



**COVID-19 SALGINININ YAŞAM KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN
YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİYLE TAHMİNİ: 2020 DÖNEMİ**

Ali UÇUCU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2022

Ali UÇUCU tarafından hazırlanan “COVID-19 SALGINININ YAŞAM KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİYLE TAHMİNİ: 2020 DÖNEMİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Yönetim Bilişim Sistemleri Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Nursal ARICI

Yönetim Bilişim Sistemleri Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. M. Hanefi CALP

Yönetim Bilişim Sistemleri Ana Bilim Dalı, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 13/06/2022

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Aslıhan TÜFEKÇİ

Bilişim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ali UÇUCU

13/06/2022

COVID-19 SALGINININ YAŞAM KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİYLE TAHMİNİ: 2020 DÖNEMİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Ali UÇUCU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

Haziran 2022

ÖZET

İşletmelerin performans ölçütlerini etkileyen indeksler olduğu gibi, ülkelerin de yaşam kalitelerini etkileyen bazı indeksler bulunmaktadır. Ekonomik özgürlük indeksleri, refah indeksleri ve yaşam kalite indeksleri ile yaşam kalitesi belirlenebilmektedir. Bu indeksler objektif ya da vatandaşlardan toplanan subjektif veriler analiz edilerek oluşturulmaktadır. Ekonomik krizler, salgınlar, doğa olayları vb. koşullar bu indeksleri etkilemektedir. COVID-19 salgını da tüm bu indeksleri doğrudan etkilemiştir. Bu çalışmada COVID-19 salgınının ülkelerin yaşam kalitesi üzerindeki etkisi, yapay sinir ağları kullanılarak geliştirilen bir model ile araştırılmıştır. Veri seti olarak Numbeo Yaşam Kalitesi İndeksi ele alınmıştır. Bu kapsamda Avrupa kıtasında bulunan 29 ülkeye ait 29 ayrı yapay sinir ağı eğitilmiştir. Eğitim için 2012 ile 2019 yılları arasında vatandaşlardan toplanan veriler kullanılmıştır. 2020 yılı için ülkelerin yaşam kalitesi indeksleri tahmin edilmiş ve 2020 yılında gerçekleşen yaşam kalitesi indeksleri ile karşılaştırılmıştır. Çeşitli performans ölçütleri ile test edilen yapay sinir ağlarının geçmiş dönem tahminlerinin başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, COVID-19 salgınından sonra 25 ülkenin yaşam kalitesinde düşüş görülürken, geri kalan 4 ülkenin yaşam kalitesinde artış görülmüştür. Vatandaşların algıları ile ölçülen bu indekslerin refah düzeyi yüksek ülkelerde daha fazla düştüğü görülmüştür.

Bilim Kodu : 114611

Anahtar Kelimeler : COVID-19 salgını, yaşam kalitesi, yapay sinir ağları, tahminleme, yapay zeka

Sayfa Adedi : 87

Danışman : Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

PREDICTION OF THE IMPACT OF THE COVID-19 EPIDEMIC ON QUALITY OF
LIFE BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS METHOD: 2020 PERIOD

(M. Sc. Thesis)

Ali UÇUCU

GAZİ UNIVERSITY
INFORMATICS INSTITUTE

June 2022

ABSTRACT

There are indices that affect the performance criteria of enterprises, as well as some indices that affect the quality of life of countries. The quality of life can be determined with economic freedom indices, prosperity indices and quality of life indices. These indices are created by analyzing objective or subjective data collected from citizens. Economic crises, epidemics, natural phenomena, etc. the conditions affect these indices. The COVID-19 pandemic has also directly affected all these indices. In this study, the effect of the COVID-19 pandemic on the quality of life of countries was investigated with a model developed using artificial neural networks. As a data set, the numbeo quality of life index is considered. In this context, 29 different artificial neural networks belonging to 29 countries in the European continent were trained. Data collected from citizens between 2012 and 2019 were used for training. The quality of life indices of the countries have been estimated for 2020 and compared with the quality of life indices realized in 2020. It has been observed that the past period forecasts of ANNs tested with various performance criteria have yielded successful results. As a result, the quality of life of 25 countries decreased after the COVID-19 pandemic, while the quality of life of the remaining 4 countries increased. It has been observed that these indices, measured by the perceptions of their citizens, have fallen more in countries with high levels of well-being.

Science Code : 114611

Key Words : COVID-19 pandemic, quality of life, artificial neural networks,
prediction, artificial intelligence

Page Number : 87

Supervisor : Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

TEŞEKKÜR

Aldığım tüm kararlarımda yanımda olan ve evlatları olmaktan onur duyduğum annem Sema UÇUCU, babam İsmail UÇUCU'ya, ablam Ebru ERDEMİR'e, tüm çalışmam boyunca kıymetli bilgilerini benimle paylaşarak bana yeni ufuklar açan kıymetli danışmanım Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN'e, yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Dr. Başak GÖK'e, lisans hayatımın ilk gününden itibaren beni destekleyen ve her zaman yanımda olan Doç. Dr. Fatma SÖNMEZ ÇAKIR'a, desteğini her zaman hissettiğim sevgili dostum Arş. Gör. Seray YEŞİLIRMAK ve Arş. Gör. Huzefe Erkam CANDAN'a. OSTİM Teknik Üniversitesinde birlikte görev yaptığım tüm hocalarım ve iş arkadaşlarıma; teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	5
2.1. Biyolojik Sinir Sistemleri.....	5
2.1.1. Alıcı sinirler (reseptörler)	5
2.1.2. Merkezi sinir ağı (beyin).....	5
2.1.3. Tepki sinirleri (efektörler).....	6
2.2. Yapay Sinir Ağları	6
2.2.1. Yapay sinir ağları tarihçesi	8
2.2.2. Yapay sinir ağları hücre modeli	10
2.2.3. Yapay sinir ağı mimarileri	15
2.2.4. Yapay sinir ağlarında öğrenme	18
2.2.5. Kullanım alanları	21
2.2.6. Güçlü ve zayıf yönleri.....	21
2.3. Yaşam Kalitesi İndeksleri	22
2.3.1. Heritage ekonomik özgürlük indeksi	23

	Sayfa
2.3.2. Legatum refah indeksi.....	27
2.3.3. Numbeo yaşam kalitesi indeksi	29
2.4. COVID-19'un Ülkelere Etkileri.....	33
2.5. Performans Ölçütleri	34
3. YÖNTEM.....	37
3.1. Kullanılan Model	38
4. BULGULAR	43
4.1. Almanya'ya Ait YSA Bilgileri.....	45
4.2. Türkiye'ye Ait YSA Bilgileri.....	46
4.3. Bulgaristan'a Ait YSA Bilgileri.....	47
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR	53
EKLER.....	57
EK-1. Avusturya'ya Ait YSA	61
EK-2. Belçika'ya ait YSA.....	62
EK-3. Birleşik Krallık'a ait YSA.....	63
EK-4. Bosna Hersek'e ait YSA	64
EK-5. Çek Cumhuriyeti'ne ait YSA	65
EK-6. Danimarka'ya ait YSA	66
EK-7. Fransa'ya ait YSA	67
EK-8. Hırvatistan'a ait YSA	68
EK-9. Hollanda'ya ait YSA	69
EK-10. İrlanda'ya ait YSA	70
EK-11. İspanya'ya ait YSA	71

Sayfa

EK-12. İsveç'e ait YSA	72
EK-13. İsveç'e ait YSA.....	73
EK-14. İtalya'ya ait YSA.....	74
EK-15. Litvanya'ya ait YSA.....	75
EK-16. Macaristan'a ait YSA.....	76
EK-17. Norveç'e ait YSA	77
EK-18. Polonya'ya ait YSA.....	78
EK-19. Portekiz'e ait YSA	79
EK-20. Romanya'ya ait YSA	80
EK-21. Rusya'ya ait YSA.....	81
EK-22. Sırbistan'a ait YSA.....	82
EK-23. Slovakya'ya ait YSA.....	83
EK-24. Slovenya'ya ait YSA.....	84
EK-25. Ukrayna'ya ait YSA	85
EK-26. Yunanistan'a ait YSA.....	86
ÖZGEÇMİŞ	87

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Biyolojik sinir sistemi elemanlarının yapay sinir ağlarındaki karşılıkları.....	7
Çizelge 2.2. Yapay sinir ağları birleşme fonksiyonları.....	13
Çizelge 2.3. Eğitim algoritmaları.....	20
Çizelge 3.1. Almanya'ya ait YSA'ya sunulan eğitim verileri.....	41
Çizelge 3.2. Türkiye'ye ait YSA'ya sunulan eğitim verileri	41
Çizelge 3.3. Bulgaristan'a ait YSA'ya sunulan eğitim verileri	42
Çizelge 4.1. Yapay sinir ağlarının ülkelere göre yaşam kalitesi indeksi performans analizleri	43
Çizelge 4.2. Ülkelerin COVID-19 salgınında gerçekleşen ve salgının yaşanmadığı durum tahmin edilen yaşam kalitesi indeksleri	44

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Biyolojik sinir sistemi.....	5
Şekil 2.2. Yapay sinir hücresi modeli	11
Şekil 2.3. Tek katmanlı YSA yapısı.....	16
Şekil 2.4. Çok katmanlı yapay sinir ağının yapısı	17
Şekil 2.5. Geri beslemeli yapay sinir ağının yapısı.....	18
Şekil 3.1. Çalışma süreci.....	37
Şekil 3.2. Analiz için kurulan model	39
Şekil 3.3. Kurulan ağların mimarisi	40
Şekil 4.1. Almanya'ya ait YSA regresyon çıktısı.....	46
Şekil 4.2. Almanya'ya ait karşılaştırmalı yaşam kalitesi indeksi grafik çıktısı.....	46
Şekil 4.3. Türkiye'ye ait YSA regresyon çıktısı.....	47
Şekil 4.4. Türkiye'ye ait karşılaştırmalı yaşam kalitesi indeksi grafik çıktısı.....	47
Şekil 4.5. Bulgaristan'a ait YSA regresyon çıktısı	48
Şekil 4.6. Bulgaristan'a ait karşılaştırmalı yaşam kalitesi indeksi grafik çıktısı.....	48

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. COVID-19 salgınının dağılım haritası.....	2
Resim 2.1. Biyolojik sinir hücresi yapısı	6
Resim 2.2. Biyolojik sinir sistemleri ve yapay sinir ağları	7



KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
ADALINE	Uyarlanabilir doğrusal eleman (Adaptive linear element)
COVID-19	Koronavirüs hastalığı 2019 (Coronavirus disease 2019)
IBM	Uluslararası iş makineleri (International business machines)
KM	Kilometre
LVQ	Öğrenmeli vektör kuantalama (Linear vector quantization)
M²	Metrekare
MAD	Ortalama mutlak sapma (Mean absolute deviation)
MADALINE	Çoklu uyarlanabilir doğrusal eleman (Multiple adaptive linear neuron)
MAPE	Ortalama mutlak hata yüzdesi (Mean absolute percent error)
MSE	Ortalama hata karesi (Mean square error)
PE	Yüzde hatası (Percent error)
R	Korelasyon katsayısı (Correlation coefficient)
RELU	Doğrultulmuş lineer birim (Rectified linear unit)
RMSE	Ortalama karekök sapması (Root mean square error)
SSE	Kareler toplamı (Sum of squares)
WHO	Dünya sağlık örgütü (World health organization)
XOR	Dışlamalı veya (Exclusive OR)
YSA	Yapay sinir ağları

1. GİRİŞ

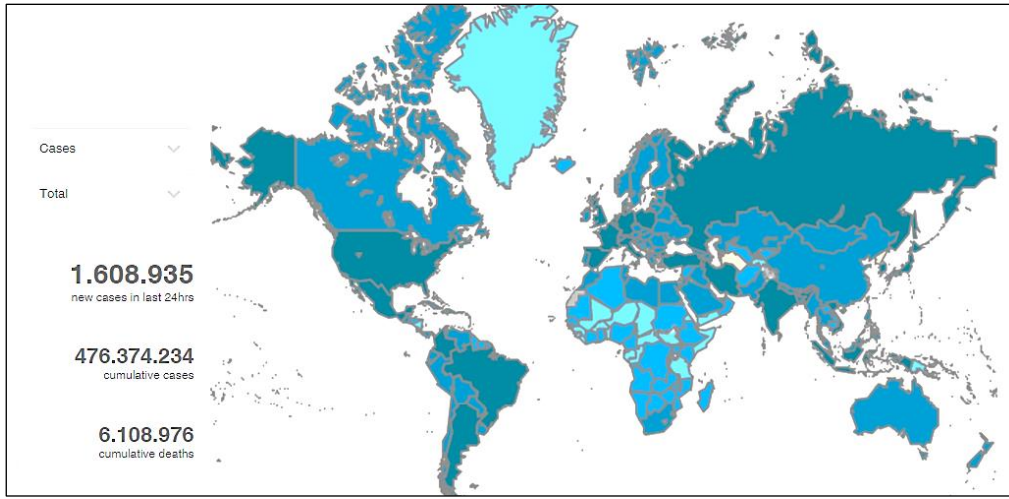
Yapay sinir ağlarının (YSA) en temel özellikleri; olaylara, problemlere çözümler üretirken veya üretmeye çalışırken bilgiye dayalı olarak karar verebilmeleri ve eldeki bilgiler ile olayları öğrenerek, sonraki olaylar hakkında tahmin üretebilmeleridir. Bu sistemler manuel çözüm yöntemlerinin neredeyse imkânsız olduğu problemlerin çözüme ulaşmasını sağlamaktadır. YSA'lar birbirlerine hiyerarşik şekilde bağlanmış hücrelerden oluşmaktadır. Süreç elemanları olarak anılan bu hücreler, öğrendikleri bilgileri bağlantılarda muhafaza ederler. Bir YSA'nın temel görevi kendisine gösterilen girdi setine karşılık gelebilecek bir çıktı seti üretmektir. Bunu yapabilmesi için ağ, ilgili olayların örnekleri ile eğitilerek genelleme yapabileceği bir yeteneğe kavuşturulmalıdır. İnsan beyninin bilgileri öğrenme, yeni bilgiler türetebilme, keşfedebilme ve tahmin edebilme gibi çalışma prensiplerini taklit ederek çalışan bu sistemler, insan beyninin hızıyla kıyaslandığında ilkel kalsa da günümüzde oldukça hızlı işlem yapabilmektedir. Bu hızlar nanosaniyeler ile ölçülebilmektedir (Demir, 2019).

YSA'ların finansal tahminlemelerde (Tektaş ve Karataş, 2004), talep tahminlemelerinde (Sönmez ve Zengin, 2019), iklim tahminlemelerinde (Sinecen, Kaya ve Yıldız, 2017), fiyat tahminlemelerinde (Erdoğan ve Özyürek, 2012) ve hastalık teşhis tahminlemelerinde (Şentürk ve Şentürk, 2016) sıkça kullanıldığı ve başarılı sonuçlar aldığı görülmektedir. Bu çalışmalar göz önüne alındığında toplumsal hayatı etkileyen birçok faktörün YSA'lar ile tahmin edilebildiğini söylemek mümkündür.

Savaş, ekonomik kriz, doğal afet, salgın gibi olağanüstü durumların toplumlar ve ülkeler üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Yaşam kalitesini etkileyen bu olumsuz etkiler; ekonomiye, toplum sağlığına, sosyal hayata ve çevre düzenine doğrudan etki edebilmektedir. Bu olumsuz etkileri ölçmek için bazı indekslerden yararlanılmaktadır. Dönemsel olarak ülkelerin vatandaşlarından toplanan veriler işlenerek bazı indeksler oluşturulmaktadır. Bu indeksler ülkelerin ekonomileri, sağlık seviyeleri, çevre düzenleri ve sosyal yaşantıları hakkında bilgiler vermektedir. Böylece olağanüstü durumların toplumu nasıl etkilediği bu indeksler ile gözlemlenebilmektedir. İndeks değişimleri göz önüne alınarak ülkeler tarafından önlemler alınmakta, ekonomi, güvenlik, sağlık ve sosyal politikaları güncellenmektedir.

2019 yılının son çeyreğinde görülmeye başlanan COVID-19 vakaları, ülkeleri hem sosyal hem de ekonomik açıdan etkisi altına almıştır. Salgın tüm dünyada 2020 yılının tamamını etkilemiş, insanların neredeyse tüm alışkanlıklarını değiştirmiştir. 2020 yılında insanlar COVID-19 salgınıyla ilk kez karşılaşmış ve salgın küresel bir yayılım göstermiştir.

COVID-19 salgını, 31 Aralık 2019 tarihinde Dünya Sağlık Örgütüne ilk resmi vakaların bildirilmesi ile başlamıştır. Başladığı günden 28 Mart 2022 tarihine kadar tüm dünyada yaklaşık 477 milyon kişinin hastalığa yakalanmasına ve 6 milyondan fazla insanın ölümüne sebep olan COVID-19 salgınının dağılım haritası Resim 1.1’de verilmiştir.



Resim 1.1. COVID-19 salgınının dağılım haritası (WHO, 2022)

Salgının beraberinde getirdiği endişe ve devamında gelen kapanma kararları ile en yoğun hissedildiği yıl 2020 yılı olmuştur. 2020 yılı salgınla mücadelenin ilk yılı olup, küresel boyutta henüz tedavi yöntemlerinin, aşının ve virüsle yaşama şartlarının yetersiz olduğu, bilinmezliklerin baskın olduğu bir dönemdir. Salgın birçok alanı olumsuz etkilemiştir. Örneğin 2020 yılında uluslararası spor müsabakaları iptal edilmiş (Türkmen ve Özşarı, 2020), turizm sektörü çok ciddi kayıplar vermiş (Atay, 2020; akt. İbiş, 2020), on binlerce kültür ve sanat etkinliği yapılamamış (Kahraman, 2020), dünya ekonomisinin daralmasına sebep olmuştur (Ay, 2021). Bu gibi nedenlerle 2020 yılı kayıp yıl olarak görülmektedir. İlk COVID-19 aşısının 11 Aralık 2020’de onay alması ile (Yavuz, 2020) sonuna yaklaşıldığı düşünülen salgının en zorlu sürecinin 2020 yılı olduğunu söylemek mümkündür. Bu sebeple, bu çalışmada küresel COVID-19 salgını sebebiyle yaşanan değişimlerin ülkelerin indekslerine etkisi araştırılacaktır. 2020 öncesi indeks verileriyle eğitilecek olan YSA, COVID-19’un yaşanmadığı varsayımıyla 2020 dönemi indeks değerlerini tahmin edecektir. Elde edilen tahmin sonuçları ile yayımlanan 2020 dönemi indeksleri karşılaştırılacaktır.

