüleşme			
İş Hayatı Yükümlülüklerinin Azalması			
Örgün Öğretime Giriş Kolaylaşması			
Örgün Öğretime Giriş Zorlaşması			
%7 Oranında Üniv. Mezunu Artış Oranı			
Çevresinin Daha Fazla Desteği			
AÖF Olan Üniversite Sayısı (Artması)			

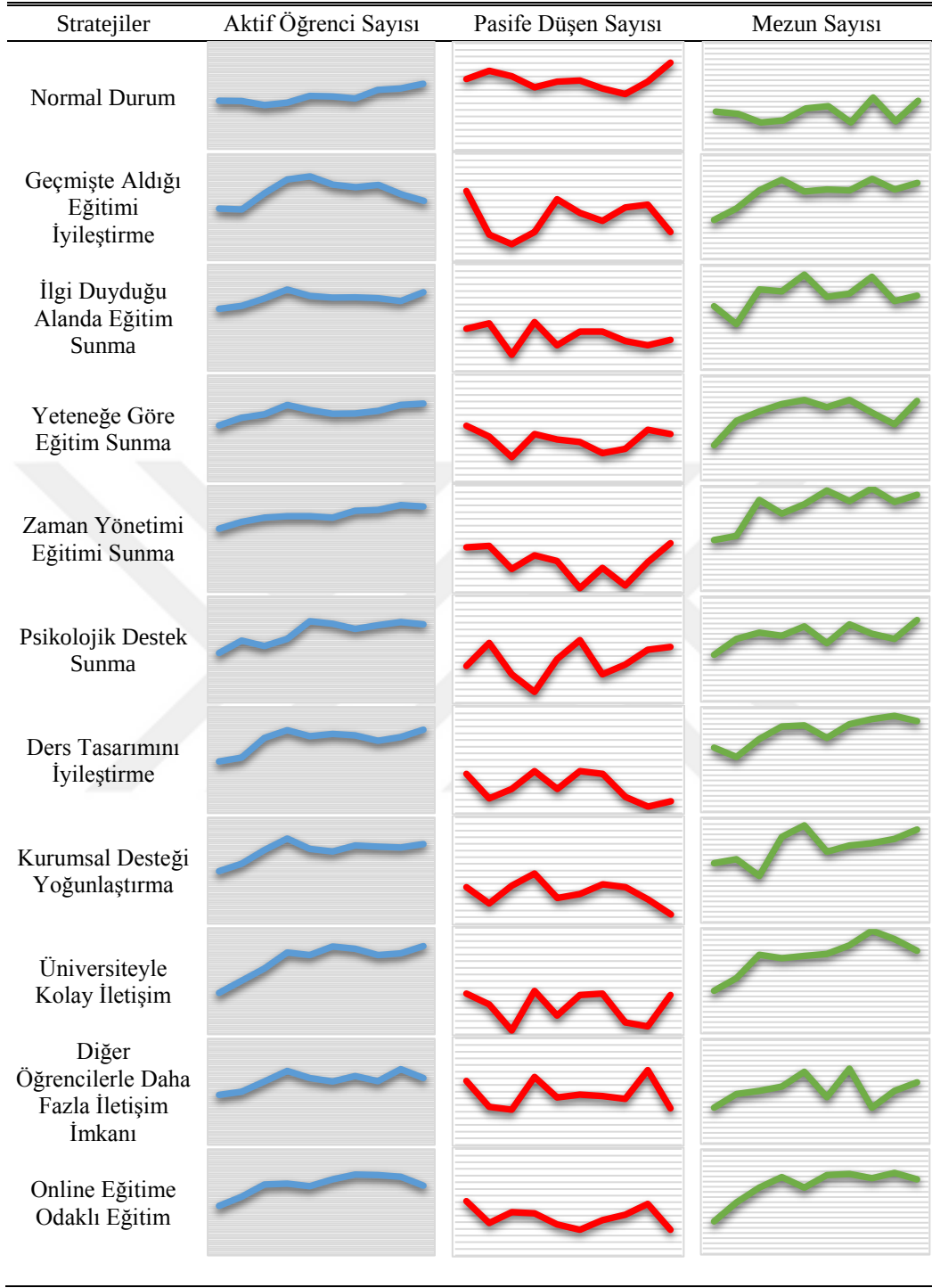
Enflasyon oranına ek olarak yapılacak %10 oranında harç ücret artışı aktif öğrenci ve mezun sayılarında keskin bir düşüşe sebep olmaktadır. Benzer şekilde ekonomik kötüleşme de aynı etkiyi göstermektedir. Bu iki değişken için de dikkat çekici bir nokta olarak, pasife düşen öğrenci sayıları öncelikle çok hızlı artış göstermiş süreç sonunda ise tekrar eski seviyesine ulaşmıştır. Enflasyon oranı üzerinden %10'luk harç ücretlerinde

indirim yapılması ya da *ekonomik iyileşme* durumlarında ise beklenildiği üzere aktif öğrenci ve mezun sayılarında ciddi bir artış görülmektedir. Yine bunlarda da pasife düşen öğrenci sayılarında önce bir azalma meydana gelse de geri aynı seviyede devam etmiştir. Özellikle *ekonomik iyileşme* durumunda öğrenci ve mezun sayıları birden hızlı bir yükseliş içine girmiş daha sonra ulaştığı seviyede durağan halde devam etmiştir. *İş hayatı yükümlülüklerinin azalması* ve *çevresinin desteğinin daha fazla olması* durumları, sisteme gözle görülür derecede pozitif katkı yapmaktadır. Dikkat çekici bir nokta olarak, ekonomik temelli olmayan dışsal değişkenler genelde aktif öğrenci ve mezun sayılarında dramatik yükseliş ya da düşüslere neden olmazken, pasife düşen öğrenci sayılarında ciddi anlamda değişime sebep olmuştur.

İçsel değişkenlerin uzun dönem etkileri (Tablo 3.7) incelendiğinde ise *zaman yönetimi eğitimi sunma, ders tasarımı iyileştirme, üniversiteyle iletişimi kolaylaştırma* gibi stratejilerin aktif öğrenci ve mezun sayısındaki artış noktasında daha etkin olduğu görülmektedir. Diğer stratejilerin ise aktif öğrenci ve mezun sayılarında önce yükseliş trendi izlediği daha sonra ulaştığı düzeyde durağan bir seyirde kaldığı görülmektedir. Pasife düşen öğrenci sayılarında ise genellikle dalgalı bir değişim söz konusudur. Fakat uzun dönem sonunda pasife düşen öğrenci sayısı üzerinde *kurumsal desteği yoğunlaştırma, ders tasarımı iyileştirme* ve *geçmişte aldığı eğitimi iyileştirme* stratejilerinin olumlu katkıları olduğu söylenebilir.