Literatürde vatandaşların yaşam kalitelerini, ekonomik özgürlüklerini ve refah seviyelerini ölçen indeksler bulunmaktadır. Bu indekslerden biri Heritage Ekonomik Özgürlük İndeksi, Heritage Vakfı tarafından 1995 yılında geliştirilmiştir. Heritage indeksi vatandaşların ekonomik özgürlüklerinin toplum refahını doğrudan etkilediğini söylemekte ve ekonomik özgürlük indeksini; hukukun üstünlüğü, devlet büyüklüğü, düzenleyici verimlilik ve açık piyasalar başlıkları altında gruplanmış olan 12 indeks ile açıklamaktadır. Başka bir indeks olan Legatum Refah İndeksi, 2007 yılında Legatum Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir. Bu indeks refahı yalnızca ekonomik açıdan değil aynı zamanda sosyal açıdan da açıklamaya çalışmaktadır. Refah indeksini, kapsayıcı toplumlar, açık ekonomiler ve güçlendirilmiş insanlar başlıkları altında sınıflandırılmış olan 12 indeks ile açıklamaktadır. Numbeo yaşam kalitesi indeksi ise 2009 yılında Mladen Adamovic tarafından geliştirilmiştir. Amacı, insanların rahatlıkla veri girebildiği küresel bir veri tabanı geliştirmektir. Altı indeks ile yaşam kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Bu altı indeks, Yaşam Maliyet İndeksi, Emlak Fiyat İndeksi, Suç İndeksi, Sağlık Hizmeti İndeksi, Kirlilik İndeksi ve Trafik İndeksinden oluşmaktadır. COVID-19 salgınının ekonomiye ve sağlığa olumsuz etkilerinin olmasının yanı sıra, suç oranlarında, trafik sıkışıklığında ve çevre kirliliğinde azalmaya sebep olduğu düşünülmektedir. Bu üç indeksin içinden yalnızca Numbeo Yaşam Kalitesi İndeksi, verileri kendisi toplayarak birincil veri ile sonuca ulaşmakta ve yalnızca subjektif veri kullanmaktadır. İndekslerin subjektif veriler ile elde edilmesi, vatandaşların algılarının doğrudan yansıtılması bakımından önem arz etmektedir. Numbeo'nun subjektif veriler ile çalışması, birincil veri kullanması ve anket sorularına kolaylıkla ulaşıp incelenebilmesi sebepleriyle bu çalışmada Numbeo Yaşam Kalitesi İndeksi verileri tercih edilmiştir.

Bu çalışmada ulaşılabilecek sonuçlar doğrultusunda, yaşam kaliteleri incelenen tüm ülkelere ait veriler sayısal olarak sunulacak ve vatandaşlar tarafından algılanan indeks değerlerini artırmaya yönelik öneriler geliştirilecektir. Bu öneriler salgın sonrası yatırımların artırılması gereken alanlar, gelecekte yaşanabilecek olağanüstü durumlara hazırlıklı olunması amacıyla alınabilecek önlemler ve geliştirilebilecek politikaları içermektedir. Çalışmada YSA kullanılarak yapılacak tahminlemeler, gelecekte gerçekleşecek bir olayı değil, alternatif geçmiş tahmin etmiştir. COVID-19 salgınının yaşanmadığı alternatif geçmişe göre yapılan tahminleme ile yaşanan geçmiş arasındaki farka göre ülkelerin geliştirilmesi gereken alanlar tespit edilmiştir. Bu çalışmanın literatüre katkısının, ülkelerin zayıf yönlerini güçlendirmesi ve güçlü yönlerinin ön plana çıkarılması, bu sayede vatandaşların yaşam kalitelerinin artması olduğu söylenebilmektedir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde biyolojik sinir sistemleri, YSA'ların yapısı, yaşam kalitesi indeksleri ve bu indekslerin ölçüldüğü R, R^2 , MSE, MAD, SSE, RMSE, PE, MAPE performans ölçütleri açıklanmıştır YSA'ların biyolojik sinir sistemleriyle bağlantıları, ülke indekslerini nasıl tahmin edecekleri ve R, R^2 , RMSE, MAPE performans ölçütlerine yönelik uyum düzeyleri aktarılmıştır

2.1. Biyolojik Sinir Sistemleri

Biyolojik sinir sistemi, sürekli olarak bilgileri toplayan, onları yorumlayarak farklı kararlar üretilmesine olanak sağlayan ve bir sonuç üreten merkezi sinir ağının (beynin) bulunduğu, 3 aşamalı bir sistemdir. Şekil 2.1'de bu 3 aşamalı sistem gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Biyolojik sinir sistemi (Fırat ve Güngör 2004)

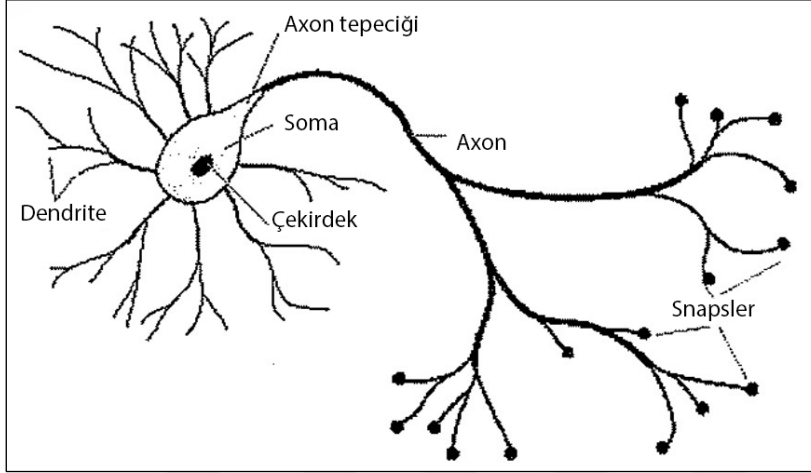
2.1.1. Alıcı sinirler (reseptörler)

Alıcı sinirler; gözümüzle, kulaklarımızla, burnumuzla, dilimizle veya tenimizle, vücudun içinden ya da dışından gelen tüm verileri, sahip olduğu özel algılama üniteleriyle toplayıp, o verileri merkezi sinir ağına (beyne) ileten sinirlerden oluşmaktadır (Fırat ve Güngör, 2004). Alıcı sinirler sayesinde dış ortamdan toplanan uyarı sinyalleri beyinde ilgili bölümlere ulaştırılmaktadır. Kimyasal maddelerin algılandığı alıcı sinirler kemoreseptör, ısı değişikliğinin algılandığı sinirler termoreseptör, dokunma, ses, basınç ve hareket gibi mekanik uyarıların algılandığı alıcı sinirler mekanoreseptör olarak adlandırılmaktadır (Korkmaz, 2021:190).

2.1.2. Merkezi sinir ağı (beyin)

Alıcı sinirlerden alınan bilgilerin tepki sinirlerine iletilene kadar geçirdiği süreçte çift yönlü besleme ile değerlendirilerek, en uygun tepkinin verildiği yer merkezi sinir ağı olarak adlandırılmaktadır. Merkezi sinir ağları bu yönleriyle kapalı çevrim kontrol sistemlerinin özelliklerini taşımaktadır (Fırat ve Güngör 2004). Merkezi sinir ağının en önemli üyesi sinir hücresidir. Nöron olarak da adlandırılan sinir hücresi; hücre gövdesinden, dendritlerden ve aksonlardan oluşmaktadır. Dendritler, hücrelerden edindikleri bilgileri hücre gövdesine

iletmektedir. Aksonlar ise elektrik sinyallerinden oluşan bilgiyi hücreden dışarı iletmektedir. Aksonların bittiği noktada farklı hücrelerin dentritleri olabilmektedir (Demir, 1997). Resim 2.1’de biyolojik sinir hücresinin yapısı verilmiştir.



Resim 2.1. Biyolojik sinir hücresi yapısı (Öztemel, 2006: 47)

2.1.3. Tepki sinirleri (efektörler)

Efektör olarak da adlandırılan tepki sinirleri, merkezi sinir ağının alıcı ve tepki sinirleri arasında besleme yaparak üretmiş olduğu elektrik sinyallerini biyolojik bir çıktıya dönüştürmektedir. Bu çıktılar ise ana uygun tepkilere dönüşmektedir (Fırat ve Güngör, 2004).

2.2. Yapay Sinir Ağları

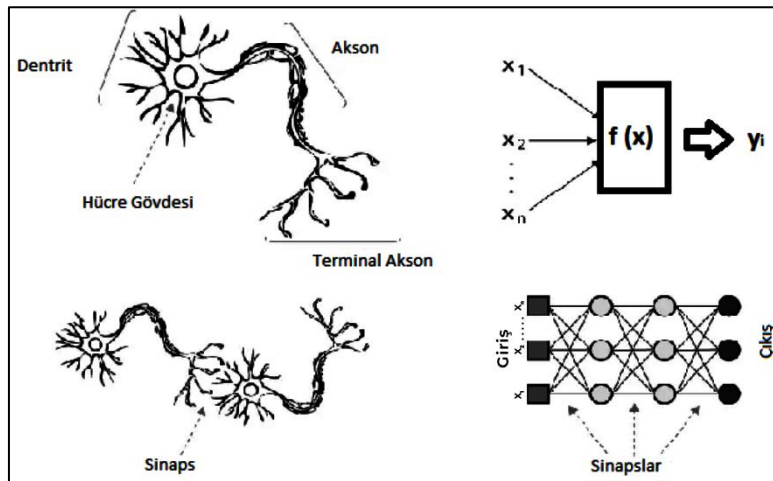
Bilişim teknolojilerinin hızlı gelişimiyle birlikte bilgisayarlar ve bilişim sistemleri insanların vazgeçemedikleri bir parçaları haline gelmiştir. İnsanların yalnızca hayalini kurabildikleri, bilim kurgu filmlerinde veya romanlarında görebildikleri sistemler ve yaşam tarzları, günümüzde gelişmiş teknolojiler ve bilişim sistemleri ile uygulanmaya başlanmıştır. Bilgisayarların düşünüp karar vermek için programlandıkları, programlanırken insan ve hayvan davranışlarından esinlenildikleri görülmektedir (Nilsson, 1998: 14). YSA’lar insanların öğrenme süreçlerini taklit ederek, kendi çözümlerini üreten sistemlerdir. Girdi ve çıktı veri kümeleri ile eğitilen YSA’lar, daha önce hiç karşılaşılmamış durumlara çözüm üretebilmekte ve çok karmaşık problemlerin çözülmesinde başarılı olabilmektedirler (Gökçen, 2011: 113). YSA’lar çok sayıda verinin içerisinde ilerde yaşanacak olayları öngörebilmektedir. Makine öğreniminde eğitilmiş makineler, milyonlarca veriyi inceleyerek

tüm durumları değerlendirmekte ve çok kısa sürede rasyonel karar verebilmektelerdir (Tosunoğlu, Yılmaz, Özeren, Sağlam, 2021). Makine öğrenmesinin en gelişmiş uygulamalarından biri olan ve gruplandırma, ilişkilendirme ve özellik belirleme gibi işlevleri içerisinde bulunduran YSA; önceden kendisine yüklenilen veriler ile bir deneyim kazanmaktadır. Kazandığı bu deneyimler sayesinde daha sonra karşılaştığı yeni konulara kolaylıkla çözüm üretebilmektedir (Öztemel, 2006: 29). Çizelge 2.1’de biyolojik sinir sistemi elemanlarının YSA’lardaki karşılıkları verilmiştir.

Çizelge 2.1. Biyolojik sinir sistemi elemanlarının yapay sinir ağlarındaki karşılıkları (Öztürk ve Şahin, 2018)

Biyolojik Sinir Sistemi	Yapay Sinir Ağı
Nöron	İşlemci elemanı
Dentrit	Birleşme (toplama) fonksiyonu
Hücre gövdesi	Aktivasyon fonksiyonu
Akson	Yapay nöron çıkışı
Sinaps	Ağırlık

YSA, beyne özgü öğrenme yollarını taklit ederek öğrenme, hatırlama, tahmin etme gibi temel işlevlerin gerçekleştirildiği yazılımlardan ibarettir. İnsan beyninden esinlenilerek oluşturulan YSA’lar, öğrenme sürecinde matematiksel olarak modellenmiş veri setlerinin kullanımıyla ortaya çıkmıştır (Kabalıcı, 2022). Resim 2.2’de biyolojik sinir sisteminin YSA’lardaki karşılıkları gösterilmiştir.



Resim 2.2. Biyolojik sinir sistemleri ve yapay sinir ağları (Öztürk ve Şahin, 2018)

2.2.1. Yapay sinir ağıları tarihçesi

İlk YSA hücresi 1940'lı yıllarda nörobiyoloji alanındaki mühendislik çalışmaları sonucunda üretilebilmiştir (Haykin, 1999: 60). Üretildiği tarihlerden itibaren çalışmalar yürütülmesine rağmen YSA'ların adından söz ettirmesi ve bilimsel çevrelerce saygınlık kazanması 1980'li yılları bulmuştur (Özcan, 2007).

1943 yılında Donald Olding Hebb, Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından ilk YSA modeli geliştirilmiştir. Araştırmacılar, insan beyninin analiz ve hesaplama yeteneğini örnek alarak elektrik devrelerinden oluşan bu hücreyi geliştirmişlerdir. Bu dönemde YSA simülasyon çalışmalarına IBM laboratuvarlarında başlanmış, ancak başarılı sonuç elde edilememiştir (Keskenler ve Keskenler, 2017).

1954 yılında Farley ve Clark tarafından rassal ağ kuramı ile adaptif tepki kuramı ortaya atılmıştır (Farley ve Clark, 1954; akt. Keskenler ve Keskenler, 2017). Rassal ağlar temelde rastgele olarak tasarlanan ağları temsil etmektedir. Rassal ağlarda bulunan tüm düğümlerin birbirleri ile bağlanma ihtimali eşittir (Gönçer Demiral, 2020). Adaptif tepki kuramında düğümler paralel olarak bağlanmakta ve düğümlere biyolojik sinir sistemindeki gibi hiyerarşik düzenlemeler yapılmaktadır (Jang, Sun ve Mizutani, 1997; akt. Fırat ve Güngör, 2004). 1958 yılında Rosenblatt tarafından keşfedilen tek katmanlı bir YSA olan "Perceptron" ile YSA çalışmaları yeniden hızlanmıştır. Rosenblatt (1958) ve Caianiello (1961) rassal ağların adaptif tepki üretmeleri üzerine çalışmalar yapmışlardır (Keskenler ve Keskenler, 2017). Frank Rosenblatt sinekleri incelediği bir çalışmada sineklerin kendilerine yaklaşan tehditte kaçarken, kaçma komutunun beyinden ziyade gözlerinden geldiğini keşfetmiştir (Aydın, 2012). Bu çalışma ile kavrama düğümü olarak adlandırılan ağ tasarlanmaya başlanmıştır. Tek katmana sahip olan kavrama düğümünde, girdiler birleşme fonksiyonundan geçirilerek, eşik değerinin aşıp aşılmadığı kontrol edilmektedir. İki değerden birinin sonuç olarak alındığı bu ağ yapısı, kullanılan en eski YSA'dır (Özcan 2007).

Adaline ve Madaline olarak isimlendirilen YSA modelleri, Widrow ve Hoff tarafından 1960 yılında geliştirilmişlerdir (Arı ve Berberler, 2017). Adaline modeli Rosenblatt'ın modeline benzerlik göstermektedir ancak öğrenme algoritması daha güçlüdür. Madaline modeli ise gerçek problemi çözen ilk YSA olmuştur. Telefon hatlarında oluşan yankıları çözmesi ile tarihe geçmiştir ve günümüzde halen kullanılmaktadır (Özcan 2007). YSA ile bu çalışmalar

yapılırken bir taraftan yapay zekâ çalışmaları başlamış ve oldukça ilgi çekmiştir. Yapay zekâ ve YSA çalışmaları birlikte ele alınmadığı için çalışmaların arasında rekabet ortaya çıkmıştır. Bilimsel alanda yapılan çalışmaların çoğunluğunda yapay zekâ kullanılması YSA'nın geri planda kalmasına sebep olmuştur (Keskenler ve Keskenler, 2017). 1965 yılında Nilsson tarafından kaleme alınan “Öğrenen Makineler” isimli kitapta, o zamana kadar yapılan tüm YSA çalışmaları derlenmiş ve YSA'nın yeniden önem kazanması amaçlanmıştır. 1969 yılında Minsky ve Papert, yazdıkları “Algılayıcılar” isimli kitapta YSA'nın bilimsellikten uzak olduğunu ve lineer olmayan problemlere çözüm üretemeyeceklerini dile getirmişlerdir (Korkmaz, 2020). Bu düşünceye dayanak olarak bilgisayar bilimlerinde çözümü oldukça zor olan XOR problemi gösterilmiştir. XOR problemi AND ve OR problemlerinin birlikte ele alınmasından oluşmaktadır ve XOR problemine göre iki girdi değerinin eşit olması yanlış değeri döndürürken, iki girdi değerinin eşit olmaması doğru değerini döndürmektedir (Arı ve Berberler, 2017). XOR probleminin YSA kullanılarak çözülememesinin ardından YSA'ya duyulan güven azalmış ve çalışmalar neredeyse tamamen durmuştur (Keskenler ve Keskenler, 2017).

YSA'ya duyulan güvenin azalması, bilimsel çevrelerce kullanımının azalması ve birtakım problemlere karşı çözümsüz kalması gibi olumsuzluklara rağmen YSA çalışmalarına devam eden Cooper, Kohonen, Amari, Fukushima, Grossberg, Anderson ve Hopfield gibi bilim insanları olmuştur (Öztemel, 2006: 39). 1970'li yıllarda çok katmanlı algılayıcıların keşfiyle XOR problemi çözülebilmüş ve YSA çalışmaları tekrar hız kazanmıştır (Sevinçtekin, 2014). 1982 yılında Kohonen tarafından “Kendini Düzenleyen Haritalar” isimli çalışma yayımlanmıştır ve yine 1982 yılında John Hopfield tarafından yapılan bir çalışmada matematiksel analizler ile bir modelin ötesinde bir araç ortaya koyulmuştur. Bu çalışmalar sonucunda YSA'nın çözülmesi çok zor olan problemleri dahi çözebileceği gözler önüne serilmiştir.

1986 yılında McClelland ve Rumelhart çok katmanlı YSA'lar için geri beslemeli algoritma geliştirdikten bir yıl sonra, YSA'yı konu alan ilk uluslararası konferans gerçekleşmiştir. Bu konferans Elektrik Elektronik Mühendisliği Enstitüsü tarafından düzenlenmiştir ve iki bine yakın katılımcı konferansı dinlemiştir (Özcan, 2007).

Günümüzde YSA

YSA kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Literatür incelendiğinde YSA'ların çok farklı alanlarda kullanıldığı görülmüştür. Hava durumları, ürün talepleri ve hatta bu çalışmada da değinilen yaşam kalitesine etki eden faktörler YSA'lar ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Aşağıda bu çalışmalardan bazılarına yer verilmiştir.

Biçen (2006), zaman serilerinde sıkça kullanılan Box-Jenkins Yöntemi ile YSA'ları karşılaştırmak amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada, Ankara iline ait 6 yıllık kükürtdioksit verilerini kullanarak gelecekte açığa çıkacak olan kükürtdioksit oranlarını tahmin etmiştir. Çalışma sonucunda YSA'nın Box-Jenkins modellerine göre daha iyi sonuç verdiğini gözlemlemiştir. Dolayısıyla Box-Jenkins modellerinin zaman serileri ile gelecek zaman tahminlemesinde YSA kadar başarılı olmadığı söylenebilmektedir.

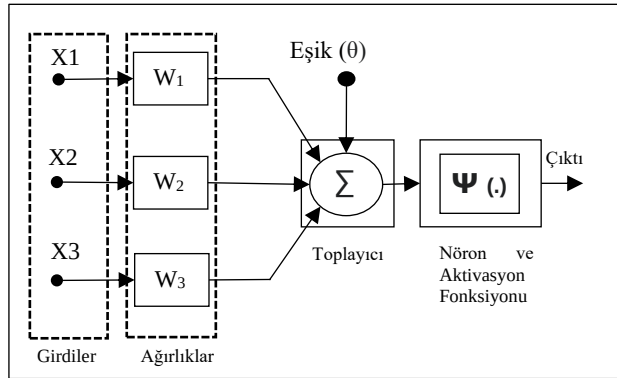
Eren ve Satoğlu'nun 2017 yılında yaptığı bir çalışmada, perakende giyim sektöründe YSA ile talep tahmini yapmak üzere iki modele sahip YSA geliştirmiştir. Tişört talebinin regresyon katsayısını 0.814 olarak tahmin etmiş ancak mevsimsel olmayan spor ayakkabı talebi için başarısız sonuç vermiştir. Bu sebeple spor ayakkabı için klasik bir modele sahip olan farklı bir YSA geliştirilmiş ve ağ bu sefer regresyon katsayısını 0.832 olarak raporlamıştır. Sonuç olarak, YSA'nın perakende giyim sektöründe talebin tahmin edilmesi konusunda da başarılı sonuçlar verdiği söylenebilmektedir (Eren ve Satoğlu, 2017).

Lin, Yen ve Yu (2018) Tayvan'ın Taoyuan şehrinde işlenen suçları incelemiş, gelecekte suç oranlarının ne olacağı ve suçların nerede işleneceğini tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmada rastgele karar ormanı, destek vektör makinesi, k-en yakın komşu algoritması ve derin sinir ağları kullanılmıştır ancak en iyi sonucu derin sinir ağları vermiştir. Sinir ağında ReLu aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Her katmanda 100 gizli nöron olmak üzere toplam 9 gizli katman ile ağ kurulmuştur. Çalışma sonucunda suç daha işlenmeden önce polis güçlerinin olay yerine intikal edip suçu önleyebileceği savunulmaktadır (Lin, Yen ve Yu, 2018). Derin sinir ağları terimi ise YSA'ların çok katmanlı halini tanımlarken kullanılmaktadır (Ser ve Bati, 2019).

2.2.2. Yapay sinir ağları hücre modeli

YSA hücresi biyolojik sinir sistemleri ile benzerlik göstermektedir. YSA'nın görevi de tıpkı biyolojik sinir sistemi gibi, girdi olarak kullandığı elektrik sinyallerine karşılık Şekil 2.2'de

verildiği gibi bir çıktı üretebilmektir. Bu durumun mümkün olabilmesi için ağı belirli veri setleri ile eğitilmesi gerekmektedir. Bu şekilde ağ genelleme yapabilecek seviyeye ulaşmakta ve bu yetenekler ile çıktıları belirlemektedir (Keskenler ve Keskenler, 2017). YSA'da üç katman bulunmaktadır. Bu üç katman; girdi katmanından, gizli (ara) katmandan ve çıktı katmanından oluşmaktadır (Diler, 2003).



Şekil 2.2. Yapay sinir hücresi modeli (Haykin, 1999: 33)

Girdi katmanı

Girdi katmanı ağı eğitilmesini sağlayan verilerin ağı sunulduğu katmandır. YSA'da eğitim yapılacak veri sayısı adedince girdi nöronu bulunmaktadır. Girdi katmanında bulunan nöronlar girdi verilerini toplayarak gizli katmana iletmekle görevlidir ve bu nöronlar topladıkları bilgileri hiçbir değişiklik yapmadan doğrudan gizli katmana aktarmaktadırlar (Çanakçı ve Hosoz, 2006).

Şekil 2.2'de yer alan X1, X2 ve X3 girdi birimini yani ağı eğitmek için kullanılan bilgileri temsil etmektedir. W1, W2, W3 ise ağırlıkları temsil etmektedir. Girilen bilgilerin önem düzeyini ağırlık belirlemektedir. (Haykin, 1999: 33). Ağırlıklar pozitif ya da negatif olabilmektedirler (Caner ve Akarslan, 2009). Ağ eğitime başlandığında ilk ağırlıklar rastgele olarak atanmaktadır. Rastgele atanmadan sonra test edilen ağ hata sınırları içerisinde kalmıyorsa ağ başarıyla eğitilmiş demektir ancak hata kabul edilebilir değilse ağırlıklar değiştirilerek ağ yeniden eğitilmelidir (Sönmez Çakır, 2018).

YSA modellemesinde veriler; ağda eğitim, doğrulama ve test olmak üzere üç farklı şekilde kullanılmaktadır. Eğitim verileri, ağı öğrenmesini amaçlamaktadır. Doğrulama verileri, eğitimin ne zaman sonlandırılması gerektiğini belirlemek için kullanılırken, test verileri ise ağı istenilen performansa ulaşıp ulaşmadığının kontrolünü yapmaktadır (Aksu ve Uçan 2016).

Gizli katman (ara katman)

Bir YSA'nın kaç katmandan oluşacağı sorusunun cevabı, kaç gizli katmanının olduğudur. Gizli katmanı olmayan YSA, doğrusal problemlerin çözümü için kullanılabilir ancak karmaşık ve doğrusal olmayan problemlerin çözümü için mutlaka gizli katman kullanılmaktadır. Çözülmesi istenilen problemin karmaşıklığı arttıkça kullanılan gizli katman sayısı da artmaktadır (Sönmez Çakır, 2018). Gizli katman sayısı gereğinden az olan karmaşık ağlarda çözüme ulaşılamazken, gizli katman sayısı gereğinden fazla olan ağlarda da kararsızlıklar görülmektedir (Ataseven, 2013). Bir YSA oluşturulurken tüm çalışmalara uygun gizli katman sayısını belirleyen bir kural mevcut değildir (Akbilek ve Boran, 2003).

YSA eğitimi yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan bir diğeri ise gizli katmanlarda kaç adet gizli nöron bulunacağıdır. Uygun nöron sayısını belirleyip kullanmak ağın eğitimi ve performansı için oldukça önemlidir. Gizli nöron sayısı belirlenirken kesin kurallara göre hareket edilemeyeceği gibi optimal nöron sayısını bulmak için kullanılacak sistematik bir yaklaşım da yoktur (Gaya ve diğerleri, 2017). Gizli nöron sayısı belirlenirken genellikle düşük sayılardan başlanmakta, sayı kademeli olarak artırılmaktadır. Uygun sayı bulunana kadar bu işlem sürdürülmektedir. Daha fazla gizli nöron daha iyi sonuç verir algısı yanlıştır. İdeal sayıdan daha az gizli nöron belirlenirse, ağın sonuçları kötü olabilir ancak ideal sayıdan daha fazla gizli nöron belirlenirse, YSA ağı ezberleyerek yalnızca kendisine verilen veride iyi sonuçlar elde edebilir (Yıldız, 2009: 110).

Literatürde gizli nöron belirleme ile ilgili birkaç çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların bir tanesi Tang ve Fishwick tarafından 1993 yılında yapılmıştır. Araştırmacılar çalışmalarında gizli nöron sayısının girdi nöron sayısı ile eşit olması gerektiğini belirtmişlerdir (Tang ve Fishwick, 1993; akt. Kaynar ve Taştan, 2009).

Masters (1993: 177) üç katmanlı YSA'lar için bir geometrik piramit kuralı önermiştir. N girdi nöron sayısı ve M çıktı nöronu sayısı olmak üzere, ağ $\sqrt{N * M}$ gizli katman nörona sahip olmalıdır. Bu öneri bir girdi katmanı, bir gizli katman ve bir çıktı katmanından oluşan üç katmanlı YSA'lar için geçerlidir.

Heaton (2008: 159), gizli nöron sayısının belirlenmesi için üç öneride bulunmuştur:

1. Gizli nöron sayısının girdi katmanı ile çıktı katmanı büyüklüklerinin ortasında olması gerekir.

2. Gizli nöronların sayısı, giriş katmanının boyutunun 2/3'ü artı çıkış katmanının boyutu kadar olmalıdır.
3. Gizli nöron sayısı, gizli katmanın boyutunun iki katından az olmalıdır.

Literatürde bulunan tüm çalışmalar gizli nöron sayısına yalnızca öneride bulunmaktadır. Her çalışmanın gizli nöron sayısına araştırmacı tarafından, deneme ve yanılma yöntemi kullanılarak çalışma özelinde karar verilmelidir (Detienne, Detienne ve Joshi, 2003).

Çıktı katmanı

Çıktı katmanı ise eğitilen YSA'nın gelişimini tamamlamasının ardından üretilen değerlerin olduğu katmandır. Bu katmanda üretilen değerler başka bir hücrede girdi olarak kullanılabilen ya da son haliyle bilgi olarak hücreden çıkabilmektedir (Diler, 2003). YSA'ya sunulan girdi verilerinin çıktı verilerine nasıl dönüştüğü, çıktı değerinin nasıl hesaplandığı ya da neden üretildiği bilinmemektedir. Adeta bir kara kutuya benzetilen YSA'lar dışarıdan bilgi alıp, dışarıya bilgi verip, içeride ne olduğu hakkında bilgi vermemektedir. Bu durumun YSA'ya olan güveni azaltacağı düşünülse de başarılı uygulamalar güveni artırmaktadır (Öztemel, 2006 :54).

Birleşme Fonksiyonu

Birleşme Fonksiyonu, verinin gelme sıklığı, gelen mesajların sayısı gibi verileri toplayarak sisteme gelen net girdiyi hesaplar. Tüm YSA'ların aynı birleşme fonksiyonunu kullanma zorunluluğu yoktur. Farklı veri setleri için farklı birleşme fonksiyonları kullanılabilir. Hangi birleşme fonksiyonunun kullanılacağı deneme yanılma yöntemiyle belirlenmektedir. Birleşme fonksiyonu sonucunda ulaşılan değerlerin boyutu çok büyük olabilmektedir. (Sönmez Çakır, 2018). Çizelge 2.2'de literatürde bulunan birleşme fonksiyonlarından bazıları gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Yapay sinir ağları birleşme fonksiyonları (Öztemel, 2006: 50)

Net Girdi	Açıklamalar
Çarpım $NET = \prod_{i=1}^n X_i . W_i$	Tüm girdiler rastgele bir ağırlıkla çarpılır. Elde edilen değerler birbiriyle çarpılarak Net Girdi elde edilir.

Çizelge 2.2. (devam) Yapay sinir ağları birleşme fonksiyonları (Öztemel, 2006: 50)

Maksimum $NET = \text{Max}(Xi.Wi)$	Tüm girdiler rastgele bir ağırlıkla çarpılır. Elde edilen değerlerin en büyüğü ile Net Girdi elde edilir.
Minimum $NET = \text{Min}(Xi.Wi)$	Tüm girdiler rastgele bir ağırlıkla çarpılır. Elde edilen değerlerin en küçüğü ile Net Girdi elde edilir.
Çoğunluk $NET = \sum \text{sgn}(Xi.Wi)$	Tüm girdiler rastgele bir ağırlıkla çarpılır. Pozitif ve negatif değerlerin sayısı bulunur. Daha büyük sayı Net Girdi olarak alınır.
Kümülatif Toplam $NET = NET(eski) + \sum (Xi.Wi)$	Hücreye gelen bilgiler ağırlıklarla çarpıldıktan sonra birbirleri ile ve toplanır. Elde edilen toplam önceki bilgilerle toplanır ve Net Girdi bulunur.

Birleşme fonksiyonunun tamamlanmasının ardından aktivasyon fonksiyonu işlemine geçilir.

Aktivasyon Fonksiyonu

Net girdinin işlenerek çıktının belirlendiği fonksiyon, aktivasyon fonksiyonudur. Bu fonksiyonda gelen bilgiye bir cevap üretilmekte ya da gelen bilgi soğurulmaktadır. Aktivasyon fonksiyonu için çok çeşitli fonksiyonlar kullanılabilir. Aktivasyon fonksiyonu hangi birleşme fonksiyonu kullanılırsa kullanılsın elde edilen net girdi değeri işlenmekte ve YSA'nın üreteceği çıktı belirlenmektedir (Sönmez Çakır, 2018).

Çok sayıda bulunan aktivasyon fonksiyonlarının içinden hücrede gerçekleşecek işleve göre kullanılacak bir fonksiyon tipi seçilmelidir. Aktivasyon fonksiyonlarının içinde en yaygın olarak kullanılan fonksiyonlar; Sigmoid ve Hiperbolik Tanjant fonksiyonlarıdır (Yavuz ve Deveci, 2012).

Sigmoid Fonksiyonu

Sigmoid fonksiyonunda öncelikle birleşme (toplama) fonksiyonundan gelen ağırlıklı ortalama değer 0 ile 1 arasında normalize edilmektedir. Sigmoid fonksiyonu, hangi birleşme fonksiyonu kullanılırsa kullanılsın, ulaşılan net girdi değerini işlemekte ve YSA'nın

üreteceği çıktıyı belirlemektedir. Sigmoid fonksiyonu Eş. 2.1’de verilmiştir (Sönmez Çakır, 2018):

$$F(Net) = \frac{1}{1+e^{-Net}} \quad (2.1.)$$

Denklemden yer alan “Net” değeri birleşme fonksiyonu ile elde edilen Net Girdi değeridir.

Hiperbolik Tanjant Fonksiyonu

YSA’larda Sigmoid fonksiyonundan sonra sık kullanılan bir diğer aktivasyon fonksiyonu ise Hiperbolik Tanjant fonksiyonudur. Bu fonksiyonun kullanılabilmesi için gelen değerler -1 ile 1 arasında normalize edilmektedir. Çıktı olarak -1 ile 1 arasında değerler beklenen uygulamalar için Hiperbolik Tanjant fonksiyonu oldukça kullanışlıdır (Haykin, 1999: 35). Hiperbolik tanjant fonksiyonu Eş. 2.2’de verilmiştir (Sönmez Çakır, 2018):

$$F(Net) = \frac{e^{Net} - e^{-Net}}{e^{Net} + e^{-Net}} \quad (2.2.)$$

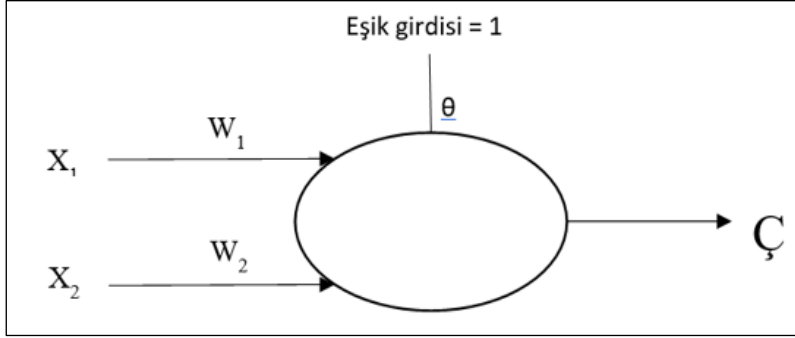
2.2.3. Yapay sinir ağı mimarileri

YSA’ların temel olarak 3 farklı mimari yapısı bulunmaktadır. Bu yapılardan ilki tek katmanlı ileri beslemeli ağlardan, ikincisi çok katmanlı ileri beslemeli ağlardan ve üçüncüsü geri beslemeli ağlardan oluşmaktadır (Haykin, 1999: 43-45).

Tek katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı

Tek katmana sahip YSA’lar doğrusal problemleri çözmek için kullanılmaktadır. Yalnızca girdi ve çıktı katmanlarına sahip olan bu ağlarda katmanların bir veya daha çok nöronu bulunabilmektedir (Arı ve Berberler, 2017). Tek katmanlı ağların yalnızca girdi ve çıktı birimleri bulunmaktadır ve bu yapıya sahip ağlarda çıktı fonksiyonu doğrusal olmaktadır. Öncelikle ağı girdi değerleri ve ardından bu girdilere ulaşabilmesi için gerekli olan çıktı değerleri sunulmaktadır. Ağ çıktı vermeye başlayana kadar eğitme işlemi devam etmektedir. Çıktı değerlerine ulaşabilmek için her iterasyon işleminde ağırlık değiştirilmektedir. Tek katmanlı YSA’lar yalnızca doğrusal problemler için kullanılmaktadır (Gurney, 1996). Çıktı fonksiyonları 1 ile -1 arasında değer almaktadır. Çıktı değerinin sıfırdan büyük olduğu durumlarda çıktı 1 değerini, sıfırdan küçük olduğu durumlarda ise çıktı -1 değerini

almaktadır (Arı ve Berberler, 2017). Tek katmanlı YSA'ların yapısı Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Tek katmanlı YSA yapısı (Öztemel, 2006: 59-60).

Tek katmanlı YSA'larda eşik girdisi, nöron değerlerinin ve ağ çıktılarının 0 değerini almasını önlemektedir. Bu tip ağların çıktısı, eşik değerleri ile ağırlıkları belirlenmiş girdi değerlerinin toplanması yoluyla elde edilmektedir. Bu ağların çıktıları doğrusaldır ve ağa öğretilen örnekler eşik değeri fonksiyonuyla iki grup arasında paylaştırılmaktadır. Sonuçta iki grubu birbirinden doğru bir şekilde ayırmak amaçlanmaktadır (Arı ve Berberler, 2017).

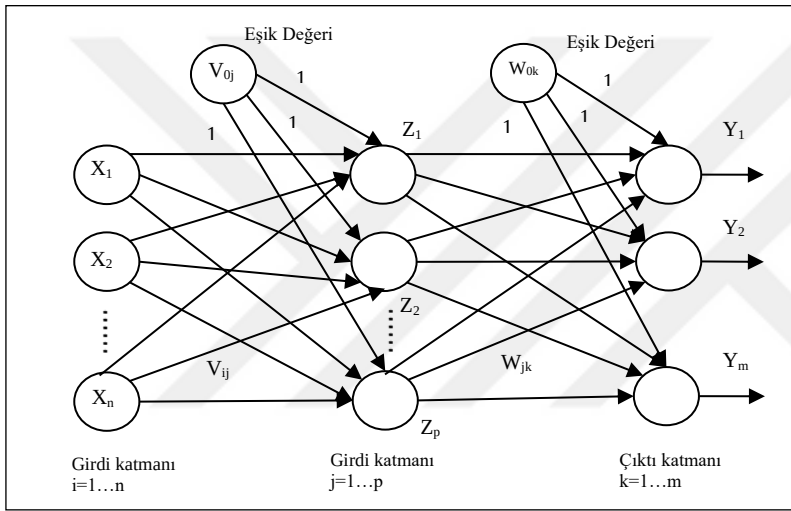
Tek katmanlı YSA'larda iki model öne çıkmaktadır. Bu modeller; Perceptron modeli ve Adaline/Madaline modelleridir (Öztemel, 2006: 59). Rosenblatt tarafından 1958 yılında geliştirilen Perceptron, basit algılayıcılar ya da tekli doğrusal algılayıcılar olarak da bilinmektedir (Rosenblatt 1958; akt. Yılmaz, 2021). Bu yapıda dışarıdan gelen veriler, ağırlıklar ile çarpılarak bir sonuca ulaşılmaktadır, ulaşılan sonuç sabit bir değer ile toplanıp çıkışa gönderilmektedir. Böylece ağın eğitimi tamamlanmaktadır (Yetkin, 2014). Adaline (yinelemeli) algılayıcıda verilerin kareler ortalamasının en aza indirilmesi amaçlanmakta olup perceptron algılayıcılarında bulunmayan öğrenme kuralı Adaline algılayıcılarında bulunmaktadır. Madaline algılayıcılarının çoklu değişken sayısına sahip olabilmesi adaline algılayıcıları ile arasındaki tek farktır (Yetkin, 2014).

Çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı

Çok katmanlı algılayıcıya sahip ağlarda bulunan tüm nöronların ortak özelliği doğrusal olmamalarıdır. Doğrusal olmama özelliği çoğunlukla sigmoid fonksiyonu ile sağlanmaktadır. Çok katmanlı algılayıcılarda mutlaka gizli katmanlar bulunmaktadır ve bu gizli katmanlar gizli nöronları içermektedir. Bu tip ağlar bilgi işleme yeteneklerinin gelişmişliğini sahip olduğu bağlantılara borçludur. Çok katmanlı ağın bilgi işleminde değişiklik yapmak için bağlantı ağırlıklarında ve bağlantı sayılarında değişiklik yapmak

gerekmektedir (Yetkin, 2014). 1969 yılında XOR probleminin tek katmanlı YSA ile çözülememesiyle YSA'lara olan ilgi azalmaya başlamıştır ve çok katmanlı YSA'ların geliştirilmesine kadar bu durum devam etmiştir (Sönmez Çakır, 2018).