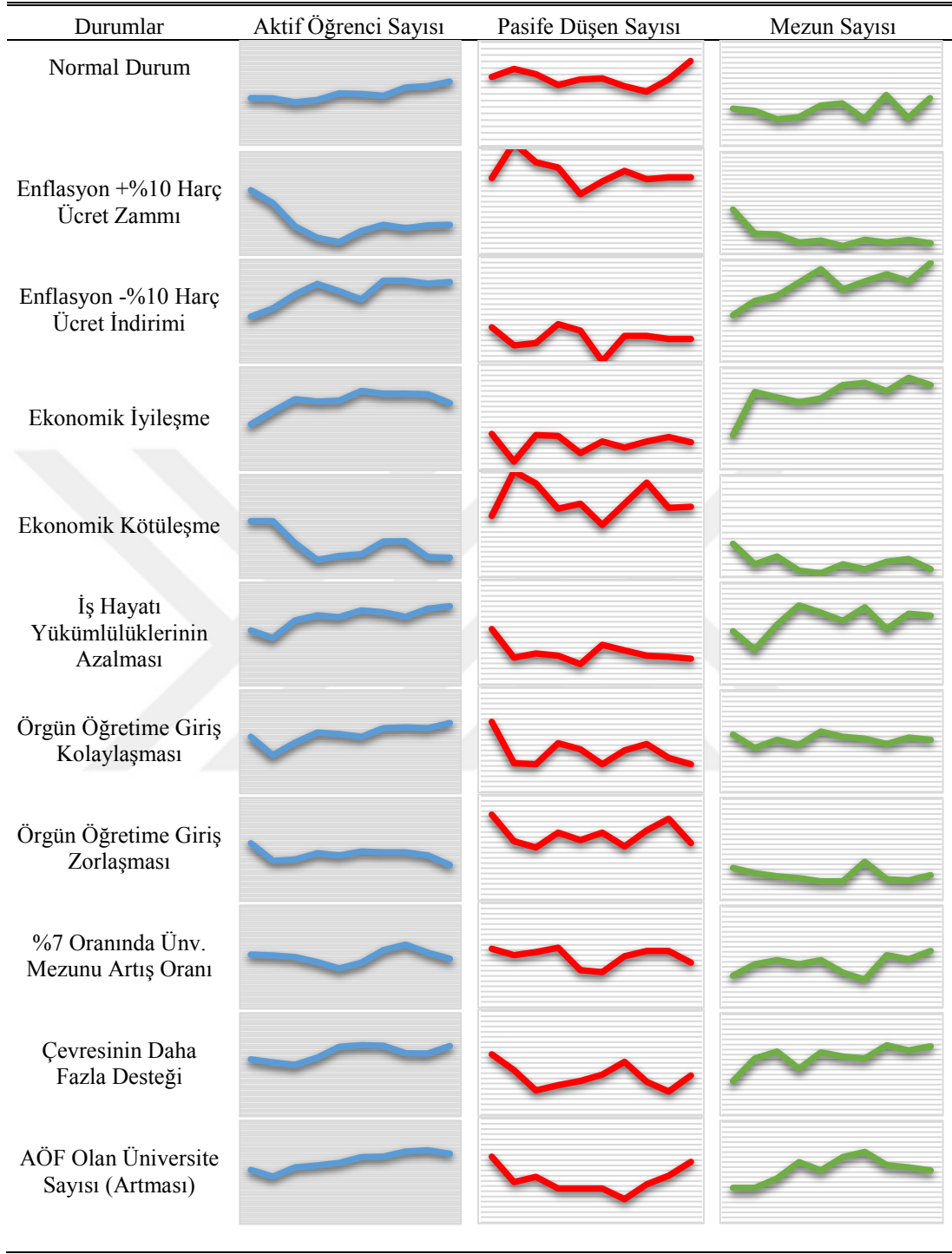
Dışsal değişkenlerin uzun dönem etkilerinde (Tablo 3.8) ise kısa dönem etkilerde olduğu gibi ekonomiyle alakalı değişkenlerin sistem üzerinde oldukça etkili oldukları görülmektedir. *Enflasyon oranına ek olarak yapılacak %10'luk harç ücret artışı* ve *ekonomik kötüleşme* aktif öğrenci ve mezun sayılarında neredeyse aynı etkiye neden olmuş, sayılarda dramatik bir azalmadan sonra durağan hal gözlemlenmiştir. *Ekonomik iyileşme* ve *harçlara enflasyona ek %10'luk indirim* de tam zıttı şekilde etkiler göstermiştir. İkisi artış ikisi de azalış eğilimlerinde olan bu dört dışsal değişkenin ortak noktası pasife düşen öğrenci sayılarında görülmektedir. Birbirine ters şekilde dalgalanmalar olsa da tüm süreç sonunda pasife düşen öğrenci sayılarında ciddi bir değişiklik görülmemektedir. Öte yandan *iş hayatının yükümlülüklerinin azalması, çevresinin daha fazla destek vermesi* ve *AÖF olan üniversite sayısının artması* durumlarında ise aktif öğrenci sayılarının sürekli artış eğiliminde olduğu görülmektedir.

Tablo 3.7 İçsel değişkenlerin uzun dönem etkileri



Hem uzun hem kısa dönem için içsel ve dışsal değişkenler birlikte değerlendirildiğinde, öğrenci sayılarındaki artış ya da azalış trendlerinin çoğunlukla kısa dönemde (ilk 5 yılda) gerçekleştiği, sonrasında ise serilerin ulaştıkları seviyelerde dalgalı ya da durağan seyre geçtikleri görülmektedir. Yani, sistem bir süre sonra her değişime ayak uydurmaktadır.

Tablo 3.8 Dışsal değişkenlerin uzun dönem etkileri



Tüm bu bulgulardan şu sonuç çıkarılabilir; her değişiklik ilk olarak pasife düşen öğrenci sayısını, sonrasında ve biraz daha uzun süre içinde aktif öğrenci sayısını ve en nihayetinde daha uzun süre içinde ise mezun sayısını etkilemektedir. Bu aslında beklenen bir sonuçtur. Buradan hareketle de her bir değişiklik hakkında pasife düşen öğrenci sayısı incelenerek o değişikliğin sistemde neden olduğu ani etki anlaşılabilir.

Çünkü eğitimi ile ilgili çekinceleri olan, sistem içinde eğitimini sürdürme noktasında kararsız ya da kırılganlığı yüksek şeklinde ifade edilebilecek öğrenciler bu durum değişikliklerine en önce tepki veren grubu oluşturmaktadırlar. Bu durum öznitelik alt gruplarının her bir değişikliğe nasıl tepki verdikleri incelendiğinde görülebilmektedir.

3.6. Senaryolar

ETB modellerinin güçlü yanlarından bir tanesi, bir sistem üzerinde gerçek hayatta yapılması çok zor ya da imkânsız olan çeşitli testlerin yapılmasına olanak sağlamalarıdır. Bu sayede hem içinde bulunulan durumdan çıkış stratejilerinin saptanmasında, hem de olası durum değişiklikleri daha gerçekleşmeden eylem planlarının oluşturulmasında karar vericiye önemli destekler sunmaktadırlar. Bunun için de geliştirilen model çeşitli senaryoları test etmeye olanak sağlayacak şekilde yapılandırılmalıdır. Senaryolar sayesinde “Eğer ... olursa, ne olur? (what-if)” sorularına cevap aranır ve sistem üzerindeki birçok değişkenin etkisi bir arada görülebilmektedir.

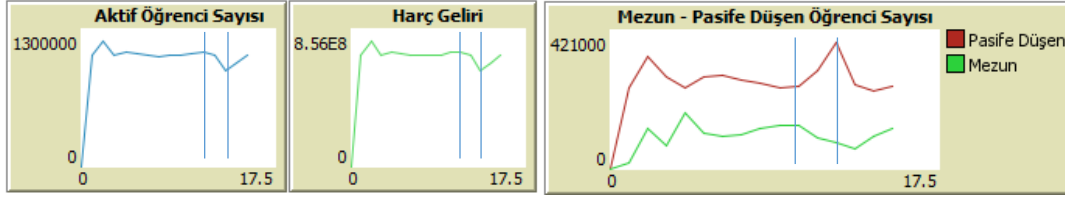
Çalışmada geliştirilen modelin arayüzünde karar vericinin kullanımına sunulmuş (popülasyon oranları ile ilgili değişkenlerle beraber) toplam 26 ayrı değişken yer almaktadır. Bu değişkenlerin bazıları (kaydırma çubuğu, seçme aracı gibi) birden fazla değer alabilir yapıdadır. Bu anlamda modelde (popülasyon oranları ile ilgili değişkenler hariç tutularak) 115 milyondan fazla sayıda farklı senaryo oluşturulabilir. Tabi ki bu senaryoların bazılarının gerçek hayatta gerçekleşme ihtimalleri yoktur. Fakat bu sayı kurulan modelin kapsamını anlayabilmek için önemli bir göstergedir.

Bu bölümde, gerçek hayatta görülme olasılığı yüksek olarak nitelendirilebilecek ve model kullanıcılarına örnek teşkil edebilecek yapıda olan dört temel senaryo test edilecektir. Bu senaryoların meydana gelmesi durumunda sistem yöneticilerine sistemin devamlılığını sağlama noktasında verecekleri kararları destekler nitelikte çeşitli öneriler sunulacaktır.

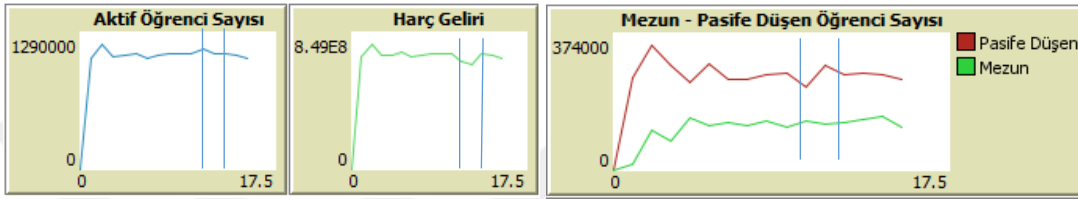
3.6.1. Senaryo 1

Senaryolardan ilki “ekonomik kötüleşme” senaryosudur. Kişilerin ekonomik durumlarının ve ülkenin ekonomik durumunun %4 kötüleşmesi, olağana ek olarak enflasyonun %3 ve işsizliğin %2 daha artması anlamına gelen (1. düzey) ekonomik kötüleşme senaryosu aslında genel bir ekonomik kriz senaryosudur. Sadece 2 yıl süren bu durumun ikinci yıldan itibaren pasife düşen öğrenci sayısında ciddi bir artışa neden

olduğu ve durum normale dönmesine rağmen takip eden iki yıl içinde aktif öğrenci sayısının ve aynı oranda sistemin harç gelirinin düştüğü görülmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Ekonomik kötüleşme durumu



Şekil 3.11 Ekonomik kötüleşmeye karşılık harçların ücretlerindeki indirim senaryosu

Ekonomik kötüleşme meydana geldiği yıllar için enflasyon oranında yapılacak bir harç ücret artış miktarı üzerinden %10 indirim yapma (örneğin enflasyon oranı %17 ise harçlara sadece %7 oranında zam yapma) stratejisinin izlenebilir. Bu durumda aktif öğrenci, mezun ve pasife düşen öğrenci sayılarında ciddi bir değişim görülmemekte, kriz ortamı sistemin genel ve öğrencilerin bireysel başarılarını büyük oranda etkilememektedir (Şekil 3.11). Sadece beklenildiği üzere harç gelirinde bir süreliğine azalma meydana gelmekte fakat bu kriz ortamında görülenden daha yüzeysel kalmaktadır.

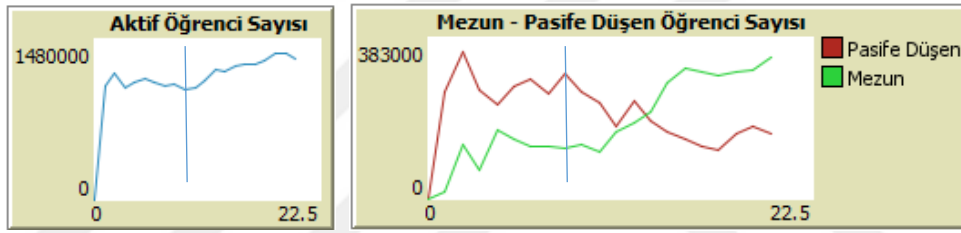
Özetle, enflasyonun hissedilir ölçüde arttığı kriz ortamlarında enflasyon oranını öğrencilerin eğitimleri için ödeyecekleri miktara yansıtmamak böyle durumlarda fayda sağlayabilmektedir. Fakat bu senaryoda ekonomik durumun kötüleşmesine karşı sadece bir strateji (harç ücreti) test edilmiştir. Ekonomik kriz gibi önemli durumlar için sadece bir stratejinin var olduğunun düşünülmeyeceği açıktır. Karar vericilerin bu sistemi kullanarak, bu stratejiye ek olarak diğer stratejileri de tek tek ya da bir arada test edip en uygun olanlarını değerlendirmeye almaları beklenmektedir.

3.6.2. Senaryo 2

Bu senaryoda, Açıköğretim sistemini iyileştirme ve geliştirme amacıyla yapılabilecek bir takım (sistem içi) değişikliklerin etkilerinin bir arada incelenmesi

yapılacaktır. Bu amaçla literatürde kendine yer bulan ve uygulamaya geçirmesi kolay stratejilerden geçmişte aldığı eğitimi iyileştirme, ilgi duyduğu alanda eğitime yönlendirme ve yeteneğe göre eğitim sunma stratejileri uygulanacaktır.

Geçmişte aldığı eğitimi iyileştirme stratejisi için lise (ve öncesi) konuları içeren ve isteyen öğrencinin istediği kursu ya da konuyu öğrenmesine olanak sağlayan bir çevrimiçi materyal oluşturulabilir. Böylelikle öğrenci kendisinde eksik gördüğü temel konuları öğrenerek üzerine eğitimini inşa edebilir. İlgi duyduğu alanda eğitime yönlendirme ve yeteneğe göre eğitime yönlendirme stratejileri için açıköğretime kaydolmayı düşünen öğrencilere ilgi duyduğu ve yeteneği olduğu alanları tespit etmeye yönelik çevrimiçi bir test yapıp, öğrencilere program içeriklerine uygunlukları yüzde olarak sunulurken daha başarılı olacağı programları tercih etmeleri sağlanabilir.



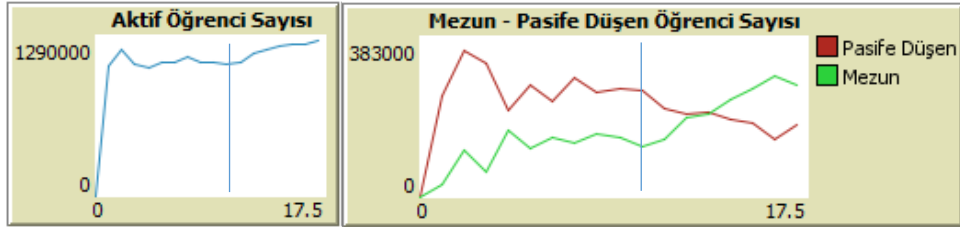
Şekil 3.12 Geçmişte aldığı eğitimi iyileştirme, ilgi duyduğu alanda eğitime yönlendirme ve yeteneğe göre eğitim sunma stratejilerinin uyguladığı durum

Şekil 3.12'den görüleceği üzere bu üç stratejinin bir arada uygulanması sonucu hem kısa süre içinde hem de uzun dönemde yani kalıcı olarak sistemdeki öğrenci ve mezun sayıları artmakta, daha üst bir seviyede durağan hale gelmektedir. Pasife düşen öğrenci sayısı ise ciddi oranda ve kalıcı şekilde azalmaktadır. Hatırlanmalıdır ki model, öğrencilerin ifadeleri doğrultusunda ve uygulanacak stratejilerin öğrencilerin ifade ettikleri düzeyde etkili olacağı varsayımı altında kurulmuştur. Bunu dikkate alarak model çıktılarını temkinli bir şekilde değerlendirecek olsak bile, bu üç stratejinin birlikte uygulanmasının sistemi daha etkin ve verimli hale getireceği düşünülmektedir.

3.6.3. Senaryo 3

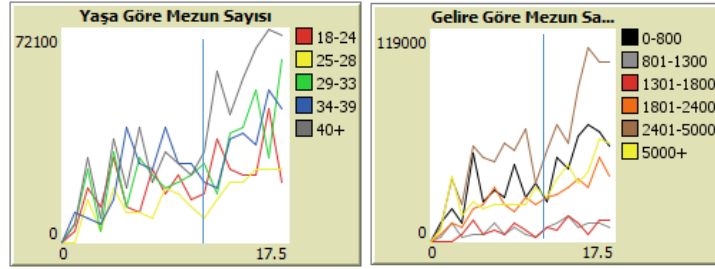
Bir diğer senaryo üniversitenin öğrenciler ile etkileşim düzeyi ile ilgilidir. Eğer daha yoğun kurumsal destek ve öğrencilerin üniversiteyle daha kolay iletişim kurması sağlarsa bu durumda öğrencilerin ve özellikle bazı öznel gruplarının başarı durumlarında etkinin nasıl olacağı incelenmiştir. Şekil 3.13'te görüldüğü üzere bu

stratejiler uygulandığı durumda aktif öğrenci ve mezun sayıları önemli ölçüde artış gösterirken pasife düşen öğrenci sayısı ise düşüş eğilimi göstermiştir. Her ne kadar senaryo 2’de görülen etki düzeyine ulaşılammış olsa da bu aslında beklenen bir sonuçtur.



Şekil 3.13 Yoğun kurumsal destek üniversiteyle kolay iletişim stratejilerinin uyguladığı durum

Bu senaryoda öğrencilerin geneli üzerinden değil, öznitelik grupları üzerinden inceleme yapmak karar vericilere daha faydalı bilgi sunmaktadır. Bu öznitelik gruplarından ikisi olan yaş ve gelir gruplarının mezun sayıları özellikle dikkatleri çekmektedir. Şekil 3.14’te yer alan grafikler incelendiğinde, 40 yaş ve üzeri gruptaki öğrenciler ile 2401-5000 TL gelir grubundaki öğrenciler bu stratejiler uygulamaya konulduktan sonra daha başarılı olmuşlardır.

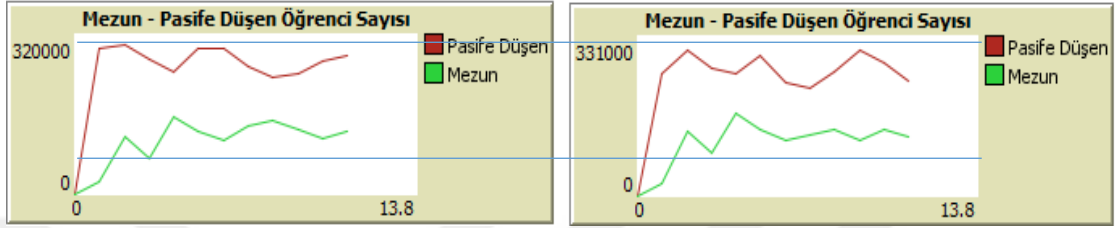


Şekil 3.14 Senaryo 3’ün yaş ve gelir grupları üzerindeki etkisi

Buradan da anlaşılabileceği üzere geliştirilen bu model ile oluşturulacak senaryolarla sadece sistemin geneline ait sonuçlar değil, her senaryonun her bir öznitelik kümesi özelinde de sonuçları elde edilebilmektedir. Bu sayede odaklanmak istenilen öznitelik grupları için farklı senaryolar oluşturma imkânı modelde sağlanmıştır.