Şekil 2.4'te gösterilen çok katmanlı YSA'larda bilgi, nöronlar arasında girdi katmanından çıktı katmanına doğru taşınmaktadır. Katman yalnızca kendisinden sonra gelen katmana bağlıdır. Bir sinir hücresinin çıkışı, kendisinden sonraki sinir hücresinin girdisi olmaktadır. Dolayısıyla aynı katmandaki başka bir sinir hücresine bağlantı sağlanmamaktadır (Haykin, 1999: 178). Bu ağlarda bilgi akışı girdi biriminden çıktı birimine doğru olup, bu katmanların birbirleriyle bağlantısı bulunmamaktadır.



Şekil 2.4. Çok katmanlı yapay sinir ağının yapısı (Kaynar, Taştan ve Demirkoparan, 2011)

Geri beslemeli yapay sinir ağı

YSA mimarilerinden geri beslemeli mimariye sahip olan YSA katmanlarının arasında bulunan nöronlar bağlantı halindedir ve bu nöronların bir hafızası mevcuttur (Ülker ve Civalek, 2002). Bu ağlar diğer iki ağ türü gibi yalnızca ileriye dönük bilgi verme özelliği sergilemezler. Bir sinir hücresi kendi katmanında ya da kendinden önceki katmanda girdi olarak görev yapabilmektedir, yani dinamik bir yapıya sahiplerdir. Geri besleme özelliği sayesinde YSA'da bulunan bir hata belirlendikten sonra geri dönülüp hatanın telafisi yapılabilmektedir ve bu sayede hataların önüne geçilmektedir. Bu ağda ağırlıklar üç şekilde değiştirilmektedir. Girdi katmanı ile gizli katman arasında ağırlıklar değiştirilebilir, gizli katman ile çıktı katmanı arasında ağırlıklar değiştirilebilir veya gizli katmanlar arasında ağırlıklar değiştirilebilir (Haykin, 1999: 45). Geri besleme işlemi gerçekleştirilirken gizli katmanda veya çıktı katmanında bulunan aktivasyon değerini sonraki iterasyona girdi şeklinde transfer eden bir eleman bulunmaktadır, bu eleman geciktirme elemanı olarak

değerleri verilmektedir (Ataseven, 2013). Hata oranları her bir nöron için ayrı ayrı hesaplanmaktadır ve eğitimden sonra ağı girdi verileriyle çıktı verilerine hata sınırları içerisinde ulaşması beklenmektedir. Ağı tahmin etmesi gereken değerler ve ağı tahmin ettiği değerler karşılaştırılıp her bir nöronun hatası belirlenmekte ve ağırlıklar değiştirilerek ağı daha doğru tahmin yapması amaçlanmaktadır (Sönmez Çakır, 2018).

Çok katmanlı algılayıcılar öğretmenli öğrenme stratejisi ile çalışmaktadır. Çok katmanlı algılayıcılar, eğitim bittikten sonra kendisine sunulan örneklerle uygun çıktı üretmeye çalışırlar. Eğer ağ daha önce hiç görmediği örneklerle doğru cevaplar üretiyorsa ağı performansı yüksek demektir. Bu ağlar “sınıflama”, “tahmin etme”, “tanıma”, “yorumlama” ve “teşhis etme” konularında özellikle tıp ve finansman alanlarında oldukça başarılı sonuçlar vermektelerdir (Öztemel, 2006: 75-76).

Destekleyici öğrenme

Destekleyici öğrenme stratejisinde başarılı ve başarısız olmak üzere mantıksal bir sınıma kullanılmaktadır. Bu mantıksal sınamada ağ başarısız bir sonucuna ulaştığında başarılı sonuca ulaşana kadar eğitimi devam ettirmektedir (Öztemel, 2012: 115-116). Destekleyici öğrenme stratejisinde de bir öğretmen mevcuttur ancak bu stratejide öğretmen ağı yalnızca girdi değerlerini sunmaktadır, çıktı değerlerini sunmamaktadır. Öğretmen, ağı eğitimi sonrası oluşan çıktının başarı durumuna karar vermektedir (Sönmez Çakır, 2018).

Linear vector quantization (LVQ) modeli destekleyici öğrenme stratejisi ile çalışmaktadır ve destekleyici öğrenme stratejisinin daha iyi anlaşılabilmesi adına bu model üzerinden strateji anlatılacaktır. LVQ modeline sahip bir ağ; girdi, kohonen ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Girdi katmanı ile kohonen katmanında bulunan her eleman birbirine bağlıdır ve her bir bağlantının referans ağırlığı oluşmaktadır. Öğrenme aşamasında değişen tek değer referans ağırlığıdır. LVQ modelinde, girdi ve referans ağırlıklarının aralarındaki doğrusal uzaklık, öğrenme stratejisinin temelini oluşturmaktadır (Öztemel, 2012: 115-116).

Öğretmensiz öğrenme

Öğretmensiz öğrenme stratejisi sonuç hakkında hiçbir bilgi olmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Bu tip ağlarda başarısız olma ihtimali de yüksektir. Bu strateji en çok kümeleme çalışmalarında kullanılmaktadır ve diğer stratejilerden farklı olarak bir öğretmene sahip değildir (Ataseven, 2013). Bu stratejide sisteme verilen girdiler tarafından bir çıktı

üretilmekte ancak bu çıktıların kontrolü yapılamamaktadır. Sistemin kendi kendine üretim yaptığı bu stratejide çıktıların yorumlanması gerekmektedir (Sönmez Çakır, 2018).

Eğitim algoritmaları

YSA eğitiminin düzgün tamamlanabilmesi ve ağırlık beklenen kaliteye ulaşabilmesi için tercih edilecek eğitim algoritmasının önemi oldukça büyüktür. Farklı eğitim algoritmalarının farklı çalışma özellikleri mevcuttur. MATLAB programının geliştiricisi MathWorks (2022) tarafından yayımlanan, YSA eğitimi için kullanılan bu algoritmalar Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Eğitim algoritmaları MathWorks (2022)

Algoritma Adı	Algoritma Açılımı	Özellikleri
Trainb	Ağırlık ve sapma öğrenme kurallarıyla toplu eğitim algoritması	Tüm ağırlıklar ve sapma değerleri tüm döngülerden sonra öğrenme işlevine göre güncellenmektedir.
Trains	Öğrenme işlevleriyle sıralanmış artımlı eğitim algoritması	Trains algoritması her bir giriş işleminden sonra ağırlık ve sapma değerlerini güncellemektedir. Güncelleme sonrası değerler ağırlıklı bir şekilde sunulmaktadır. Bu algoritma uygulamalı algoritmalar için sıkça tercih edilmektedir.
Trainbr	Bayes düzenleme geri yayılım algoritması	Bayes düzenleme, sapma karesinin ağırlıklar ile oluşturduğu doğrusal kombinasyonunu en aza indirmekte ve daha sonra eğitimin sonunda ulaşılan ağırlık niteliklerini iyileştirmek için kombinasyonu değiştirmektedir. Bu Bayes düzenlemesi Levenberg-Marquardt algoritması ile gerçekleştirilmektedir.
Trainlm	Levenberg-Marquardt geri yayılım algoritması	Traincgb, Levenberg-Marquardt geri yayılım algoritmasına göre ağırlık ve sapma değerleri güncellenen eğitim algoritmasıdır. Eğitim algoritmaları içerisinde yer alan en hızlı geri yayılım algoritmasıdır, bu sebeple diğer algoritmalarından daha fazla belleğe ihtiyaç duymasına rağmen şiddetle tavsiye edilmektedir.

Çizelge 2.3. (devam) Eğitim algoritmaları MathWorks (2022)

Trainr	Öğrenme fonksiyonlarıyla rastgele sıralanmış artımlı eğitim algoritması	Trainr algoritması her bir giriş işleminden sonra ağırlık ve sapma değerlerini güncellemektedir. Güncelleme sonrası değerler ağa rastgele bir şekilde sunulmaktadır.
Trainbfg	BFGS yarı/Newton geri yayılım algoritması	Türev fonksiyonuna sahip bir ağırlık, net girdi verisi ve transfer fonksiyonu olan herhangi bir ağı eğitebilmektedir.

2.2.5. Kullanım alanları

YSA'ların kullanım alanları arasında parmak izi tanıma, örüntü tanımlama, finansal tahminler, kredi derecelendirme not ölçümü, sağlık alanında hastalıkların önceden tespiti, enerji kullanımının tahmin edilmesi, iş akışlarının kontrolü, biyolojik taramalar ve güvenlik alanları bulunmaktadır (Pham ve Öztemel 1995). Dövizlerin, hisse senetlerinin, altının, petrolün ve buna benzer yatırım araçlarının gelecek değerlerinin tahmin edilmesi, kur verilerine bakarak gelecek tahminlerinin yapılması, müşterilerin bankalardan çekecekleri kredinin ödeme güçlerinin tespit edilmesi, risk analizlerinin yapılabilmesi gibi konular YSA'ların başarılı sonuç ürettiği alanlardandır (Coats ve Fant, 1991).

YSA'lar savunma alanında da başarıyla kullanılmaktadır, hedefleri izlenme ve analiz etme, nesneleri birbirinden ayırma, silahların otomasyonlarını sağlama gibi konular YSA'nın savunma sanayinde kullanıldığı çalışma alanlarıdır (Çakır, Ertunç ve Ocak, 2009). Matematikte, tıpta, finansta, mühendislikte ve hatta edebiyatta da başarılı olan YSA'lar, çok fazla hesaplama işlemi gerektiren karmaşık sanayi problemlerini çözmek için de kullanılmaktadır (Hagan, Demuth, Beale ve Jess 2014:1-5).

2.2.6. Güçlü ve zayıf yönleri

YSA'lar birçok alanda kullanılmakta ve başarılı sonuçlar vermektedir. Veri analizlerinde üstün performanslar sergilemektedir ancak yine de tüm bu özelliklerinin yanı sıra uygulamanın bazı zayıf yönleri de bulunmaktadır (Sönmez Çakır, 2018). YSA'lar donanıma bağımlı çalışmaktadırlar ve kullanılacak ağın yapısı hakkında belirli kurallar yoktur. Güçlü bir donanım ve iyi tasarlanmış bir ağ yapısı ile YSA'lar ses tanıma, veri madenciliği, optik karakter tanıma ve trafik izleme alanlarında çalışabilmekteledir (Öztemel, 2012: 197).

YSA'lar makine öğrenmesi gerçekleştirmektedir. Temel işlevleri bilgisayarın öğrenmesini sağlamaktır. Öğrenen bilgisayarlar benzer durumlarla karşılaştıklarında benzer çıktılar vermeye çalışmaktadırlar. YSA'da kullanılan bilgi işleme yöntemi günümüzde kullanılan standart programlamalardan ve yapay zekâ yöntemlerinden tamamen farklıdır. YSA'da bilgi, ağların bağlantı değerleri ile ölçülerek bağlantılarda saklanmaktadır (Demirel, 2010). Bilgi bir veri tabanında veya programın içinde yerleşik olarak durmamaktadır. YSA'ların birtakım durumları öğrenebilmesi için o durumla ilgili örnekler belirlenmelidir. Kullanılan örnekler sayesinde YSA durum hakkında çıktı verebilecek yeteneğe kavuşturulmaktadır. Örnek bulunamıyorsa veya yok ise YSA eğitilememektedir. Örnekler gerçekleşmiş olaylardır. Örneğin, bir doktorun hastaların şikayetlerine göre hastalık tanısı koyma işlemi YSA ile yapılabilir. YSA'lar herhangi bir bilgiye sahip olmadan hem doğrusal modelleme hem de doğrusal olmayan modelleme kullanarak tahminlerde bulunabilir. Bu sebeple diğer modelleme yöntemlerinden daha esnektir (Zhang, Patuwo ve Hu 1998).

YSA'lar karşılaşılan sorunlara kabul edilebilir çözüm üretebilirler ancak optimum çözümü garanti etmezler. Ağın parametre değerleri (öğrenme katsayıları, her katmandaki süreç elemanı sayıları ve katman sayıları) için sabit kural yoktur, parametre belirleme işlemi tecrübeye dayanmaktadır. Ağ sadece numerik veriler ile çalışmaktadır dolayısıyla sembolik verilerin mutlaka numerik veriye dönüştürülmesi gerekmektedir. YSA eğitiminin sonlandırılma zamanıyla ilgili bir standart yoktur. Ağın hatasının belli bir değerin altına düşmesi durdurma, ölçütü olarak alınabilir ancak bu optimum sonucu garanti etmez. YSA'nın en önemli sorunu da ağın davranışlarının açıklanamaması, problem çözüldüğünde ağın bilgiyi neden ve nasıl ürettiğinin bilinmemesidir (Öztemel, 2006: 46).

2.3. Yaşam Kalitesi İndeksleri

Thorndike tarafından 1939 yılında “sosyal çevrenin bireyde yansıyan tepkisi” olarak tanımlanan yaşam kalitesi, imkanları iyi bir sosyal çevrede bireylerin kalite algılarının da iyi olacağını vurgulamaktadır (Bilgin, Ergenç ve Timurcanday, 1985). Bu söylemden yola çıkarak yaşam kalitesi; ülke, şehir, ilçe, köy gibi yaşam alanlarının, yaşam ihtiyaçlarını karşılama becerisi ile belirlenmektedir (Kaypak, 2019). Yaşam kalitesi kavramını tanımlamak, içerisinde çok fazla alan barındırması sebebiyle oldukça zordur (Kelleher, Cardozo ve Toozs-Hobson, 1995; akt. Müezzinoğlu, 2005). Dragomirecka ve Skoda 1997 yılında yaşam kalitesini altı kategoride açıklamaya çalışmışlardır. Buna göre birinci kategori, refah, mutluluk ve memnuniyeti; ikinci kategori, yaşam koşullarının bireysel

değerlendirilmesi gibi belirli bir hedefi tanımlayan durumları; üçüncü kategori, karşılanan ve karşılanamayan beklentilerin arasındaki durumları; dördüncü kategori, fiziksel refah, maddi refah, bilişsel refah ve sosyal refahı; beşinci kategori, öznel tanımlamaları nesnel olarak incelemeyi; altıncı kategori ise, farklı alanların birbirini etkilemesini temsil etmektedir (Vaishar, Vidovicova ve Figueriedo, 2018).

Yaşam kalitesinin ölçümü hususunda modelleme yapılırken baz alınan, objektif ve subjektif olmak üzere iki farklı gösterge çeşidi bulunmaktadır. Objektif gösterge ölçülürken, eğitim, sağlık, barınma, çevre, çalışma hayatı gibi konulara ilişkin istatistiksel veriler kullanılır. Subjektif göstergelere ölçüm yapılmaya çalışıldığında ise, bireylerin sosyal hayatta çevresini nasıl algıladığı, düşüncelerinin, görüşlerinin ve gözlemlerinin ne olduğu gibi algıların ölçülmeye çalışıldığı ölçütler kullanılmaktadır (Küçükoğlu ve Türkoğlu, 2021). Küreselleşen dünyada kalkınmanın önemli faktörlerinden biri insan sermayesidir (Gök ve Gökçen, 2020), bu nedenle insanların algılarını ölçebilmek ve algılarına göre politikalar geliştirmek ülkeler açısından oldukça önemlidir.

Gerek objektif gerekse subjektif ölçütler ile oluşturdukları indeksleri kullanarak ülkelere veriler toplayan ve bu veriler ile yaşam kalitesini ölçümlemeye çalışan kurumlar bulunmaktadır. Heritage Vakfı tarafından geliştirilen Heritage Ekonomik Özgürlük İndeksi, Legatum Enstitüsü tarafından geliştirilen Legatum Refah İndeksi ve Mladen Adamovic tarafından geliştirilen Numbeo Yaşam Kalitesi İndeksi toplumun yaşam kalitesini ölçmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada kullanılan veriler Numbeo Yaşam Kalitesi İndeksinden alınmıştır.

2.3.1. Heritage ekonomik özgürlük indeksi

Heritage Ekonomik Özgürlük İndeksi 1995 yılında Heritage Vakfı tarafından geliştirilen ve insanların refah düzeylerini ölçmeye çalışan bir indekstir. Heritage; insanlık tarihinin en müreffeh döneminde yaşadığımızı, yoksulluk ve hastalıkların günümüzde büyük ölçüde azaldığını ifade etmekte ve yaptıkları araştırmalar ile bunları gözler önüne sermeyi amaçlamaktadır.

Heritage'e göre toplumun ekonomik özgürlüğü ne kadar fazla ise refahı da o kadar fazla olacaktır. Ekonomik özgürlük, gelişmiş bir iş ortamı ve girişimcilik kültüründen çok daha fazlasını ifade etmekte, toplumların insani gelişim düzeylerini artırmaktadır. Toplumun insani gelişim düzeyi ise sağlık seviyesinin artması, temiz çevrelerde yaşanması, milli gelirin

artması, demokrasinin hakim olması ve yoksulluğun ortadan kaldırılması ile mümkün olmaktadır.

Worldbank, International Monetary Fund ve Eurostat'ın da aralarında bulunduğu 20'den fazla veri tabanından elde edilen veriler ile oluşturulan 12 ekonomik özgürlük indeksi, 4 kategoriye ayrılmaktadır. Nicel yöntemler ile toplanılan veriler objektif ölçütlere dayalı olarak değerlendirilmektedir. Heritage yaşam indeksi hesaplanırken her bir ülke için 12 indeks 0 ile 100 arasında değerlendirmekte ve daha sonra tüm indekslerin eşit ağırlık ile ortalaması alınmaktadır. Ülkelere ait indeksler yılda bir kez internet üzerinden yayımlanmaktadır. Heritage Vakfına göre kategorilere ayrılan indeksleri ve açıklamaları şöyledir (Heritage, 2022);

- Hukukun Üstünlüğü,
 - Mülkiyet Hakları İndeksi,
 - Devlet Dürüstlüğü İndeksi,
 - Yargı Etkinliği İndeksi,
- Devlet Büyüklüğü,
 - Devlet Harcamaları İndeksi,
 - Vergi Yüğü İndeksi,
 - Mali Sağlık İndeksi,
- Düzenleyici Verimlilik,
 - İş Özgürlüğü İndeksi,
 - Emek Özgürlüğü İndeksi,
 - Parasal Özgürlük İndeksi,
- Açık Piyasalar,
 - Ticaret Özgürlüğü İndeksi,
 - Yatırım Özgürlüğü İndeksi,
 - Finansal Özgürlük İndeksi,

Hukukun üstünlüğü

Hukukun üstünlüğü kategorisinde yer alan mülkiyet hakları indeksi; bireyin ülkesinde yasal çerçevede mülk edinme, mülkü muhafaza etmesine ve mülkünü kullanmasına ne kadar izin verildiği ve bu hakların devlet tarafından uygulanan yasalarla ne kadar korunabildiği ile ilgilidir. Bağımsız değerlendirme kuruluşlarından toplanan istatistiksel verilerden

yararlanarak hesaplanmaktadır. İndeks hesaplanırken özel mülkiyetin devlet tarafından kamulaştırılması da değerlendirilmektedir. Bu kapsamda bir ülkede özel mülkiyet yasaları ile ne kadar korunuyorsa o ülkenin mülkiyet hakları indeks değeri o kadar yüksek olmaktadır. Buna ek olarak hükümetin özel mülkü kamulaştırma oranı ne kadar yüksek olursa o ülkenin mülkiyet hakları indeks değeri o kadar düşük olmaktadır.

Devlet dürüstlüğü indeksi yolsuzluk kavramıyla ilişkilidir. Ekonomik özgürlüğü yıpratıcı en önemli eylemlerden biri yolsuzluktur. Devlet kurumlarında görülme ihtimali olan rüşvet, adam kayırma, gasp ve zimmete para geçirme gibi yolsuzluk örnekleri mevcuttur. Bu tür eylemlerin var olması ve çoğalması devletin dürüstlüğü, ekonomik faaliyetleri ve maliyetleri ciddi anlamda olumsuz etkilemektedir.