3.6.4. Senaryo 4

Bu senaryoda ise diğerlerinden farklı olarak popülasyon oranlarında bir değişiklik yapılarak, bir öznitelik grubu açısından sistem test edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, kadın öznitelik grubuna odaklanılmış ve “eğer sistemdeki öğrencilerin tamamı kadınlardan oluşsaydı başarı durumu nasıl olurdu” sorusuna cevap aranmıştır.



Şekil 3.15 Sistemin normal durum sonuçları (Solda) ve sistemin sadece kadınlardan oluştuğu durumda sonuçlar (Sağda)

Şekil 3.15’te sistemin normal çalışma durumundaki ve sadece kadınlardan meydana geldiği durumdaki mezun ve pasife düşen öğrenci sayıları sunulmuştur. Buna göre sadece kadınlardan meydana gelen sistem, bu veriler açısından daha keskin dalgalı bir seyir izlemiş ve mezun ile pasife düşen öğrenci sayıları arasında nispeten daha dar bir bant aralığı göstermiştir. Aslında bu senaryonun, stratejiler ya da dışsal değişkenler kullanılarak her bir durumun sadece kadınlar üzerinde nasıl etki gösterdiğini daha net olarak incelemek için genişletilmesi daha yararlı sonuçlar üretecektir. Zaten sistem arayüzünde popülasyon oranlarının sunulmasının asıl amacı da budur. Bu sayede sistem tek bir öznitelik grubu için özelleştirilmiş hale gelebilmektedir.

Bu bölümün genelinden anlaşılacağı üzere, geliştirilen bu yönetim bilgi sistemiyle dışsal değişkenlere karşı kullanılacak stratejilerin saptanması, stratejilerin bir arada kullanılması, değişikliklerin öznitelik grupları üzerinde etkilerinin bulunması ve sistemin tek bir öznitelik grubu için incelenmesi gibi çeşitli senaryolar kolaylıkla uygulanabilir. Gerçek durumları yansıtmak için hem dışsal değişkenler hem stratejiler, hem de popülasyon oranlarının bir arada kullanılması daha faydalı sonuçlar üretecektir.

SONUÇ

Bu tez çalışmasında, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Sistemi öğrencileri simüle edilerek, çeşitli senaryo ve kararları test etmeye olanak sağlayan bir yönetim bilgi sistemi meydana getirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda etmen tabanlı benzetim metoduna başvurulmuş ve bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen modelle aynı zamanda etmen tabanlı benzetim literatürüne de katkı yapılması hedeflenmiştir. Çünkü literatürde bir açıköğretim sistemi için bu kadar geniş kapsamlı kurulmuş bir ETB modeline rastlanmamaktadır. Bu anlamda emsal kabul edilecek bir model metodolojisi olmadığı için de model kurulumunda meydana gelen ve çözülmesi gereken bir takım soru ya da sorunlar için farklı analiz yöntemlerine başvurulmuştur. Bu nedenden ötürü model, birçok açıdan özgün noktalar içermekte ve benzeri alanlarda yapılabilecek çalışmalara örnek teşkil edebilecek veri, analiz süreci ve yöntemler barındırmaktadır. Bu yapısı itibarıyla modelde yeni bir metodoloji sunulmuştur.

Çalışmadaki özgün noktalardan birisi çalışmada kullanılan veriler içinde yer almaktadır. Öğrencilere yöneltilen sorularda öğrencilerin kişilik özelliklerini tespit etmek için bir ölçek kullanılmış ve kişilik özellikleri ile başarı durumları arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Farklı öğrenci örneklemeleri için bu ilişkinin incelendiği çalışmalar literatürde bulunsada 40 binden fazla öğrenciden veri toplayarak yapılan bu açıköğretim alanında kişilik özellikleri ile başarı durumları arasındaki ilişki incelemesi, literatürde bir ilk olma özelliği taşımaktadır. Açıköğretim sistemindeki öğrencilerde en fazla ön plana çıkan kişilik türünün sorumluluk olması dikkat çekici ve sonraki çalışmalarda detaylı olarak tartışılması gereken önemli bir sonuçtur.

ETB modelinde sisteme her turda girecek etmen sayısını belirleme amacıyla oluşturulan regresyon modeli de sonuçları bazında çalışmadaki bir diğer özgün noktalardan biridir. Buna göre, sistemde yer alan öğrenci sayılarının daha durağan halde görüldüğü son on yıllık verilerden yıllık pasife düşen öğrenci sayısı elde edilmiş ve bu değer bağımsız değişken olarak yer aldığı basit regresyon modeli kurularak bir sonraki sene modele girecek öğrenci sayısı tahmin edilmiştir. Pasife düşen öğrenci sayısı değişkeninin katsayısının -0.575 çıkması oldukça ilginç bulunmuştur. Buna göre o yıl içinde sistemde pasife düşen öğrenci sayısı (ortalama) iki arttıkça, sonraki yılda sisteme yeni kayıt yaptıran öğrenci sayısı bir azalmaktadır. Çalışmanın kapsamı dışında olduğu için bu durumun nedenleri burada tartışılmamaktadır. Fakat bu durum, konu ile ilgili araştırmacılar tarafından incelenmesi gereken önemli bir bulgudur.

Çalışmadaki bir diğer ve en önemli özgün nokta ise derin öğrenme modeli kurulması ve ETB modeli ile entegre edilerek, yönetim bilgi sistemi içinde sürekli halde kullanılmasıdır. Makine öğrenmesi yöntemleri içinde yer alan derin öğrenme yöntemlerinin günümüzde birçok alanda başarılı bir şekilde kullanılması bilim dünyasında dikkatleri üzerine çekmektedir. Temelinde yapay sinir ağları bulunan derin öğrenme yöntemlerinin benzetim modelleri içinde kullanılması ise bilim dünyasında henüz tartışılan ve bu alanda çalışmalar yapılmaya göreceli olarak yeni başlanmış bir konudur. Bu nedenlerden dolayı bu çalışmada yapılan şekliyle derin öğrenme modelinin ETB modeliyle entegrasyonu literatüre ve sonraki çalışmalara önemli katkılar sunmaktadır. ETB yöntemi böylelikle daha zengin bir yapay zekâ yöntemi haline getirilmiştir.

Çalışmayı özgünleştiren diğer bir önemli nokta da öğrencilerin potansiyel not ortalamalarının tahmin edilmesidir. Literatürde not tahmini konusu çok fazla yer almasına rağmen derin öğrenme modeli kullanılarak tahminin yapıldığı çalışmalara oldukça nadir rastlanmaktadır. Özellikle de açıköğretim gibi sistemlerde not ortalamalarının tahmini ekstra zorluklar barındırmaktadır. Çünkü sistem çok büyük ölçeklidir ve çok farklı nitelikte öğrencilerden oluşmaktadır. Bu yüzden açıköğretim sistemi veri tabalarından ve öğrencilere sorarak elde edilen veriler bir arada değerlendirilerek belki de bu konuda daha önce hiç ulaşılamamış büyüklükte bir veri ambarı oluşturulmuştur. Bu veriler ile derin öğrenme modeli kurulmuş ve neticesinde de öğrencilerin potansiyel not ortalamaları sahip oldukları özelliklere göre daha sisteme ilk girişlerinde tahmin edilmiştir. Modelin kalbi olarak görülen bu analiz sayesinde geliştirilen ETB modeli gerçek hayatla daha bağdaşık bir hale getirilmiştir.

Potansiyel not ortalamaları hesaplanan her bir etmenin başarı durumunun (yıllık not ortalamasının) süreç içinde diğer faktörlerden (değişkenlerden) nasıl etkilendiğinin ortaya konması model içinde çözülmesi gereken önemli bir problemdir. Bu problem ile başa çıkmak için farklı alanlarda kullanılan denklemler incelenmiş ve modele yerleştirilip deneme yapılmak suretiyle kullanılabilirliği araştırılmıştır. Yapılan testler sonucunda üretim fonksiyonlarından olan Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan esinlenerek oluşturulan denklemin gerçeği yansıtacak özelliğe sahip olduğu anlaşılmıştır. Aslında eğitim alanında Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun uygulanması yeni değildir. Literatürde bu durumun tartışıldığı çalışmalar mevcuttur. Fakat Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun eğitimle ilgili bir ETB modelinde öğrencilerin başarılarına etki eden

faktörlerin bir arada hesaplanmasında kullanımı ilktir ve çalışmaya özgünlük katan diğer bir noktadır. Ayrıca bu fonksiyon ile elde edilen sonuçlarının gerçek hayatta kullanılabileceğinin bir ETB modeli ile test edilmiş olması, eğitimde Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun kullanımıyla ilgili literatüre de katkı yapmıştır.

Geliştirilen modelin içerdiği bu özgün noktalar bir arada değerlendirildiğinde, bu tez çalışmasında ETB modeli oluşturmada yeni bir metodoloji ortaya konduğu görülmektedir. Bu metodoloji dört temel adımdan meydana gelmektedir. Bunlar;

- Etmenlerin özniteliklerini geniş bir şekilde tanımla ve bu amaçla mümkün olduğu kadar büyük ölçekli veri tabanları kullan (çok veri elde et),
- Model çıktıları ile model girdileri arasında ilişki bul ve bunu her turda sisteme girecek etmen sayısını belirlemede kullan,
- Makine öğrenmesi / derin öğrenme gibi analiz yöntemleriyle etmenlerin sahip olduğu ve davranışın temelini oluşturan ana öz niteliğin değerini tahmin et (hesapla)
- Doğrusal olmayan fonksiyon yardımıyla ana öz nitelik değerini merkeze alarak buna etki eden dönemlik değişkenlerin bileşke etkilerini içeren denklemi üret ve bu denklemle her turda etmenin durumunu / davranışını belirleyen öz niteliğe ait değeri elde et.

Sadece ele alınan problemi çözmeye başarılı olan bir yöntem yeni bir metodoloji demek her zaman doğru değildir. Uygulanan yöntemin yeni bir metodoloji olarak adlandırılabilmesi için bir çok modelde kullanılabilir bir yapıda olması gereklidir. Her ne kadar açıköğretim sistemini modelleme aşamasında karşılaşılan sorunların çözümü için bu ETB metodolojisi geliştirilmiş olsa da bu metodoloji ile birçok farklı alanda çalışma yapılabilir. Bu anlamda geliştirilen metodoloji bir çok farklı modelde kullanılabilir yapıdadır. Buna örnekler vermek gerekirse, bir süpermarket ya da mağaza müşterilerine ait öznitelikler (sadakat kartları vs.) çeşitli yollarla elde edilip, müşterilerin potansiyel olarak ortalama harcama miktarlarını yada alacakları ürünleri derin öğrenme ile tahmin ederek, süreç içinde çeşitli içsel (kampanyalar vs.) dışsal (ekonomik durumlar, diğer mağaza kampanyaları vs.) değişkenlerdeki meydana gelen değişikliklerin müşteriler üzerindeki etkilerini dönemlik ve sürekli olarak takibi için oluşturulacak bir ETB modelinde bu metodoloji kullanılabilir. Bir diğer örnek ise finans alanında verilebilir. Buna göre bir portföyde yer alan hisse senetlerinin öznitelikleri elde edilerek, dönemlik potansiyel getirileri derin öğrenme ile tahmin edilip, süreç içinde içsel ve dışsal

faktörlerdeki değişikliklerin hisselerin günlük getirileri üzerindeki etkilerini anlamak için oluşturulacak bir ETB modelinde de bu metodoloji kullanılabilir. Ya da bunlara benzer şekilde ama daha farklı olarak toplumsal bir alanda da kullanılabilir. Örneğin, seçmenlere ait öznitelikler elde edilerek potansiyel oy verecekleri partiler derin öğrenme ile tahmin edilip, seçim sürecinde meydana gelen değişikliklerin seçmenlerin kararları üzerindeki etkilerinin saptanıp buna göre bir söylem geliştirme benzetimi oluşturulmasında da yine bu metodoloji izlenebilir. Bu alanda çalışan araştırmacılara öneri olarak da sunulabilecek bu örnekleri sağlık, güvenlik, hukuk gibi alanlarda da çoğaltmak mümkündür.

Bu tez çalışmasında geliştirilen yönetim bilgi sistemi, planlandığı üzere özelleştirilebilir ve genelleştirilebilir bir yapıda inşa edilmiştir. Bu sayede sistem, geliştiriciler tarafından sadece kod dizilimine birkaç ekleme yapılarak hatta bazen arayüzdeki popülasyon oranları kullanılarak bile kolayca belli bir öznitelik grubu özelinde çalışabilir bir hale dönüştürülebilir, özelleştirilebilir. Öte yandan kitap, öğretici sistemi gibi diğer sistemler de (ilgili veriler toplanıp analiz edilerek) modele dahil edilmek suretiyle model genişletilebilir ve genelleştirilebilir.

Sonuç olarak, elde edilen veriler ile kural ve çıkarımlar yapılarak Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Sistemi içinde yer alan öğrencilerin simüle edildiği geçerli ve güvenli bir ETB modeli barındıran ve açıköğretim sistem yöneticilerine sistem ile ilgili alacakları kararlarda yardımcı olmak amacıyla geliştirilen yönetim bilgi sistemi, çalışmanın temel hedeflerini karşılayacak bir şekilde oluşturulmuştur. Fakat bu yönetim bilgi sisteminin sistem yöneticilerinin tüm ihtiyaçlarını karşılaması imkânsızdır. Bu meydana getirilen sistem, daha yüksek işlem kapasitesine sahip bilgisayarlar aracılığıyla geliştirilip daha verimli bir hale kavuşturulabilir.

KAYNAKÇA

- Abar, S., Theodoropoulos, G. K., Lemarinier, P., & O'Hare, G. M. (2017). Agent Based Modelling and Simulation tools: A review of the state-of-art software. *Computer Science Review*, 24, 13-33.
- Abbasoğlu, B. (2020) Ortaokul öğrencilerinin akademik başarılarının eğitsel veri madenciliği yöntemleri ile tahmini. *Veri Bilimi*, 3(1), 1-10.
- Al-Barrak, M. A., & Al-Razgan, M. (2016). Predicting students final GPA using decision trees: a case study. *International journal of information and education technology*, 6(7), 528.
- Alptekin, N. (2016). Benzetim modelleri. Ş. Lezki (Editör), *Karar Modelleri içinde*(s. 130-149). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Anderson, J. L. (2006). Predicting final GPA of graduate school students: Comparing artificial neural networking and simultaneous multiple regression. *College and University*, 81(4), 19.
- Angione, C., Silverman, E., & Yaneske, E. (2020). Using Machine Learning to Emulate Agent-Based Simulations. *arXiv preprint arXiv:2005.02077*.
- Atak, H. (2013). On-Maddeli Kişilik Ölçeği'nin Türk Kültürü'ne Uyarlanması. *Archives of Neuropsychiatry/Noropsikiatri Arsivi*, 50(4).
- Ataseven, B. (2013). Yapay Sinir Ağları İle Öngörü Modellemesi. *Öneri Dergisi*, 10(39), 101-115.
- Aydemir, B. (2017). Veri madenciliği yöntemleri kullanarak meslek yüksekokulu öğrencilerinin akademik başarı tahmini. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*.
- Aydın, S., Öztürk, A., Büyükköse, G. T., Er, F., & Sönmez, H. (2019). An Investigation of Drop-Out in Open and Distance Education. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 19(2), 40-57.
- Bandini, S., Manzoni, S., Vizzari, G. (2009). Agent based modeling and simulation: an informatics perspective. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 12(4), 4.
- Banks, J. (1999). Introduction to simulation. *WSC '99: Proceedings of the 31st Conference on Winter Simulation*, New York, s.7-13.
- Barutçugil, İ. (2002). *Bilgi yönetimi*. Kariyer Yayıncılık.