Yargı etkinliği indeksi hukuk sistemiyle ilgilidir. İyi işleyen bir hukuk sisteminde yargı etkinlik indeksi yüksek olup bu sistem devleti, kurumları ve tüm vatandaşları korur. Bireylerin kendi arasında, bireyin devlet ve kurumlarla, devletin birey ve kurumlarla olan süreçlerinde tüm paydaşlarının haklarının korunması iyi bir hukuk sistemini tanımlayan özelliklerdendir. Yargı etkinliği indeksi, yasalara uyulma düzeyi ve ihlallere karşı uygulanan yasal işlemlerin sürecini incelemektedir (Heritage, 2022).

Devlet büyüklüğü

Devlet harcamaları indeksi, devletin tüm kademelerindeki tüketim miktarına ilişkin tüm ödemeleri içeren harcamaları ele alır. Kamunun büyüklüğünden kaynaklanan yönetim zorluğu ile kaynakların hatalı ya da etkin olmayan tahsisi ekonomik kayıplara yola açarak, devlet için yük haline gelmektedir. Kamu borçlarının birikmesine ve bütçe açıklarına neden olan en ciddi sebeplerinden biri devlet harcamalarının düzgün planlanmamasıdır.

Düşük miktartlı devlet harcamaları, devlet harcamaları indeksi için başarılı sayılmakta ve indeks puanını yükseltmektedir. Bu durum az gelişmiş ülkelerin devlet harcamalarının düşük olması nedeniyle, yüksek indis puanı almalarına sebep olur. Ancak diğer indekslerde yer alan mülkiyet hakları, yatırım özgürlüğü, finansal özgürlük gibi alanların da indeks puanları düşük olacağı için toplam indeks puanı daha az olacaktır.

Vergi yükü indeksi hem kurumların hem de bireylerin gelirlerindeki vergi oranlarının ve gayri safi yurtiçi hasıla üzerinde yüzdelik olarak alınan (devletin tüm kademelerince

uygulanan doğrudan ya da dolaylı yollar ile alınan vergiler) genel vergilendirme düzeyini yansıtan bir indekstir.

Mali sağlık indeksi sağlık bütçesi yönetiminin gücüyle açıklanabilir. Artan bütçe açıkları ve borç yükleri devletlerin zayıf bütçe yönetiminden kaynaklanmaktadır. Zayıf bütçe yönetimi de sağlık bütçesinin yıpranmasına yol açmaktadır. Sonuç olarak ekonomik belirsizlik mali sağlığın bozulması ile ilişkilidir (Heritage, 2022).

Düzenleyici verimlilik

İş özgürlüğü indeksi, bir ülkenin iş yapmak isteyen insanlara sunduğu ortamın kalitesini ve işletmelere sunduğu altyapının işletme verimliliğini ne ölçüde desteklediğini ölçmektedir. Bir işletmenin kurulması, çalıştırılması ve zamanı gelince kapatılması gibi bir etkenler ile indeks belirlenmektedir.

Emek özgürlüğü indeksi ile; bir ülkenin yürürlükte olan yasaları ile emeği ne kadar koruduğu ölçülmektedir. Emeği çeşitli yönleri ile ele alan bu indeks; asgari ücret, işçilerin sendika hakları, işe alım süreçleri, işten çıkarılma durumları, çalışma saatleri, kıdem tazminatı ve çalışma şartları gibi ölçülebilir nicel veriler ile hesaplanmaktadır.

Parasal özgürlük indeksi, enflasyon ile devletlerin belirlediği fiyat faaliyetlerinin birleştirilmesi ile oluşturulmaktadır. Bu indeks oluşturulan iki alt faktör; son üç yılın ortalama enflasyon oranı ve doğrudan veya dolaylı olarak devletin piyasa fiyatları üzerindeki etkisinden oluşmaktadır (Heritage, 2022).

Açık piyasalar

Ticaret özgürlüğü indeksi, ürün ve hizmetlerin ihracat ve ithalatlarını etkileyen engellerin ölçülmesi ile bulunmaktadır. Ticaret özgürlüğü indeksi hesaplanırken; ticarete dayalı ortalama gümrük vergisi ve vergi harici diğer engellerin nitel değerlendirilmesi kullanılmaktadır.

Yatırım özgürlüğü indeksi ülkenin yatırım yapılmasına etki eden faktörler incelenerek hesaplanmaktadır. Ekonomik özgürlüğünü elinde bulunduran bir ülkenin yatırım sermayesinde herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır. Bireylerin ya da işletmelerin kaynaklarını herhangi bir kısıtlamaya takılmadan ulusal ya da uluslararası yatırım faaliyetlerinde bulunması ideal senaryoyu temsil etmektedir. Bu koşullara sahip olan bir

ülkenin yatırım özgürlüğü indeksi 100 olarak belirlenmiştir. Ülkenin yatırım kısıtlamalarının her biri için 100 puandan geriye doğru düşülmektedir.

Finansal özgürlük indeksi, hem finans sektörüne yapılan devlet müdahalelerinin bir ölçüsü hem de bankacılık verimliliğinin bir göstergesidir. Mümkün olan en alt seviyede devlet müdahalesi ile şekillenen bir bankacılık ve finansman sistemi ideal bir sistemi temsil etmektedir. Bağımsız merkez bankası gözetimi, finansal kurumlara uygulanan düzenlemeler, sözleşme yükümlülüklerinin yerine getirilmesi ve dolandırıcılığın önlenmesi bu ideal ortamın gerekliliklerindendir (Heritage, 2022).

2.3.2. Legatum refah indeksi

Legatum Enstitüsü tarafından 2007 yılında geliştirilen refah indeksinin amacı; küresel refah düzeyindeki değişimleri algılamak, ilerlemenin ve gerilemenin sebeplerini araştırmak ve ülkeler arasında bir refah düzeyi sıralaması yapmaktır (Prosperity, 2022). Legatum Refah İndeksine göre refah zenginlikten çok daha fazlasıdır. Refah insanların gelişme fırsatına ve özgürlüğüne sahip olmasıdır. Bu sebeple Legatum yalnızca zenginliği ölçmemektedir. Buna ek olarak toplumun sosyal düzeyini de ölçmektedir.

World Trade Organisation, UNESCO, Trading Economics'in de aralarında bulunduğu 40'tan fazla veri tabanından elde edilen veriler ile oluşturulan 12 ekonomik özgürlük indeksi 3 kategoriye ayrılmaktadır. Nicel yöntemler ile toplanılan veriler objektif ölçütlere dayalı olarak değerlendirilmektedir. Bu kategoriler ve indeksler aşağıdaki gibidir (Prosperity, 2022);

- Kapsayıcı Toplamlar
 - Emniyet ve Güvenlik İndeksi
 - Kişisel Özgürlük İndeksi
 - Yönetim İndeksi
 - Sosyal Sermaye İndeksi
- Açık Ekonomiler
 - Yatırım Ortamı İndeksi
 - Girişim Koşulları İndeksi
 - Altyapı ve Pazar Erişimi İndeksi
 - Ekonomik Kalite İndeksi
- Güçlendirilmiş İnsanlar

- Yaşam Koşulları İndeksi
- Sağlık İndeksi
- Eğitim İndeksi
- Doğal Çevre İndeksi

Kapsayıcı toplumlar

Kapsayıcı toplumlar grubunda yer alan emniyet ve güvenlik indeksi; çatışmaların, savaşların, terör olaylarının ve bireyler bazında işlenen suçların vatandaşların güvenliğini hem olay esnasında hem de olay yaşandıktan sonra etkileme seviyesini ölçmektedir.

Kişisel özgürlük indeksi; vatandaşların yasalar ile korunan temel haklarına, bireysel özgürlüklerine ve sosyal ortamda bireylerin birbirlerine gösterdikleri hoşgörü düzeyindeki ilerlemeyi ölçmektedir.

Yönetim indeksi; hükümetlerin gücü kontrol etme düzeyi, kurallar ile toplumu kısıtlama düzeyi, yolsuzluğa sebep olacak davranışlar sergileme düzeyi ve yönetim anlayışlarının etkinliğini ölçmektedir.

Sosyal sermaye indeksi; bir ülkenin sosyal ve bireysel ilişkilerinin, kurumlara duyulan güvenin, sosyal hayatta karşılaşılan görgü kurallarının ve sivil toplum kuruluşlarının gücünü ölçmektedir (Prosperity, 2022).

Açık ekonomiler

Açık ekonomiler; yatırım ortamı indeksi, girişim koşulları indeksi, altyapı ve pazar erişimi indeksi ile ekonomik kalite indeksinden oluşmaktadır.

Yatırım ortamı indeksi, ülkeye yapılan yatırımların hangi ölçülerde korunduğunu, korunmanın yeterli olup olmadığını ve yatırımlara erişimin zorluğunu ölçmektedir.

Girişim koşulları indeksi, ülkelerin yasal düzenlemelerinin; işletme kuruluşlarına, işletmelerin kurulan diğer işletmeler ile rekabetine ve işletmenin büyümesine ne derece olanak sağladığını ölçmektedir.

Altyapı ve Pazar erişimi indeksi; ticaretin özgürce gerçekleşebilmesi için ihtiyaç duyulan altyapının kalitesi ile ürün ve hizmet üretimindeki bozulmaları ölçmektedir.

Ekonomik kalite indeksi; bir ülke ekonomisinin zenginlik altyapısını oluşturmaları ve işgücünün piyasaya tam katılımının sağlanmasına fırsatlar sunması için ne kadar donanımlı olduğunu ölçmektedir (Prosperity, 2022).

Güçlendirilmiş insanlar

Güçlendirilmiş insanlar; yaşam koşulları indeksi, sağlık indeksi, eğitim indeksi ve doğal çevre indeksinden oluşmaktadır. Yaşam koşulları indeksi vatandaşların yaşam kalitelerini ölçmektedir. Bu ölçüm yapılırken vatandaşların maddi durum seviyesi, barınma ihtiyaçlarının karşılanma düzeyi, internet ve telefon bağlantıları dahil olmak üzere almış oldukları toplam hizmet kalitesi gibi ölçütler kullanılmaktadır.

Sağlık indeksi; vatandaşların ne ölçüde sağlıklı olduklarını ölçmesinin yanı sıra ülkenin sağlık sistemini, hastalıklara yakalanma, iyileşme, ölüm oranlarının ölçülmesiyle de hesaplanmaktadır. İyi ve sürdürülebilir bir sağlık sisteminin ulaşılabilir olması da bu ölçeğin dikkate aldığı önemli hususlardandır.

Eğitim indeksi; vatandaşların almış oldukları okul öncesi, ilköğretim, ortaöğretim ve yükseköğretim olmak üzere eğitim düzeylerine ulaşabilme durumlarını ve başarı oranlarını ölçmektedir.

Doğal çevre indeksi; vatandaşların yaşadığı fiziksel çevrede insanların gündelik hayatlarına doğrudan ya da dolaylı olarak etki eden, gelecek nesillerin refah düzeylerine etki edecek doğal çevre koşullarını ölçmektedir (Prosperity, 2022).

2.3.3. Numbeo yaşam kalitesi indeksi

Nisan 2009'da Mladen Adamovic tarafından küresel bir veri tabanı olarak geliştirilen Numbeo, ülkelerin indeks sıralamalarını vatandaşlar tarafından toplanılan verilerle ortaya çıkartmaktadır. Numbeo arayüzü herhangi bir bireyin içeriğe katkıda bulunabileceği bir platform olarak tasarlanmıştır. Numbeo veri tabanında şehirler ve ülkeler hakkında bireyler tarafından girilen sayısal verileri tutmakta ve bu verilerin istatistiksel analizlerini yapmaktadır.

Numbeo yılda 2 defa yaşam kalite indekslerini yayınlamaktadır. Açık veri kaynağı olan Numbeo verileri vatandaşlar tarafından gönüllülük ilkesi çerçevesinde toplanmakta, daha sonra veriler işlenerek Numbeo web sayfasından ücretsiz olarak paylaşılmaktadır. Dünyanın

en büyük veritabanlarından biri olan Numbeo'nun erişim kolaylığı oldukça yüksektir. Tüm dünya ülkelerini kapsayan ortak bir veritabanı olması Numbeo'nun en güçlü özelliğidir. Hakemli verilerden oluşmaması Numbeo'nun hem avantajı hem de dezavantaj olarak kabul edilebilir. İnternet bağlantısı olan her birey Numbeo verisine katkı sağlayabilirken, hakemsiz olması kötüye kullanım olasılığını artırmaktadır ve bu nedenle eleştirilmektedir (Numbeo 2022).

Numbeo'nun ölçüm yaptığı indeksler şunlardır (Numbeo, 2022);

- Yaşam Maliyet İndeksi,
- Emlak Fiyat İndeksi,
- Suç İndeksi,
- Sağlık Hizmeti İndeksi,
- Kirlilik İndeksi,
- Trafik İndeksi,
- Yaşam Kalitesi İndeksi.

Yaşam maliyet indeksi

New York şehri baz alınarak geliştirilen yaşam maliyet indeksi vatandaşlardan; restoran masraflarını, market fiyatlarını, ulaşım bedellerini, fatura tutarlarını, spor ve sanat faaliyetlerini, çocuk bakım ücretlerini, giyim bedellerini, kira bedellerini, ev fiyatlarını ve aylık maaşlarını öğrenmek için bazı veriler istemektedir. Daha sonra bu veriler numbeo tarafından belirlenen formülasyonlardan geçerek yaşam maliyet indeksi hesaplanmaktadır. New York şehri için indeks değeri 100 olarak belirlenmiştir. Bu sayede diğer şehirlerin indeksleri New York şehri ile karşılaştırılarak hesaplanmaktadır. Örneğin, bir şehrin kira indeksi 120 çıktığında New York şehrine göre %20 daha pahalı olduğu, 80 çıktığında ise New York şehrine göre %20 daha ucuz olduğu anlamına gelmektedir (Numbeo 2022).

Emlak fiyat indeksi

Emlak fiyat indeksi; daire satın almanın fiyatının gelire oranı, ipoteğin gelire oranı, kredinin gelire oranı, kiranın daire fiyatına oranı ve brüt kira getirisi gibi bazı bilgilerin işlenmesi ile hesaplanmaktadır. Daire satış fiyatının vatandaşların gelirine oranı; ortalama daire fiyatlarının, ailelerin ortalama harcanabilir gelirine oranlanmasıyla hesaplanmaktadır.

Harcanabilir gelir brüt gelirden zorunlu harcamaların çıkarılmasıyla hesaplanmaktadır. Bu oran hesaplanırken aşağıdaki varsayımlar kullanılmaktadır (Numbeo 2022);

- Net harcanabilir aile geliri; $1,5 \times$ ortalama net maaş olarak hesaplanmaktadır. Çalışan kadın aile gelirine %50 ek katkı yapar.
- Daire büyüklüğünün 90 m^2 'dir.
- Formülde kullanılan m^2 başına fiyat şehir merkezinde ve şehir dışında bulunan dairelerin ortalama m^2 fiyatıdır.

Suç indeksi

Bu bölümde Numbeo websayfası ziyaretçileri tarafından doldurulan anketler devletler tarafından kullanılan bilimsel anketlerle benzerlik taşımaktadır. Ankette 14 soru bulunmaktadır. Sorulara verilecek tüm cevaplar -2 ile +2 aralığında; -2 en düşük, +2 en yüksek olacak şekilde değerlendirilmektedir. Ortalama değerlerden çok farklı olan veriler istenmeyen veriler olma ihtimaline karşın filtrelenmektedir. Suç indeksi bir şehre ya da ülkeye dair suç düzeyinin bir tahminidir. 20 puandan düşük suç seviyeleri çok düşük, 20 ile 40 puan arasındaki suç seviyeleri düşük, 40 ile 60 puan arasındaki suç seviyeleri orta, 60 ile 80 puan arasındaki suç seviyeleri yüksek ve 80 puandan fazla olan suç seviyeleri çok yüksek olarak değerlendirilmektedir. Suç indeksinin tam tersini güvenlik indeksi oluşturmaktadır. Güvenlik indeksi ne kadar yüksekse şehir o kadar güvenli kabul edilmektedir (Numbeo 2022).

Sağlık hizmeti indeksi

Sağlık hizmeti indeksi; sağlık hizmetleri sisteminin, sağlık personelinin ve doktorların genel kalitesi ve sağlık maliyetlerinin tahmininden oluşmaktadır. Anketin başlangıcında vatandaşlara özel bir sağlık kuruluşuna göre mi yoksa kamuya ait sağlık kuruluşuna göre mi anketi cevaplayacakları sorulmaktadır. 8 soruluk anket ile ölçülen sağlık hizmeti indeksinde suç indeksinde olduğu gibi her sorunun cevabı -2 ve +2 arasında değer almaktadır. Anketin sonuna gelindiğinde ise kullanıcıdan sigorta bilgisinin girilmesi istenmektedir (Numbeo 2022).

Kirlilik indeksi

Kirlilik indeksi, şehirlerdeki veya ülkelerdeki genel kirlilik tahmininden oluşmaktadır. Vatandaşlara uygulanan 8 soruluk bir anket ile oluşturulan bu indekste, kirliliğin

ölçülmesinde en büyük 2 ağırlık su kirliliğine ve hava kirliliğine verilmektedir. Diğer kirlilik türleri su ve hava kirliliğine göre daha düşük puanlıdır (Numbeo 2022).

Trafik indeksi

Trafik indeksi; trafikte harcanan sürenin dakika cinsinden belirlenmesi, trafikte harcanan zamanın memnuniyet düzeyine etkisi, toplu taşıma araçlarını tercih etmeme yoluyla yaşanan verimsizliğin belirlenmesi, trafikte geçirilen sürede sebep olunan karbondioksit emisyonu gibi bileşenlerle üretilen bir indekstir. Anket uygulanırken ilk önce kullanıcıya ana ulaşım aracını sorulmaktadır. Kullanıcının öğrenci veya çalışan olma durumunu da araştıran anket ulaşım için sisteme Kilometre(km) cinsinden girilen yol uzunluğunun yürüyerek ve ana ulaşım aracı kullanarak ne kadar zaman aldığını sormaktadır. Çıkan sonuca göre trafik indeksi hesaplanmaktadır (Numbeo 2022).

Yaşam kalitesi indeksi

Yaşam kalitesi indeksi yukarıda verilen Yaşam Maliyet İndeksinin, Emlak Fiyat İndeksinin, Suç İndeksinin, Sağlık Hizmeti İndeksinin, Kirlilik İndeksinin ve Trafik İndeksinin, formüle edilmesiyle hesaplanan genel bir indeksi temsil etmektedir (Numbeo 2022).

Bu çalışmada hem veri girişi hem de veri kullanımı açısından açık erişim imkanı sunan Numbeo veri tabanı kullanılmıştır. Verilerin 6 aylık zaman dilimlerinde yenilenmesi de güvenilir ve tutarlı olmasını sağlamaktadır. Virüsün etkilerinin bilinmediği, aşının henüz bulunmadığı yani pandeminin bilinmezliklerinin çok yoğun olduğu 2020 yılı dönemi için analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışmada 2012-2020 yıl aralığında yayınlanan Numbeo Yaşam Maliyet, Emlak Fiyat, Suç, Sağlık Hizmeti, Kirlilik ve Trafik İndeksi verileriyle 2020 yılında COVID-19'un olmadığı alternatif geçmiş tahmini yapılmıştır. Tahmin sonucu ise yaşanan 2020 yılı verileri karşılaştırılmıştır.