- Batata, O., Augusto, V., & Xie, X. (2018). Mixed machine learning and agent-based simulation for respite care evaluation. In *2018 Winter Simulation Conference (WSC)* (pp. 2668-2679). IEEE.
- Blikstein, P., Abrahamson, D., & Wilensky, U. (2005). Netlogo: Where we are, where we're going. In *Proceedings of the annual meeting of Interaction Design and Children, Press* (23).
- Bonabeau, E. (2002). Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 99 (3)
- Bonczek, R. H., Holsapple, C. W., & Whinston, A. B. (1980). The evolving roles of models in decision support systems. *Decision Sciences*, 11(2), 337-356.
- Bone, C., & Dragicevic, S. (2010). Simulation and validation of a reinforcement learning agent-based model for multi-stakeholder forest management. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(2), 162-174.
- Burstein, F., & Holsapple, C. W. (Eds.). (2008). *Handbook on decision support systems 2: variations*. Springer Science & Business Media.
- Canbaz, S. (2016). *Yönetim Bilgi Sistemleri*. Paradigma Akademi Yayınları
- Ciaburro, G., & Venkateswaran, B. (2017). *Neural Networks with R: Smart models using CNN, RNN, deep learning, and artificial intelligence principles*. Packt Publishing Ltd.
- Chollet, F. and J. Allaire. 2018. *Deep Learning with R*. Manning Publications Co.
- Cooley, P., & Solano, E. (2011). Agent-based model (ABM) validation considerations. In *Proceedings of the Third International Conference on Advances in System Simulation (SIMUL 2011)*. 134-139.
- Doukim C. A., Dargham J. A. and Chekima A., 2010. Finding the number of hidden neurons for an MLP neural network using coarse to fine search technique, *10th International Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications (ISSPA 2010)*. 606-609.
- Elmas, Ç. (2018). *Yapay zeka uygulamaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Erpolat, S. (2007). İstatistik Bölümü Öğrencilerini Ve Öğretim Elemanlarını İzleyen Bir Karar Destek Sistemi: Baykuş Programı. *Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Bölümü Doktora Tezi*.
- Eryiğit, M. (2005). Hava taşımacılığında filo atama problemlerini çözmeye yönelik bir karar destek sistemi. *Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı Doktora Tezi*.

- Escudero Marin, P. (2020). *Using agent-based modelling and simulation to model performance measurement in healthcare* Yayınlanmamış Doktora Tezi, Lancaster: Lancaster University.
- Fuller, D. B., de Arruda, E. F., & Ferreira Filho, V. J. M. (2020). Learning-agent-based simulation for queue network systems. *Journal of the Operational Research Society*, 71(11), 1723-1739.
- García-Magariño, I., Lombas, A. S., Plaza, I., & Medrano, C. (2017). ABS-SOCI: An agent-based simulator of student sociograms. *Applied Sciences (Switzerland)*, 7(11), 1–18.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., & Bengio, Y. (2016). *Deep learning* (Vol. 1, No. 2). Cambridge: MIT press.
- Gorry, G. A., and Scott Morton, M. S. (1971). A framework for management information systems. Cambridge, Massachusetts.
- Gosling, S. D., Rentfrow, P. J., & Swann Jr, W. B. (2003). A very brief measure of the Big-Five personality domains. *Journal of Research in personality*, 37(6), 504-528.
- Gök, M. (2017). Makine öğrenmesi yöntemleri ile akademik başarının tahmin edilmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 5(3), 139-148.
- Gökçen, H. (2007). *Yönetim bilgi sistemleri*. Palme Yayıncılık.
- Gu, X., & Blackmore, K. L. (2015). A systematic review of agent-based modelling and simulation applications in the higher education domain. *Higher Education Research and Development*, 34(5), 883–898.
- Gürçan, Ö., Dikenelli, O., & Bernon, C. (2014). A generic testing framework for agent-based simulation models. In *Agent-Based Modeling and Simulation*, 231-270. Palgrave Macmillan, London.
- Gürsaka N. (2018). *Makine öğrenmesi*. Bursa: Dora Yayınevi.
- Hardgrave, B. C., Wilson, R. L., & Walstrom, K. A. (1994). Predicting graduate student success: A comparison of neural networks and traditional techniques. *Computers & Operations Research*, 21(3), 249-263.
- http-1: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/> (Erişim tarihi: 10.04.2021)
- IBM (2021) IBM Cloud Education. Erişim: <https://www.ibm.com/cloud/learn/what-is-artificial-intelligence> (Erişim tarihi:25/05/2021)

- Ingram, F. J., & Brooks, R. J. (2017). Simulating classroom lessons: An agent-based attempt. *Proceedings of the Operational Research Society Simulation Workshop 2018, SW 2018*, 230–240.
- Iqbal, Z., Qadir, J., Mian, A. N., & Kamiran, F. (2017). Machine learning based student grade prediction: A case study. *arXiv preprint arXiv:1708.08744*.
- Ivashkin, Y. A., & Nazoikin, E. A. (2009). Agent-based simulation model of educational process in the student group. *CSSim 2009 - 1st International Conference on Computational Intelligence, Modelling, and Simulation*, 132–137.
- Iyanda, A. R., Ninan, O. D., Ajayi, A. O., & Anyabolu, O. G. (2018). Predicting Student Academic Performance in Computer Science Courses: A Comparison of Neural Network Models. *International Journal of Modern Education & Computer Science*, 10(6).
- Jang, I., Kim, D., Lee, D., & Son, Y. (2018, October). An agent-based simulation modeling with deep reinforcement learning for smart traffic signal control. In *2018 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)* (pp. 1028-1030). IEEE.
- Kağrıoğlu, H. (2003). Çağdaş Bilgi Sistemi ve Dijital İşlemler. M. Şahin (Editör), *Yönetim Bilgi Sistemi içinde*(s.1-19). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Kapanoğlu, M. (2016). Karar destek sistemleri: Temel kavramlar. Kapanoğlu, M. (Editör), *Karar destek sistemleri içinde*(s. 3-23). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Karakullukçu ,E. (2020). Yanık görüntülerinin çok değişkenli istatistiksel yöntemler ve derin öğrenme yaklaşımları ile analizi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı Doktora Tezi*.
- Kavak, H., Padilla, J. J., Lynch, C. J., & Diallo, S. Y. (2018, April). Big data, agents, and machine learning: Towards a data-driven agent-based modeling approach. In *Proceedings of the Annual Simulation Symposium* (pp. 1-12).
- Kelton, W., Sadowski, R., & Swets, N. (2015). *Simulation with Arena*. New York: McGraw-Hill Education.
- Keras (2020). About Keras. Erişim: <https://keras.io/about/> . (Erişim tarihi:01/12/2020)
- Kersten, G. E., Mikolajuk, Z., & Yeh, A. G. O. (2000). *Decision support systems for sustainable development: a resource book of methods and applications*. Springer Science & Business Media.

- Kleijnen, J. P. (1995). Verification and validation of simulation models. *European journal of operational research*, 82(1), 145-162.
- Klügl, F. (2008). A validation methodology for agent-based simulations. In *Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing*, 39-43.
- Krenker, A., Bester, J., & Kos, A. (2011). Introduction to the artificial neural networks. In *Artificial neural networks-methodological advances and biomedical applications*. IntechOpen.
- Lamperti, F., Roventini, A., & Sani, A. (2018). Agent-based model calibration using machine learning surrogates. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 90, 366-389.
- Lanzetta, M. (2018). Machine Learning, Deep Learning, and Artificial Intelligence. M. Gilbert (Editör) *Artificial Intelligence for Autonomous Networks* içinde (s. 25-47). Chapman and Hall/CRC.
- Laudon, K. C. ve LAUDON, J. P.(2012).*Management information systems, Managing the Digital Firm*. New Jersey:Prentice-Hall Inc.
- Law, A. M. (2015). *Simulation Modeling and Analysis*. McGraw-Hill Education.
- Lee, Y., & Choi, J. (2011). A review of online course dropout research: implications for practice and future research. *Educational Technology Research and Development*, 59(5), 593–618.
- Lezki, Ş. (2012). Bilgi Sistemlerinin Esasları. H. Durucasu (Editör), *İşletme Bilgi Sistemleri* içinde (s.2-20). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Lezki, Ş. (2016). Kararın temelleri. H. Durucasu (Editör), *İşletmelerde Karar verme teknikleri* içinde(s. 4-25). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Little, J. D. (1970). Models and managers: The concept of a decision calculus. *Management science*, 16(8), B-466.
- Lucey, T. (2005). *Management information system* . Bedfore Row.
- Macal, C. M., & North, M. J. (2008). Agent-based modeling and simulation: ABMS examples. In *2008 Winter Simulation Conference*, 101-112
- Macal, C., and North, M. (2010). Tutorial on agent-based modelling and simulation. *Journal of Simulation* , 4, 151–162.
- Manley, M., & Kim, Y. S. (2012). Modeling emergency evacuation of individuals with disabilities (exitus): An agent-based public decision support system. *Expert Systems with Applications*, Vol. 39, pp. 8300–8311.
- Minsky, M. 1968. *Semantic Information Processing*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Mintzberg, H. (1990). Manager's job: Folklore and fact. *Harvard business review*.
- Montanola-Sales, C., Onggo, B. S., & Casanovas-Garcia, J. (2011). Agent-based simulation validation: A case study in demographic simulation. In *Proceedings of the Third International Conference on Advances in System Simulation (SIMUL 2011)*, 109-115.
- Moore, J. H., & Chang, M. G. (1980). Design of decision support systems. *ACM SIGOA Newsletter*, 1(4-5), 8-14.
- Naylor, TJ, Balintfy, JL, Burdick, DS, and K Chu (1966), *Computer Simulation Techniques*. NY, Wiley.
- O'Brien, J.A., Marakas M. (2011). *Management Information Systems, Tenth Edition*, New York:McGraw-Hill Irwin.
- Oancea, B., Dragoescu, R. and Ciucu, S. (2013). Predicting students ' results in higher education using neural networks. *International Conference on Applied Information and Communication Technology* (pp. 190–193).
- Öğüt, A. (2003). *Bilgi çağında yönetim (2. Baskı)*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Pereda, M., Santos, J. I., & Galán, J. M. (2017). A brief introduction to the use of machine learning techniques in the analysis of agent-based models. In *Advances in Management Engineering*. Springer, Cham. (pp. 179-186)
- Polyzos, S., Samitas, A., & Katsaiti, M. S. (2020). Who is unhappy for Brexit? A machine-learning, agent-based study on financial instability. *International Review of Financial Analysis*, 72, 101590.
- Power, D. J. (2002). *Decision support systems: concepts and resources for managers*. Greenwood Publishing Group.
- Prakash, L. S., Zia, K., & Khalil, I. (2018). Collaborative learning to reduce learners dropouts in MOOCs: Modeling an agent-based simulation. *ACM International Conference Proceeding Series*, 55–64.
- Pullum, L. L., & Cui, X. (2012). Techniques and issues in agent-based modeling validation. *Technique Report*, 5-6.
- Railsback, S. F., Lytinen, S. L., & Jackson, S. K. (2006). Agent-based simulation platforms: Review and development recommendations. *Simulation*, 82(9), 609-623.
- Rand, W. (2006). Machine learning meets agent-based modeling: when not to go to a bar. In *Conference on Social Agents: Results and Prospects*.