İncelenen yaşam kalitesi indeksleri içerisinde Heritage Ekonomik Özgürlük İndeksinin ve Legatum Refah İndeksinin farklı veritabanlarından edindikleri kaynaklar ile ikincil veri kullandığı görülmüştür. Numbeo Yaşam Kalitesi İndeksi ise kendi kaynakları ile hareket ederek birincil veri kullanmaktadır. Ayrıca Heritage Ekonomik Özgürlük İndeksi ve Legatum Refah İndeksi toplamış olduğu objektif veriler ile çıktı üretirken, Numbeo Yaşam Kalitesi İndeksi vatandaşlardan doğrudan aldığı subjektif veriler ile çıktı üretmektedir. Vatandaşların algıladığı yaşam kalitesi subjektif veriler ile ölçülebilmektedir (Kessler ve

diğerleri, 1994; akt. Top, Özden ve Efe Sevim, 2003). Numbeo kaynaklı anket sorularına rahatlıkla ulaşarak incelenmesi, birincil veri kullanması ve verilerin subjektif olması sebebiyle bu çalışmada Numbeo Yaşam Kalitesi İndeksi kullanılmıştır.

2.4. COVID-19'un Ülkelere Etkileri

Dünyanın en büyük ekonomisine sahip ülkelerin arasında Çin, ABD, Japonya, İngiltere, İtalya, Fransa, Almanya, İran ve Hindistan bulunmaktadır. Salgının yoğun yaşandığı 2020 yılının mart, nisan ve mayıs ayında salgından ekonomik açıdan en çok etkilenen ülkeleri de Hindistan ve İran hariç olmak üzere bu ülkeler oluşturmaktadır (Eroğlu, 2020). Dünyanın en büyük ekonomisine sahip ülkelerin ekonomilerinde yaşayacakları minimal değişikliklerin dahi milyon dolarlar ile ölçülmesinden kaynaklanan zararlar hem ülkeleri hem de vatandaşları etkilemektedir.

Avrupa kıtasında ülkelerin sağlık sistemleri gelişmiş olsa da Avrupa'nın nüfusu yaşlanan bir yapıya sahiptir. COVID-19 salgınının özellikle yaşlı ve hasta insanlarda yüksek ölüm oranlarına ulaşması ile Avrupa salgına hazırsızlık yakalanmıştır (Yorulmaz, Kırac ve Aydoğdu, 2021).

COVID-19 salgınının çıktığı ilk dönemlere aldığı önlemlerle salgını son derece iyi bir şekilde yöneten Almanya, 2020 yılının eylül ayında başlayan ve ikinci dalga olarak adlandırılan vaka sayılarının önemli ölçüde arttığı dönemde salgın ile baş etmekte zorluk çekmiştir. Bunun temel sebebi değişen politik öncelikler olmuştur, Almanya; enfeksiyon ve ölüm oranını azaltmak için kısıtlamalara devam etmek yerine ekonomik kaygılarla işletmeleri açık tutma kararı almıştır. Almanya bu kararıyla vaka sayılarının önemli ölçüde arttığı dönemde ciddi kayıplar yaşamış ve salgınla mücadelede başarısız olan ülkelerle eşit konuma gelmiştir. Bu dönemde Almanya'da görülen bir diğer sorun da toplumdaki diğer bölümlere göre doktorların ve hemşirelerin enfeksiyon risklerinin daha fazla olmasıdır (Karagiannidis, Windisch, McAuley, Welte ve Busse, 2021). Ayrıca hastanelerin kapasite bakımından zorlandıkları bir dönemde ekonomik açıdan yetersiz bırakılmaları ve hatta bazı hastanelerin personeline ödeme yapamayacak noktaya gelmesi ciddi sorunlar teşkil etmektedir (Graichen, 2021).

Bulgaristan, diğer Avrupa ülkelerine göre COVID-19 salgınına daha geç yakalanmasının avantajına sahip olmuş ve ilk vaka görülen 8 Mart 2020 tarihinden itibaren sıkı karantina önlemleri almıştır. Bu önlemler sayesinde Bulgaristan'da vaka ve ölüm sayıları çok yavaş

büyümüştür. 2020 yılının eylül ayından itibaren vaka sayıları tüm dünyada artış gösterse de Bulgaristan'da görülen vaka sayıları birçok Avrupa ülkesinden daha düşük seviyede kalmıştır. 2019 yılında 100.000 kişiye düşen doktor sayısı Avrupa Birliği'nde 391 iken Bulgaristan'da 424, 100.000 kişiye düşen hastane yatağı sayısı Avrupa Birliği'nde 387 iken Bulgaristan'da 641 olarak verilmiştir. 2020 yılında Bulgaristan'da daha fazla sağlık çalışanı istihdam edilmiş ve mali teşvik kapsamı genişletilmiştir. Bunların yanı sıra sağlık prosedürleri basitleştirilmiş, telefon ve çevrimiçi danışma hatları kurulmuştur (Dzakula ve diğerleri, 2022).

Lieberoth'un 2021 yılında 48 ülkeden 173 bin katılımcı ile gerçekleştirdiği anketin sonuçlarına göre Polonya, Portekiz, Türkiye, Bulgaristan ve Bosna-Hersek vatandaşlarının diğer ülkelere kıyasla stres seviyelerinin daha az olduğu görülmüştür. Batı Avrupa'da bulunan vatandaşların stres seviyelerinin çalışmaya katılan diğer ülkelere kıyasla daha yüksek olduğu ve kendi hükümetlerine salgına karşı mücadele kapsamında daha düşük seviyede güvendikleri ortaya çıkmıştır.

Tauscher, Topal, Eskicioğlu ve Hopyar (2020) Türkiye'de bir anket çalışması gerçekleştirmiştir. Bu ankete göre katılımcıların %76,9'u Türkiye'nin COVID-19 salgını ile verdiği mücadelede Avrupa Birliği'nden daha başarılı olduğunu düşünmektedir. Salgına karşı alınan önlemler açısından en başarılı ülke hangisidir sorusunda katılımcıların %26'sı Türkiye ve yine %26'sı Güney Kore cevabı vermiştir. Türkiye sağlık alanında ciddi mesafeler katetmiştir, bu sebeple gelecek olan salgına hazırlıksız yakalandığı söylenemez. Salgın süresince ilaç, tıbbi cihaz ve tıbbi malzeme sıkıntısı çeken ülkelerin görülmesine rağmen Türkiye bu ürünler ile ilgili bir sıkıntı çekmemiştir. Salgına doğru zamanda doğru reaksiyon göstermiştir. Türkiye'nin (Yorulmaz, Kırac ve Aydoğdu, 2021).

2.5. Performans Ölçütleri

Tahmin hatası, gerçekleşen değer ile belirli bir dönem için tahmini yapılan değer arasındaki farktan oluşmaktadır (Saatçioğlu ve Özçakar, 2016). Kurulan YSA'nın ürettiği bilgilerin doğruluğu hata ölçütleri ile incelenmektedir. Literatürde bulunan hata ölçütleri ile ağ test edilmeli ve kabul edilebilir sınırların içerisinde olmalıdır. Hata değerlerinin kabul edilebilir sınırlarda olması ağın doğruluğu için oldukça önemlidir. R değeri YSA tarafından sunulmakta ve R^2 değeri de R değeri ile hesaplanabilmektedir. R değeri korelasyon katsayılarını yansıtmaktadır ve bu değer 1 ile -1 arasında değer almaktadır. 1 mükemmel

olumlu korelasyonu, 0 korelasyonun alınamayacağını ve -1 mükemmel negatif korelasyonu temsil etmektedir (Risqiwati ve diğerleri, 2020).

Ölçümler sonucunda hata değeri, kabul edilebilir sınırların içerisinde çıkmayabilir. Bu sonucun başlıca sebepleri, örnek seçiminde yapılan hatalar, kullanılan aktivasyon fonksiyonunun ağı uygun olmaması, yanlış sayıda gizli katman ya da gizli nöron kullanımı vb. olabilir. Kurulan YSA'nın hata değerinin tespit edilmesi için sıklıkla kullanılan doğruluk ölçütleri aşağıdaki gibidir (Huang ve Shih, 2003)

N = Veri sayısı,

Y_t = Gerçekleşen değer,

F_t = Modelden elde edilen çıktı değeri (tahmin) olmak üzere;

- Ortalama Hataların Karesi (Mean Square Error-MSE), tahmin hatalarının tespitinde en sık Ortalama Hataların Karesi (MSE) ölçütü kullanılmaktadır. Ölçüm hatalarının karelerinin ortalaması ile bulunur (Nahmias, 2013: 63). MSE hesaplanırken kullanılan eşitlik Eş. 2.3'te verilmiştir.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2 \quad (2.3.)$$

- Ortalama Mutlak Sapma (Mean Absolute Deviation-MAD), ölçüm hatalarının mutlak değerlerinin toplamının veri sayısına bölünmesi ile bulunur, MAD hesaplanırken kullanılan eşitlik Eş. 2.4'te verilmiştir.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - F_t| \quad (2.4.)$$

- Hata Kareler Toplamı (Sum of Squared Error-SSE) ölçüm hatalarının karesinin toplanması ile bulunur, SSE hesaplanırken kullanılan eşitlik Eş. 2.5'te verilmiştir.

$$SSE = \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2 \quad (2.5.)$$

- Ortalama Hatalar Karekökü (Root Mean Square Error-RMSE), Ölçüm hatalarının karelerinin ortalamalarının karekökü ile bulunur. RMSE değeri 0 ile $+\infty$ arasında değer almaktadır. 0, en iyi sonucu temsil etmektedir (Chicco, 2021). RMSE hesaplanırken kullanılan eşitlik Eş. 2.6'da verilmiştir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2} \quad (2.6)$$

Bu ölçülerin dışında hata yüzdeleri olarak isimlendirilen ölçütler de vardır. Bu ölçütler (Makridakis ve diğerleri, 1982; Huang and Shih, 2003):

- Yüzde Hata (Percent Error-PE), ölçüm hatasının tahmin değerine bölümünün 100 ile çarpımı ile bulunur. PE hesaplanırken kullanılan eşitlik Eş. 2.7’de verilmiştir.

$$PE = \frac{Y_t - F_t}{Y_t} * 100 \quad (2.7)$$

- Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percent Error-MAPE), ölçüm hatasının gerçekleşene değere bölümünün mutlak değerinin 100 ile çarpımının ortalaması ile bulunur. MAPE hesaplanırken kullanılan eşitlik Eş. 2.8’de verilmiştir.

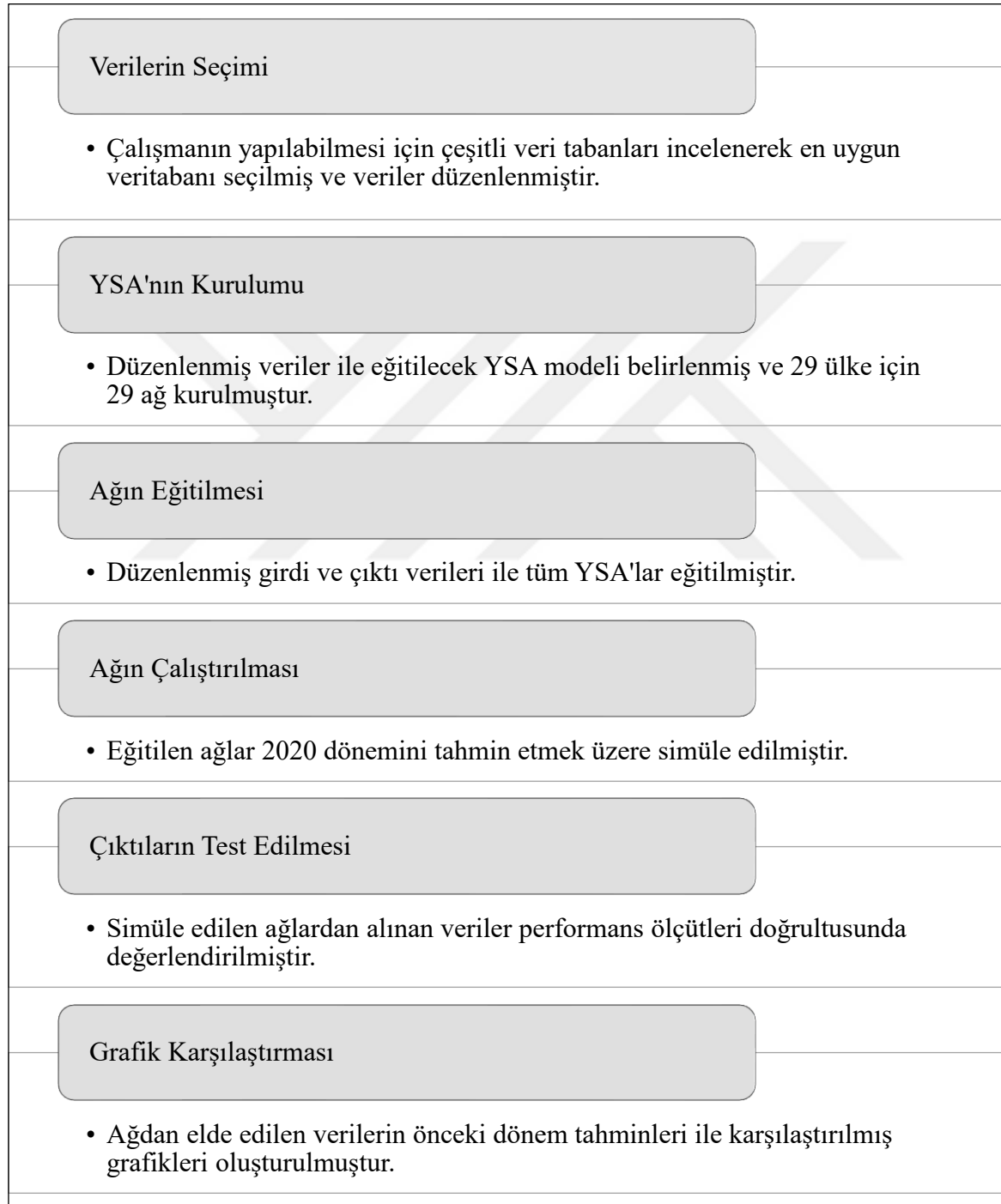
$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right| * 100 \quad (2.8.)$$

Tüm bu ölçütler ağırlık yeterliliği hakkında bilgi vermektedir. Ancak MAPE ölçütü diğer ölçütlerden daha etkin sonuç vermektedir ve MAPE ölçütü değişimi açıklamada yeterlidir, MAPE değerleri incelenirken yapılması gereken yorum aşağıdaki gibidir (Lewis 1982: 40);

- MAPE<10: Yüksek doğruluk
- MAPE>10 ve <20: Orta derece doğruluk
- MAPE>20 ve <50: Düşük derece doğruluk ancak kabul edilebilir
- MAPE>50: Tahmin değeri yok

3. YÖNTEM

Çalışmanın bu kısmında önerilen model hakkında bilgiler verilmiştir. Ardından modeller kurulmuş ve sonuçlar performans ölçütleri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Çalışma sürecinde izlenen yol Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma süreci

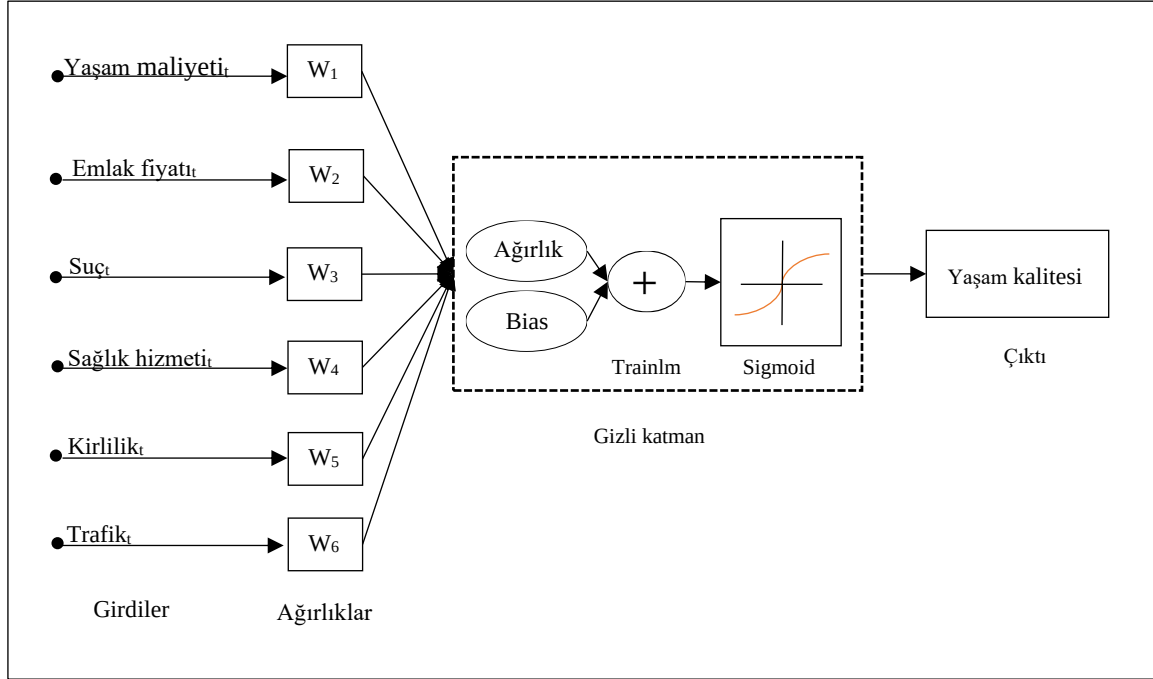
Modelin oluşturulması için Heritage Ekonomik Özgürlük İndeksi, Legatum Refah İndeksi ve Numbeo Yaşam Kalitesi İndeksi incelenmiştir. Birincil veri kullanması ve verileri subjektif yöntemler ile toplaması dolayısıyla çalışma için en uygun olduğu düşünülen Numbeo Yaşam Kalitesi İndeksi'ne ait veritabanı kullanılmıştır. Numbeo vatandaşlardan doğrudan aldığı verileri işleyerek kendi indekslerini oluşturmakta ve kullanıcılar ile paylaşmaktadır. Bu sebeple Avrupa kıtasında bulunan ve veri bütünlüğü sağlanan 29 ülkenin verileri, kurulan modele göre sisteme girdi olarak verilmiştir. Böylece veri temizleme işlemine gerek kalmamıştır.

İyi bir tahmin çıktısına ulaşabilmek için çalışmaya uygun olacak bir YSA modeli geliştirilmiş ve bu modele uygun olarak 29 ülkeye ait 29 ayrı ağ kurulmuştur. Kurulan tüm ağlar Numbeo'dan elde edilen girdi ve çıktı verileri ile eğitilmiştir. Eğitilen tüm ağlara 2020 dönemi yaşam kalitesi indeksi tahmin ettirilmiştir. Tahmin sonuçları R, R^2 , RMSE ve MAPE ölçütleri ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda tüm ağların başarılı sonuçlar verdikleri görülmüştür. Ağdan elde edilen yaşam kalitesi indeksi tahmin sonuçları ile gerçekte yaşanan yaşam kalitesi indeksleri karşılaştırılmış ve karşılaştırma grafikleri oluşturulmuştur.

3.1. Kullanılan Model

Bu çalışma MATLAB programının 2019-B sürümünde gerçekleştirilmiştir. Ağ kurulurken literatürde tavsiye edildiği gibi deneme yanılma yöntemi kullanılmış, en iyi sonuca ulaşılan gizli katman sayısı ve gizli nöron sayısının yanı sıra tüm fonksiyonlar bu yöntem ile belirlenmiştir. En iyi sonuca en hızlı ulaşmak için üç katmanlı bir YSA kurulmuştur. Bu üç katman; girdi katmanı, 15 gizli nörona sahip bir gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır.