- Rapaport, W. J. (2017). *What is computer science?* The American Philosophical Association Newsletter on Philosophy and Computers 16(2), 2–22.
- Robinson, S. (2014). *Simulation: the practice of model development and use*. Palgrave Macmillan.
- Robledo, L. (2013). *A Dynamic Enrollment Simulation Model For Planning And Decision-making In A University*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Florida: The University of Central Florida Orlando, College of Graduate Studies.
- Rojas, M. C. C. , Nieto, L. D. A., & Puentes, J. E. V. (2018). University student desertion analysis using agent-based modeling approach. *Complexis 2018 - Proceedings of the 3rd International Conference on Complexity, Future Information Systems and Risk, 2018-March*, 128–135.
- Ross, S. (2013). *Simulation*. Amsterdam: Elsevier.
- Sauter, V. L. (2010). *Decision support systems for business intelligence*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Searle, J. R. (1980). Minds, brains, and programs. *Behavioral And Brain Sciences*, 3(3), 417-424.
- Sellami, H. M. (2013). Can the agent based modeling represent the OER. *Proceedings - 2013 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, WI 2013*, 1, 16–22.
- Seman, L. O., Hausmann, R., & Bezerra, E. A. (2018). Agent-Based Simulation of Learning Dissemination in a Project-Based Learning Context Considering the Human Aspects. *IEEE Transactions on Education*, 61(2), 101–108.
- Sezen, H. Kemal, ve M. M. Günal. *Yöneylem Araştırmasında Benzetim*. Bursa: Ekin Yayınevi (2009).
- Shanmuganathan, S. (2016). Artificial neural network modelling: An introduction. In *Artificial neural network modelling* (pp. 1-14). Springer, Cham.
- Shukla, N., Munoz, A., Ma, J., & Huynh, N. (2013). Hybrid agent based simulation with adaptive learning of travel mode choices for university commuters (WIP). *SMART Infrastructure Facility - Papers*. 99.
- Siddiqi, A., Niazi, M., Mustafa, F., Bokhari, H., Hussain, A., Akram, N., Iqbal, S. (2009). A new hybrid agent-based modeling & simulation decision support system for breast cancer data analysis. *2009 International Conference on Information and Communication Technologies, ICICT 2009*, s.134–139.

- Siebers, P. O., Macal, C. M., Garnett, J., Buxton, D., Pidd, M. (2010). Discrete-event simulation is dead, long live agent-based simulation! *Journal of Simulation*, 4(3), 204–210.
- Singh, V. (2009). *System modeling and simulation*. New Delhi: New Age International (P) Ltd.
- Sklar, E. (2007). NetLogo, a multi-agent simulation environment. *Artificial life*, 13(3), 303–311.
- Sperka, R., & Slaninova, K. (2012). The Usability of Agent-Based Simulation in Decision Support System of E-Commerce Architecture. *International Journal of Information Engineering and Electronic Business*, 4(1), 10–17.
- Srivastava, N., Hinton, G., Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Salakhutdinov, R. (2014). Dropout: a simple way to prevent neural networks from overfitting. *The journal of machine learning research*, 15(1), 1929–1958.
- Sweda, T., & Klabjan, D. (2012). An agent-based decision support system for electric vehicle charging infrastructure deployment. *26th Electric Vehicle Symposium 2012, EVS 2012*, 1, s. 620–624.
- Taboada, M., Cabrera, E., & Luque, E. (2011). An agent-based decision support system for hospital emergency departments. *HEALTHINF 2011 - Proceedings of the International Conference on Health Informatics*, 4, 417–422.
- Taha, H. A. (2000). *Yöneylem araştırması*. (Çev: Ş.A. Baray ve Ş. Esnaf). İstanbul: Literatür.
- Taylor, S. J. (2014). Introducing agent-based modeling and simulation. S. J. Taylor (Editör), *Agent-based Modeling and Simulation* içinde (s. 1-10). London: Palgrave Macmillan.
- Thiele, J. C., & Grimm, V. (2010). NetLogo meets R: Linking agent-based models with a toolbox for their analysis. *Environmental Modelling & Software*, 25(8), 972–974.
- Tian, Y., Zhou, T. S., Yao, Q., Zhang, M., & Li, J. S. (2014). Use of an Agent-Based Simulation Model to Evaluate a Mobile-Based System for Supporting Emergency Evacuation Decision Making. *Journal of Medical Systems*, 38(12).
- Turban, E., Sharda, R., & Delen, D. (2007). Decision support and business intelligence system. *Eight Edition. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Pentice Hall*.
- Turban, E., 1995, *Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems*, 4th Edition, New York: Macmillian Publishing Company.

- Turban, E., Sharda, R., & Delen, D. (2014). *Business intelligence and analytics: systems for decision support*. Pearson Higher Ed.
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433-460.
- Tutar, H. (2006). *Yönetim bilgi sistemi*. Seçkin Yayıncılık.
- TÜİK (2019). Gelir ve Yaşam Koşulları Araştırması, 2019. Erişim: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Gelir-ve-Yasam-Kosullari-Arastirmasi-2019-33820> . (Erişim tarihi:01/12/2020)
- Türk Dil Kurumu (2020) *Güncel Türkçe sözlük*. Erişim adresi: <https://sozluk.gov.tr/> (Erişim tarihi: 01.04.2020)
- Twomey, P., & Cadman, R. (2002). Agent based modeling of customer behavior in the telecoms and media markets. *The Journal of Policy, Regulation and Strategy for Telecommunications*, 4, 56– 63.
- Ülgen, H. (1990). *İşletme yönetiminde bilgisayar*. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Wagner, N., & Agrawal, V. (2014). An agent-based simulation system for concert venue crowd evacuation modeling in the presence of a fire disaster. *Expert Systems with Applications*, 41, 2807–2815.
- Wang, W., & Siau, K. (2019). Artificial intelligence, machine learning, automation, robotics, future of work and future of humanity: a review and research agenda. *Journal of Database Management (JDM)*, 30(1), 61-79.
- Wilensky, U., and Rand, W. (2015). *An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo*. ABD: Mit Press.
- Van der Hoog, S. (2019). Surrogate modelling in (and of) agent-based models: A prospectus. *Computational Economics*, 53(3), 1245-1263.
- Vasif, V. Nabiyev.,(2010). *Yapay Zeka İnsan-Bilgisayar Etkileşimi*. Ankara: Seçkin Yayıncılık, 586-590.
- Yılmaz A. (2017). *Yapay Zeka*, İstanbul: Kodlab Yayıncılık.
- Yılmaz A. , Kaya U. (2019). *Derin Öğrenme*, İstanbul: Kodlab Yayıncılık.
- Zheng, A., & Casari, A. (2018). *Feature engineering for machine learning: principles and techniques for data scientists*. " O'Reilly Media, Inc."