Şekil 3.2'de görüldüğü üzere, kurulacak ağ için Numbeo (2022)'dan elde edilen Yaşam Kalitesi İndeks değerleri YSA modelinin çıktı değeri olacaktır. Girdi değeri olarak ise Yaşam Maliyet İndeksinin, Emlak Fiyat İndeksinin, Suç İndeksinin, Sağlık Hizmeti İndeksinin, Kirlilik İndeksinin ve Trafik İndeksinin bir önceki dönem girdi verileri kullanılmıştır. Bir önceki dönemin girdi verileri ile güncel dönemin çıktı verilerine ulaşılan bu modelde, 2019-2 döneminin girdi verileri ile 2020 döneminin çıktı verilerine ulaşmak amaçlanmıştır.



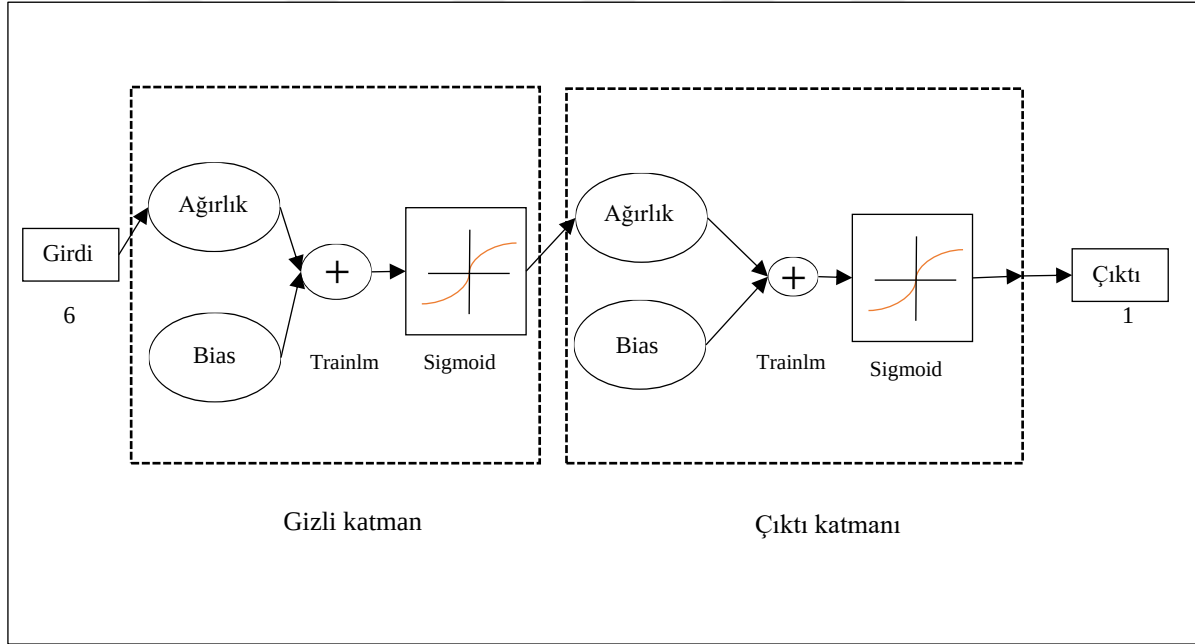
Şekil 3.2. Analiz için kurulan model

Numbeo (2022), verilerini toplayarak yaşam kalitesi indeksini belirlediği 87 ülkeyi; Afrika, Amerika, Asya, Avrupa ve Okyanusya olarak 5 bölgede incelemektedir. Bölgeler detaylı incelendiğinde, Avrupa bölgesinde 36 ülkenin bulunduğu görülmektedir. Türkiye ise Asya kıtasında değerlendirilmiştir. Çalışmaya Avrupa kıtasında bulunan ülkelere ek olarak Türkiye de dahil edilmiştir. Türkiye'nin de katılımıyla 37 ülkeye ait veriler incelenmiş ancak yalnızca 29 ülkeye ait YSA geliştirilebilmiştir. Tüm ülkelere ait YSA geliştirilememesinin sebebi ise Belarus, Estonya, Finlandiya, İzlanda, Letonya, Lüksemburg, Malta ve Kuzey Makedonya'ya ait veri eksikliğidir. Analizleri yapılan 29 ülke; Almanya, Avusturya, Belçika, Birleşik Krallık, Bosna Hersek, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, Litvanya, Macaristan, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Rusya, Sırbistan, Slovakya, Slovenya, Türkiye, Ukrayna ve Yunanistan'dan oluşmaktadır.

Zaman dilimi olarak eksiksiz verinin bulunduğu ilk yıl olan 2012 ile salgının henüz başlamadığı 2019 yılları arası tercih edilmiştir. 2012 yılından 2014 yılına kadar yılda bir kez sunulan veriler, 2014 yılından itibaren yılda iki kez sunulmaya başlamıştır, bu nedenle her ülkenin indeksinde 14 veri bulunmaktadır.

YSA eğitimi için kullanılacak model geliştirilirken veriler düzenlenmiş çıktı verisi olarak t, girdi verisi olarak t-1 dönem verileri kullanılmıştır. Girdi verisi olarak bir önceki dönemin verilerinin kullanılmasından dolayı bir dönem öteleme yapılmış ve her bir indeks için kullanılan veri sayısı 13'e düşmüştür. Dolayısıyla ağ 6x13'lük girdi matrisi ve 1x13'lük çıktı matrisi kullanılarak eğitilmiştir.

29 ülkenin YSA eğitimi 3 ile 18 iterasyon aralığında tamamlanmıştır. Kurulan tüm YSA modellerinde Levenberg-Marquardt geri yayılım algoritması (Trainlm) birleşme fonksiyonu olarak tercih edilmiştir. Aktivasyon fonksiyonu olarak ise sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Verilerin %70'i ağı eğitimi için, %15'i ağı doğrulanması için ve %15'i ise test edilmesi için kullanılmıştır. Kurulan tüm YSA modellerinin mimarisi Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Kurulan ağların mimarisi

YSA'ları eğitmek için ağı sunulan Almanya'ya, Türkiye'ye ve Bulgaristan'a ait girdi ve çıktı eğitim verileri sırasıyla Çizelge 3.1'de, Çizelge 3.2'de ve Çizelge 3.3'te gösterilmiştir. Yalnızca bu üç ülkenin eğitim verileri paylaşılmıştır. Çünkü, çalışma sonucunda yaşam kalitesi indeksinin en fazla azalma gösterdiği ülke olarak Almanya, neredeyse hiç farklılık göstermediği ülke olarak Türkiye ve en fazla artış gösterdiği ülke olarak Bulgaristan olduğu görülmüştür. Geriye kalan 26 ülkenin her birine ait eğitim verileri ise derlenerek çalışmanın sonunda ek olarak sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Almanya'ya ait YSA'ya sunulan eğitim verileri

Girdi verileri							Çıktı verileri	
Dönem	Emlak fiyat	Kirlilik	Sağlık Hizmeti	Suç	Trafik	Yaşam maliyeti	Dönem	Yaşam Kalitesi
2012	5,21	45,14	71,96	21,20	80,77	88,55	2013	204,84
2013	4,78	28,43	73,25	23,86	74,55	91,64	2014	192,69
2014	5,60	30,20	75,26	27,14	132,35	87,14	2014-2	186,61
2014-2	6,13	30,33	76,66	29,13	102,09	86,82	2015	195,94
2015	6,61	28,32	75,61	28,49	98,41	76,27	2015-2	244,31
2015-2	7,07	29,22	76,37	30,64	86,25	65,96	2016	199,70
2016	7,13	29,91	75,85	32,95	87,46	65,54	2016-2	189,87
2016-2	7,23	27,68	76,02	32,70	97,03	66,79	2017	189,74
2017	7,46	27,05	76,74	32,03	95,92	65,50	2017-2	178,92
2017-2	7,82	27,68	75,99	32,64	97,02	73,18	2018	190,04
2018	8,05	27,32	75,44	36,65	102,94	74,35	2018-2	189,13
2018-2	8,48	28,15	74,88	36,16	101,49	67,89	2019	187,05
2019	9,02	28,01	74,32	34,51	98,09	67,62	2019-2	184,30

Çizelge 3.2. Türkiye'ye ait YSA'ya sunulan eğitim verileri

Girdi verileri							Çıktı verileri	
Dönem	Emlak fiyat	Kirlilik	Sağlık Hizmeti	Suç	Trafik	Yaşam maliyeti	Dönem	Yaşam Kalitesi
2012	5,62	89,23	69,97	26,38	188,72	65,26	2013	74,84
2013	6,19	82,00	71,87	35,20	176,66	64,39	2014	67,82
2014	6,86	77,11	57,54	39,95	229,56	49,93	2014-2	64,51
2014-2	7,22	73,52	60,24	41,58	225,23	53,64	2015	82,55
2015	6,70	74,31	74,00	36,40	194,22	49,55	2015-2	111,83
2015-2	6,55	69,17	73,47	37,17	198,61	44,53	2016	137,31
2016	8,07	65,75	73,03	39,43	208,02	45,07	2016-2	129,65
2016-2	8,34	69,22	71,87	39,46	213,00	46,68	2017	129,63
2017	8,87	70,46	71,68	41,09	207,36	38,60	2017-2	118,34
2017-2	9,41	69,22	70,81	41,03	199,67	44,41	2018	127,64
2018	8,95	69,44	70,42	40,38	200,09	41,80	2018-2	127,93
2018-2	9,54	69,03	69,74	40,66	197,06	35,52	2019	125,51
2019	9,26	69,15	69,36	39,49	195,50	35,21	2019-2	126,46

Çizelge 3.3. Bulgaristan’a ait YSA’ya sunulan eğitim verileri

Girdi verileri							Çıktı verileri	
Dönem	Emlak fiyat	Kirlilik	Sağlık Hizmeti	Suç	Trafik	Yaşam maliyeti	Dönem	Yaşam Kalitesi
2012	10,76	98,48	60,30	41,37	56,22	50,92	2013	53,71
2013	10,22	78,86	54,63	41,47	52,56	52,68	2014	62,60
2014	9,87	66,72	58,04	40,02	105,12	49,96	2014-2	65,62
2014-2	9,49	63,63	59,64	40,99	102,66	49,65	2015	68,30
2015	9,42	63,96	58,47	43,45	109,48	43,57	2015-2	93,68
2015-2	8,55	60,95	55,32	42,03	107,59	36,13	2016	141,61
2016	8,80	60,35	50,93	41,42	93,44	36,36	2016-2	139,74
2016-2	9,15	61,69	53,42	41,95	91,58	37,00	2017	138,20
2017	9,07	63,12	54,03	40,18	94,90	36,49	2017-2	122,85
2017-2	8,77	61,69	52,72	40,01	98,29	40,24	2018	129,69
2018	8,58	63,03	52,11	39,70	106,93	41,21	2018-2	131,20
2018-2	8,76	64,23	53,87	40,28	104,34	37,83	2019	130,59
2019	8,72	63,98	54,04	40,00	98,58	37,17	2019-2	130,25

4. BULGULAR

Çalışmanın bu kısmında tüm ülkelere ait çıktıların performans ölçütleri ile karşılaştırılmasından sonra tüm YSA modellerine ilişkin tahmin sonuçları paylaşılmıştır. Yaşam kalitesi indeksinin en fazla azalma gösterdiği ülke olarak Almanya'ya, neredeyse hiç farklılık göstermediği ülke olarak Türkiye'ye ve en fazla artış gösterdiği ülke olarak Bulgaristan'a ait regresyon çıktıları ve karşılaştırmalı yaşam kalitesi indeksi grafik çıktısı verilmiştir, geri kalan 26 ülkeye ait çıktılar bu çalışmaya ek olarak sunulmuştur.

Literatürde YSA analizi için bir takım performans ölçütü bulunmaktadır. Bu ölçütlerden en çok kabul görenleri R^2 , MSE, RMSE ve MAPE değerleridir (Cho, 2003). Bu çalışmada oluşturulan 29 ülkeye ait YSA; R, R^2 , RMSE ve MAPE ölçütleri ile test edilmiştir. Çizelge 4.1'de 29 ülkeye ait YSA'nın performans analizleri listelenmektedir.

Çizelge 4.1. Yapay sinir ağlarının ülkelere göre yaşam kalitesi indeksi performans analizleri

Ülkeler	R	R^2	RMSE	MAPE
Almanya	0,990	0,980	0,76	2,16
Avusturya	0,999	0,998	0,07	0,28
Belçika	0,993	0,986	0,55	1,79
Birleşik Krallık	0,999	0,998	0,25	0,60
Bosna Hersek	0,998	0,996	0,94	1,55
Bulgaristan	0,999	0,998	0,73	0,96
Çek Cumhuriyeti	0,999	0,998	0,28	0,72
Danimarka	0,995	0,990	0,35	2,06
Fransa	0,990	0,980	1,03	2,10
Hırvatistan	0,998	0,996	0,76	1,91
Hollanda	0,997	0,994	0,22	1,4
İrlanda	0,996	0,992	0,45	1,21
İspanya	0,999	0,998	0,32	0,85
İsveç	0,991	0,982	0,71	2,26
İsviçre	0,996	0,992	0,56	2,62
İtalya	0,997	0,994	1,21	2,53
Litvanya	0,999	0,998	0,23	0,73
Macaristan	0,999	0,998	0,19	0,45
Norveç	0,995	0,990	0,41	1,49
Polonya	0,995	0,990	1,26	2,23
Portekiz	0,999	0,998	0,23	0,84
Romanya	0,999	0,998	0,30	0,58
Rusya	0,999	0,998	2,33	1,25
Sırbistan	0,998	0,996	0,81	1,59
Slovakya	0,997	0,994	0,59	1,65
Slovenya	0,998	0,996	0,43	1,46
Türkiye	0,999	0,998	0,36	0,78
Ukrayna	0,999	0,998	1,81	1,64
Yunanistan	0,989	0,978	2,21	4,75

Kurulan tüm YSA modellerinin R ve R^2 değerleri neredeyse 1, RMSE değerleri 0'a yakın ve MAPE değerleri 10'un altında çıkmıştır. Performans ölçütleri ile karşılaştırıldığında tüm YSA modellerinin yüksek doğruluk verdiği görülmektedir.

YSA tarafından tahmin edilen ve 2020 yılında gerçekleşen 29 ülkenin yaşam kalitesi indeksleri ile ülke sıralamalarının karşılaştırmaları ise Çizelge 4.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. Ülkelerin COVID-19 salgınında gerçekleşen ve salgının yaşanmadığı durum tahmin edilen yaşam kalitesi indeksleri

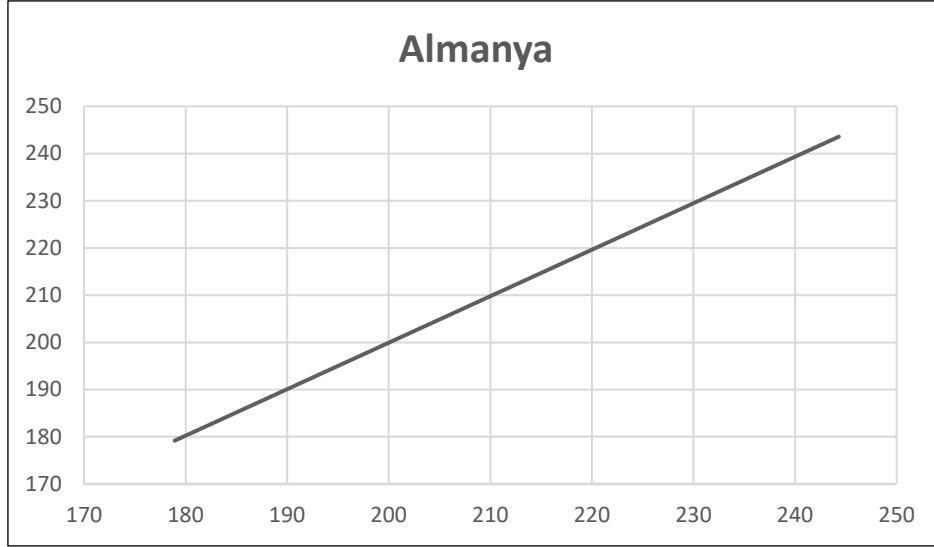
Ülkeler	Gerçekleşen	Tahmin Edilen	Fark	Fark (Yüzde)
Almanya	179,78	229,90	50,12	27,87
Norveç	175,19	198,37	23,18	13,23
Sırbistan	116,30	127,30	11,00	9,45
İsveç	175,95	191,30	15,35	8,72
İtalya	140,76	152,02	11,26	8,00
Portekiz	162,91	175,46	12,55	7,70
Belçika	153,47	164,43	10,96	7,14
Hırvatistan	159,01	170,20	11,19	7,03
Çek Cumhuriyeti	156,24	167,16	10,92	6,98
Macaristan	128,16	135,37	7,21	5,62
Polonya	141,83	149,59	7,76	5,47
İsviçre	192,01	201,88	9,87	5,14
Bosna Hersek	121,89	126,46	4,57	3,74
Avusturya	182,50	187,05	4,55	2,49
Birleşik Krallık	162,71	166,70	3,99	2,45
Fransa	153,95	157,69	3,74	2,42
İrlanda	153,53	157,16	3,63	2,36
Danimarka	192,67	196,89	4,22	2,19
Slovenya	172,15	175,75	3,60	2,09
Hollanda	183,67	186,49	2,82	1,53
Rusya	102,31	103,82	1,51	1,47
Yunanistan	133,07	134,30	1,23	0,92
Slovakya	152,53	153,77	1,24	0,81
Romanya	132,44	133,12	0,68	0,51
Türkiye	127,10	127,60	0,50	0,39
İspanya	169,82	169,72	-0,10	-0,05
Litvanya	159,42	158,98	-0,44	-0,27
Ukrayna	104,77	103,30	-1,47	-1,40
Bulgaristan	129,80	126,74	-3,06	-2,35

2020 yılında gerçekleşen ve gerçekleşmesi tahmin edilen yaşam kalitesi indekslerinin farkları alınıp, oranlanarak sıralandıklarında Almanya'da yaşayan vatandaşların yaşam kalitelerinin %27,87 azaldığını hissettikleri söylenebilmektedir. Almanya'yı %13,23 ile Norveç, %9,45 ile Sırbistan takip etmektedir. 29 ülke içerisinde yalnızca 4 ülkede gerçekleşen yaşam kalitesi indeksi beklenenden daha iyi çıkmıştır. İspanya ve Litvanya bu ülkelere dahil olsalar da fark gerçekleşen ve beklenen farkları %0,5'ten daha azdır. Yunanistan, Slovakya, Romanya, Türkiye, İspanya ve Litvanya'dan oluşan 6 ülkenin sonuçlarına bakıldığında farkın %1'den daha az olduğu, yani vatandaşların yaşam kalitelerini COVID-19'un önemli derecede etkilemediğini düşündükleri söylenebilmektedir. Bu ülkelerden pozitif farkın en düşük olduğu ülke %0,39 ile Türkiye, negatif farkın en düşük olduğu ülke %-0,05 ile İspanya olduğu görülmektedir. Legatum Refah İndeksine (2022) göre Avrupa birliğinde bulunan ülkelerin sıralamalarına bakıldığında refah düzeyleri yüksek olan ülkelerde yaşayan vatandaşların salgından etkilenme yüzdelerinin diğer ülkelerden daha fazla olduğu görülmüştür.