EKLER

EK 1: Çevrimiçi Anket (veri toplama aracı) Formu

Demografik özellikler	
Aylık kişisel geliriniz?	☐ 0-800 TL ☐ 801-1300 TL ☐ 1301-1800 TL ☐ 1801-2400 TL ☐ 2401-5000 TL ☐ 5000+
Yükseköğretim için Açıköğretim Sistemini seçmenizdeki öncelikli nedeniniz nedir? (Birden çok seçenek işaretleyecekseniz, 1'den başlayarak sıralayınız.)	☐ Kariyerimi geliştirmek ☐ Meslek sahibi olmak ☐ Üniversite diplomasına sahip olmak ☐ Devam zorunluluğunun olmaması ☐ İlgili duyduğum alanlarda bilgi sahibi olmak ☐ Gelir düzeyimin örgün eğitim için yeterli olmaması ☐ Yerleştirme puanımın örgün eğitim için yeterli olmaması ☐ Çalışırken eğitim alma olanağı sağlaması ☐ İkinci bir diploma sahibi olmak ☐ Geçmişte kaçırdığım eğitim imkânını yakalamak ☐ Ailem ve/veya arkadaşlarımla yönlendirmesi

Kişilik Özellikleri								
Lütfen aşağıdaki ifadelere katılma derecenizi (1-7 arasında) belirtiniz. (1= Tamamen katılmıyorum ... 7= Tamamen katılıyorum)		Tamamen Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Biraz Katılmıyorum	Kararsızım	Biraz Katılıyorum	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum
1	Kendimi <u>dışa dönük, istekli</u> olarak görürüm.	1	2	3	4	5	6	7
2	Kendimi <u>eleştirel, kavgacı</u> olarak görürüm.	1	2	3	4	5	6	7
3	Kendimi <u>güvenilir, öz-disiplinli</u> olarak görürüm.	1	2	3	4	5	6	7
4	Kendimi <u>kaygılı, kolaylıkla hayal kırıklığına uğrayan</u> olarak görürüm.	1	2	3	4	5	6	7
5	Kendimi <u>yeni yaşantılara açık, karmaşık</u> olarak görürüm.	1	2	3	4	5	6	7
6	Kendimi <u>çekingen, sessiz</u> olarak görürüm.	1	2	3	4	5	6	7
7	Kendimi <u>sempatik, sıcak</u> olarak görürüm.	1	2	3	4	5	6	7
8	Kendimi <u>altüst olmuş, dikkatsiz</u> olarak görürüm.	1	2	3	4	5	6	7
9	Kendimi <u>sakin, duygusal olarak dengeli</u> olarak görürüm.	1	2	3	4	5	6	7
10	Kendimi <u>geleneksel, yaratıcı olmayan</u> olarak görürüm.	1	2	3	4	5	6	7

Aşağıdaki 3 ifadeyi sizin için önem derecesine göre (en önemli olan 1. Sırada olacak şekilde) sıralayınız.			
Başarı durumum üzerinde eğitim geçmişim (Geçmişte aldığım eğitimim) etkilidir.	1	2	3
Başarı durumum üzerinde geçmiş deneyimlerime uygun (bildiğim ya da ilgi duyduğum) alanda eğitim almam etkilidir.	1	2	3
Başarı durumum üzerinde yetenek ve becerilerime göre eğitim alabilmem etkilidir.	1	2	3
“..... daha başarılı olurum.” Cümlelerin başına gelebilecek ifadeleri sizin için önem derecesine göre (en önemli olan 1. Sırada olacak şekilde) sıralayınız.			

Zamanı daha iyi kullanabilirsem	1	2	3
Psikolojik durumumun iyi olduğu durumda	1	2	3
Yüksek notlar alarak derslerime daha çok motive olursam	1	2	3
“..... beni daha başarılı yapar.” Cümlelerin başına gelebilecek ifadeleri sizin için önem derecesine göre (en önemli olan 1. Sırada olacak şekilde) sıralayınız.			
Üniversitenin kurumsal desteğini artırması	1	2	3
Üniversiteyle olan etkileşiminin/iletişiminin kolaylaşması	1	2	3
Benimle aynı bölümde eğitim gören diğer öğrencilerle iletişiminin olması	1	2	3
“..... başarıma pozitif katkı yapacaktır.” Cümlelerin başına gelebilecek ifadeleri sizin için önem derecesine göre (En önemli olan 1. Sırada olacak şekilde) sıralayınız.			
İş hayatı yükümlülüklerinin azalması	1	2	3
Eğitiminin çevrem tarafından desteklenmesi	1	2	3
Aldığım derslerin iyi tasarlanması	1	2	3

	Lütfen aşağıdaki durumların “Başarı durumunuzu nasıl etkileyeceğini” belirtiniz. Örneğin; “Ekonomik durumumun iyileşmesi benim başarı durumumda olumlu etki yapar” diye düşünüyorsanız “ <u>Olumlu</u> etkiler” i işaretleyiniz.	<u>Cok Olumsuz</u> etkiler	<u>Olumsuz</u> etkiler	<u>Etkilemez</u>	<u>Olumlu</u> etkiler	<u>Cok Olumlu</u> etkiler
1.	Ekonomik durumumun iyileşmesi (örneğin; gelirim iki katına çıkması)					
2.	Ülkenin ekonomik durumunun kötüleşmesi (örneğin; ekonomik kriz çıkması)					
3.	Ülkede enflasyonun artması					
4.	Ülkede işsizliğin artması					
5.	Çevremde Açıköğretime kayıtlı kişi sayısının artması					
6.	Açıköğretim Fakültesi olan üniversite sayısının artması					
7.	Online eğitim olanaklarının olması (Örneğin; internet üzerinden kurs alabilme imkânınızın olması)					
8.	Ülkede üniversiteye (örgün öğretime) girişin kolaylaşması					
9.	Ülkedeki üniversite mezunu sayısının artması					
10.	Ödediğim harç miktarının artması					

EK 2: Çalışmada kullanılan derin öğrenme algoritmasına ait kod dizilimi

```
library(keras)
library(tensorflow)

not_ort <- read.csv("C:/Users/MFS/Desktop/TEZ MODEL/tez_veri_ambarı(72v_10grup).csv", sep = ";", dec = "," )
not_ort<-as.matrix(not_ort)

ind <- sample(2, nrow(not_ort), replace=TRUE, prob=c(0.80, 0.20))

train_x <- not_ort[ind==1, 1:(ncol(not_ort)-1)]
test_x <- not_ort[ind==2, 1:(ncol(not_ort)-1)]
train_y <- not_ort[ind==1, (ncol(not_ort))]
test_y <- not_ort[ind==2, (ncol(not_ort))]

model = keras_model_sequential() %>%
  layer_dense(units=64, activation="tanh", input_shape=ncol(train_x)) %>%
  layer_dropout(0.2) %>%
  layer_dense(units=32, activation = "tanh") %>%
  layer_dense(units=16, activation = "relu") %>%
  layer_dense(units=8, activation = "tanh") %>%
  layer_dense(units=4, activation = "relu") %>%
  layer_dense(units=1, activation = "linear")

model %>% compile(
  loss = "mse",
  optimizer = 'adam',
  metrics = list("mae","mse") )

model %>% summary()

model %>% fit(train_x,train_y, validation_split=0.2, epochs = 50,verbose = 2, batch_size = 64)

scores = model %>% evaluate(train_x, train_y, verbose = 2)
print(scores)

scores2 = model %>% evaluate(test_x, test_y, verbose = 2)
print(scores2)

y_pred = model %>% predict(test_x)
```

```
results=data.frame(test_y,y_pred)
```

```
öğrenci = seq(1:length(y_pred))
```

```
plot(öğrenci, test_y, col=c("#000000"), type="l")
```

```
lines(öğrenci, y_pred, col=c("#990000"))
```

```
legend("topleft", legend=c("y-gerçek", "y-tahmin"),
```

```
      col=c("#000000", "#990000"), lty=1,cex=0.8)
```

```
write.csv(results,file = "C:/Users/MFS/Desktop/TEZ MODEL/results.csv")
```

```
#save
```

```
save_model_hdf5(model,"C:/Users/MFS/Desktop/TEZ MODEL/DL_model.h5")
```

```
model <- load_model_hdf5("C:/Users/MFS/Desktop/TEZ MODEL/DL_model.h5")
```

```
save_model_weights_hdf5(model, "C:/Users/MFS/Desktop/TEZ MODEL/DL_model_weights.h5")
```

```
model %>% load_model_weights_hdf5("C:/Users/MFS/Desktop/TEZ MODEL/DL_model_weights.h5")
```

```
json_string <- model_to_json(model)
```

```
model <- model_from_json(json_string)
```

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet Fatih SERT

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Bilgileri

Yüksek Lisans - 2016, Cardiff University, School of Mathematics, MSc Operational Research and Applied Statistics, Cardiff, Birleşik Krallık

Lisans - 2012, İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri, Türkiye

YÖK Akademik Profil Sayfası

<https://akademik.yok.gov.tr/AkademikArama/AkademisyenGorevOgrenimBilgileri?islem=direct&authorId=7E03521B944FE2B7>