Szalai (1980) yaşam kalitesinin, vatandaşların memnuniyet düzeyleri ve bireysel refahları ile ilişkili olduğunu söylemektedir. Yani bireyler yaşam kalitelerini değerlendirirken subjektif verilerle hareket etmektedir. Bu kapsamda COVID-19 salgını ile mücadelede gösterilen başarının yaşam kalitesini artırması, halkın memnuniyet düzeylerinin ve bireysel refahlarının artırılmasıyla mümkün olacaktır. Çalışmanın devamında yaşam kalitesi indeksinin en fazla azalma gösterdiği ülke olarak Almanya'ya, neredeyse hiç farklılık göstermediği ülke olarak Türkiye'ye ve en fazla artış gösterdiği ülke olarak Bulgaristan'a ait YSA bilgileri verilmiştir. Geriye kalan 26 ülkenin her birine ait YSA bilgileri ise derlenerek çalışmanın sonunda ek olarak sunulmuştur.

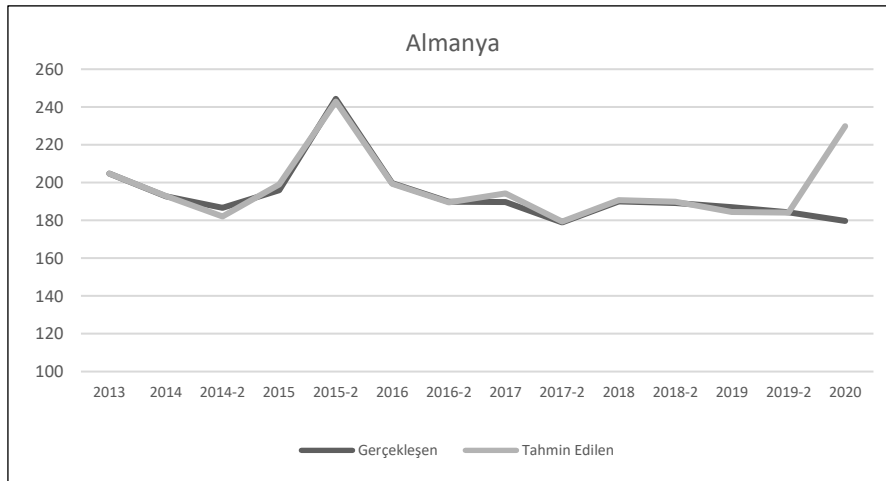
4.1. Almanya'ya Ait YSA Bilgileri

Almanya'ya ait girdi ve çıktı verileri ile eğitilen ağ, eğitimini 8 iterasyonda tamamlamıştır. YSA tarafından sunulan regresyon çıktısı ise Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Almanya'ya ait YSA regresyon çıktısı

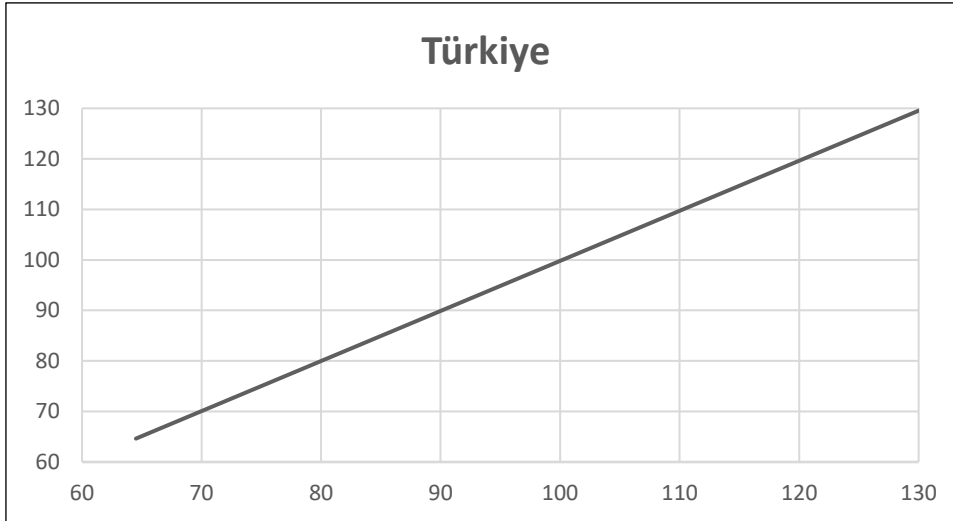
Almanya'ya ait YSA'nın 2019-2 dönemine kadar yapmış olduğu tahmin sonuçları ile gerçekleşen indeks değerlerinin neredeyse tamamen örtüştüğü görülmektedir. Bu örtüşme, ağır düzgün bir şekilde çalıştığını göstermektedir. YSA 2020 dönemini tahmin etmek için çalıştırılmış ve sonuca bakıldığında ise Almanya'da yaşam kalitesi indeksinin 229,90 olması beklenirken 179,78 olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre Almanya'da yaşam kalitesi indeksi %27,87 azalmıştır. Şekil 4.2'de Almanya'ya ait YSA'nın karşılaştırmalı yaşam kalitesi indeksi grafik çıktısı verilmiştir.



Şekil 4.2. Almanya'ya ait karşılaştırmalı yaşam kalitesi indeksi grafik çıktısı

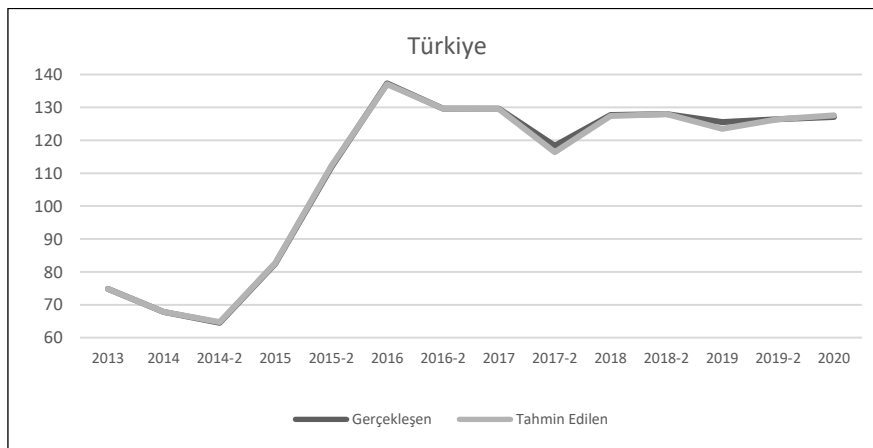
4.2. Türkiye'ye Ait YSA Bilgileri

Türkiye'ye ait girdi ve çıktı verileri ile eğitilen ağ, eğitimini 11 iterasyonda tamamlamıştır. YSA tarafından sunulan regresyon çıktısı ise Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Türkiye'ye ait YSA regresyon çıktısı

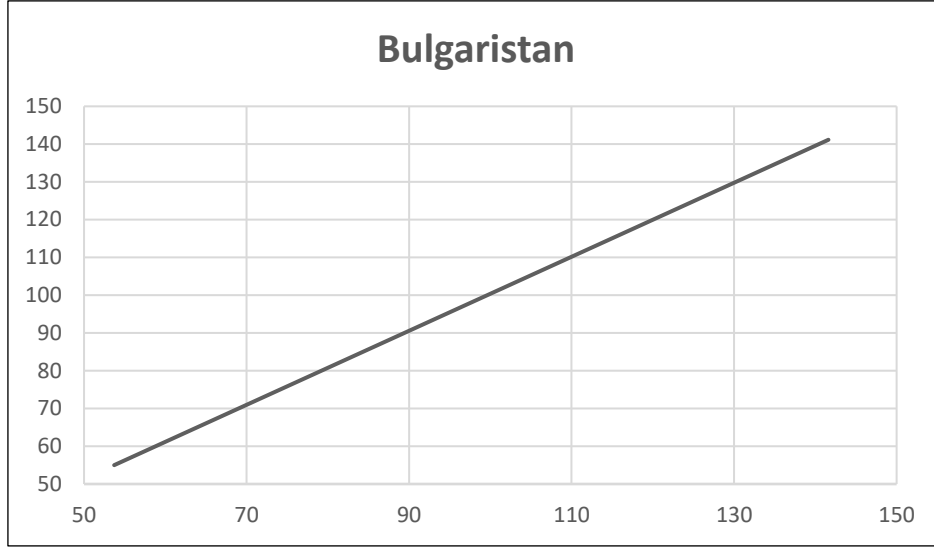
Türkiye'ye ait YSA'nın 2019-2 dönemine kadar yapmış olduğu tahmin sonuçları ile gerçekleşen indeks değerleri neredeyse tamamen örtüştüğü görülmektedir. Bu örtüşme ağınc düzgün bir şekilde çalıştığını göstermektedir. YSA 2020 dönemini tahmin etmek için çalıştırılmış ve sonuca bakıldığında ise Türkiye'de yaşam kalitesi indeksinin 127,10 olması beklenirken 127,60 olduğu ve değişimin %0,39 olduğu görülmüştür. Dolayısıyla Türkiye'de, tahmin edilen ile gerçekleşen değerlerin arasında belirgin bir fark olmadığı söylenebilmektedir. Şekil 4.4'te Türkiye'ye ait YSA'nın karşılaştırmalı yaşam kalitesi indeksi grafik çıktısı verilmiştir.



Şekil 4.4. Türkiye'ye ait karşılaştırmalı yaşam kalitesi indeksi grafik çıktısı

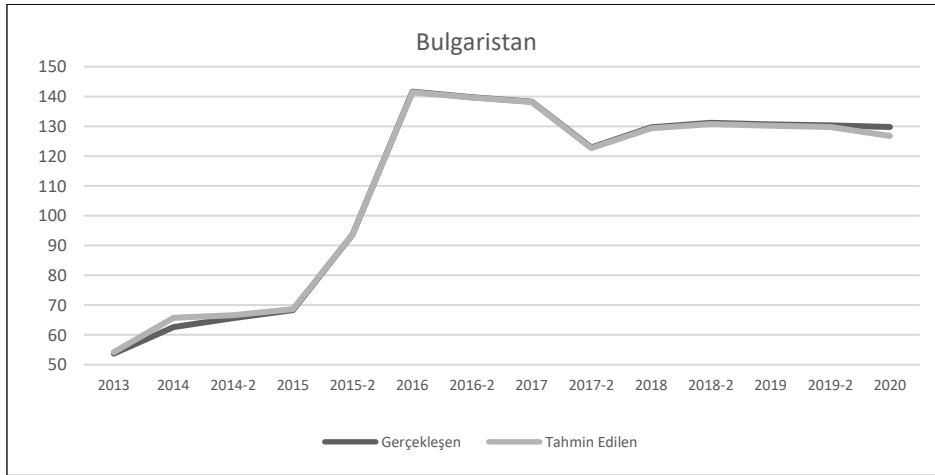
4.3. Bulgaristan'a Ait YSA Bilgileri

Bulgaristan'a ait girdi ve çıktı verileri ile eğitilen ağ, eğitimini 12 iterasyonda tamamlamıştır. YSA tarafından sunulan regresyon çıktısı ise Şekil 4.5'te gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Bulgaristan'a ait YSA regresyon çıktısı

Bulgaristan'a ait YSA'nın 2019-2 dönemine kadar yapmış olduğu tahmin sonuçları ile gerçekleşen indeks değerleri neredeyse tamamen örtüştüğü görülmektedir. Bu örtüşme ağıın düzgün bir şekilde çalıştığını göstermektedir. YSA 2020 dönemini tahmin etmek için çalıştırılmış ve sonuca bakıldığında ise Bulgaristan'da yaşam kalitesi indeksinin 126,74 olması beklenirken 129,80 olduğu görülmüştür. Yani Bulgaristan'da yaşam kalitesi indeksi %2,35 artmıştır. Şekil 4.6'da Bulgaristan'a ait YSA'nın karşılaştırmalı yaşam kalitesi indeksi grafik çıktısı verilmiştir.



Şekil 4.6. Bulgaristan'a ait karşılaştırmalı yaşam kalitesi indeksi grafik çıktısı

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Salgının etkileri hem bireysel hem toplumsal olarak derinden hissedilmiştir. Bu etkiler Emlak Fiyat İndeksi, Kirlilik İndeksi, Sağlık Hizmeti İndeksi, Suç İndeksi, Trafik İndeksi ve Yaşam Maliyet İndeksinden oluşmakta olup, tamamı Yaşam Kalitesi İndeksi olarak tanımlanmaktadır. Bireylerin yaşadıkları toplumda kendilerini daha iyi hissetmeleri, yaşam kalitesi indeksini yükseltmektedir. Çalışmanın bu kısmında ulaşılan bulgular doğrultusunda sonuçlar paylaşılmış ve literatürdeki diğer çalışmalar ile tartışılarak yorumlanmıştır. Elde edilen tüm sonuçlar ve yapılan tüm yorumlar, kullanılan verilerin doğru olduğu varsayımı ile geçerlidir.

Sonuçlar incelendiğinde, Almanya’da gerçekleşen yaşam kalitesi indeksinin, tahmin edilenden %27,87 daha az olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre, Almanya’da yaşayan vatandaşların COVID-19 salgınından diğer ülkelere kıyasla çok daha fazla etkilendikleri görülmektedir. Almanya, salgının ilk dalgasında kapanmalara ve vatandaşlara yönelik desteklere yüksek önem verse de dünyanın en büyük ekonomileri arasında yer alması sebebiyle ekonomisini daha fazla duraksatmak istemeyip, ikinci dalgada ciddi seviyede açılmalar göstermiştir. Ayrıca Almanya’da hastanelerin kapasite ve ekonomik açıdan yetersiz kalması da vatandaşlar tarafından tepkiyle karşılanmıştır. Almanya vatandaşlarının yüksek yaşam kalitesinde yaşarken hayatlarına giren COVID-19 salgını ile adeta bir şok yaşaması, gerçekleşen yaşam kalitesi indeksinin tahmin edilenden çok daha az olmasını açıklamaktadır.

Bulgaristan’a ait sonuçlar incelendiğinde gerçekleşen yaşam kalitesi indeksinin tahmin edilenden %2,37 daha fazla olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre Bulgaristan’da yaşayan vatandaşların COVID-19 salgınından diğer ülkelere kıyasla daha az etkilendikleri söylenebilmektedir. Bulgaristan’da ilk vaka diğer ülkelere kıyasla daha geç tespit edilmiştir. Bu durumun da etkisi ile vaka ve ölüm sayıları yavaş bir ilerleme göstermiştir. Ayrıca Bulgaristan’da kişi başına düşen doktor sayısı Avrupa ortalamasına göre %8, hasta yatağı sayısı Avrupa ortalamasına göre %40 daha fazladır. Tüm bunların yanı sıra basitleştirilen sağlık prosedürleri ve kurulan çevrimiçi danışma hatları da Bulgaristan’ın COVID-19 salgını ile mücadelesini göstermektedir. Tüm bu gelişmelerin, Bulgaristan vatandaşlarının algılarına olumlu katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Bu bakış açısıyla Bulgaristan’da yaşayan vatandaşların gerçekleşen yaşam kalitesi indeksinin tahmin edilenden daha fazla olması anlaşılabilir hale gelmektedir.

Türkiye'nin sonuçlarına bakıldığında ise gerçekleşen yaşam kalitesi indeksinin tahmin edilenden %0,39 daha az olduğu görülmüştür, bu kapsamda tahmin edilen ve gerçekleşen yaşam kalitesi indeksleri arasında önemli bir farklılık olmadığı söylenebilmektedir. Türkiye Cumhuriyeti vatandaşları, ülkelerinin COVID-19 salgını ile mücadelede Avrupa Birliğinden daha başarılı olduğunu düşünmektedir. Türkiye, Bulgaristan, Polonya, Portekiz ve Bosna Hersek'te yaşayan vatandaşların COVID-19 döneminde Batı Avrupa ülkelerine kıyasla az stres yaşaması bu ülkeler ile Batı Avrupa ülkelerinin arasında bir algı farklılığı olduğunu ispatlamaktadır.

Almanya'ya, Türkiye'ye ve Bulgaristan'a ait sonuçların daha iyi yorumlanabilmesi adına bu üç ülkeye Emlak Fiyat İndeksinin, Kirlilik İndeksinin, Sağlık Hizmeti İndeksinin, Suç İndeksinin, Trafik İndeksinin ve Yaşam Maliyet İndeksinin 2019 ile 2020 yılları arasındaki farkları incelenmiştir. Almanya'nın beş indekste gerilediği yalnızca yaşam maliyet indeksinde başarı gösterdiği, Türkiye ve Bulgaristan'ın ise neredeyse tüm indekslerde başarılı olduğu ya da çok az değişim gösterdiği görülmüştür.

Almanya, Türkiye ve Bulgaristan örneklerinin detaylı açıklandığı bu çalışmada ortaya çıkan sonuçlar yorumlanmış ve bu yorumlar literatürde bulunan diğer çalışmalar ile desteklenmiştir. Çalışma sonunda yaşam kalitesi indeksi yüksek olan ülkelerin COVID-19'dan daha fazla etkilendiği görülmüştür. Bunun sebebinin ise refah düzeyi diğer ülkelere göre daha yüksek olan ülkelerde yaşayan vatandaşların algıları ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bir diğer ifade ile yaşam kalitesi yüksek ülkelerde yaşayan vatandaşların refah düzeylerinin, yaşam kalitesi nispeten daha düşük olan ülkelerde yaşayan vatandaşların refah düzeylerinden daha yüksek olması dolayısıyla; ülkelerin refah düzeylerini etkileyen faktörlerdeki olumsuz bir değişimin yaşam kalitesi yüksek olan ülkelerde daha fazla hissedildiği tahmin edilmektedir.

COVID-19 salgınının yaşlı ve kronik rahatsızlıklara sahip olan insanlar üzerinde ölüm oranı çok daha yüksektir. Yaşlı nüfus oranının yüksek olması dolayısıyla Avrupa'da bu salgının etkisiyle ölüm oranlarının yükseldiği görülmüştür. Bu kapsamda Avrupa kıtasındaki ülkeler, geriatri (yaşlı hekimliği) alanına odaklanarak ve bu alanda daha fazla çalışma yaparak gelecekte yaşanabilecek salgın gibi olağanüstü durumlara karşı hazırlıklı olmalıdır. Çalışma kapsamında incelenen, Yaşam Kalitesi İndeksi bakımından COVID-19 salgınından olumsuz etkilenmeyen ülkelerde sağlık hizmeti, Avrupa genelinde hissedildiği kadar sekteye

uğramamıştır. Bu sebeple bu ülkelere, sağlık sistemlerine güvenerek sağlık turizmine önem vermeleri ve ülke ekonomileri içerisinde bu sektörün payını artırmaları tavsiye edilmektedir.

COVID-19 salgını sürecinde tedarik zincirinde yaşanan aksaklıklar nedeniyle genel anlamda üretim azalmış ve üretim yapamayan fabrikalar ciddi zararlar karşı karşıya kalmıştır. Tedarik zincirinde yalnızca hammadde tedariğinde değil, nihai temel ihtiyaç ürünlerinin tedariğinde de sorun yaşanmıştır. Bu durumda ülkelere özellikle temel gıda ve temel tıbbi ürünlerde ithalatı azaltıp kendi ihtiyaçlarını kendi üretimleri ile karşılayabilecek düzeyde yatırım yapmaları önerilmektedir.

Devlet şeffaflığı, yöneticilerin yaptıkları işler ile ilgili bilgileri paylaşmaları, vatandaşların eleştirilerine ve tartışma ortamına açık olmaları anlamına gelmektedir (Koçak, 2010). Devlet şeffaflığı arttıkça, vatandaşların algıları ile gerçeklik birbirine yaklaşacak, toplumsal hafızanın devlete duyduğu güven artacak ve fikir birliği sağlanacaktır. Bu nedenle devletlere vatandaşların algılarını manipüle edecek şekilde eksik veya yanlış bilgi yayımlamak yerine, vatandaşların şüphe duymayacakları şekilde gerçek verileri paylaşmaları tavsiye edilmektedir.

Bu çalışma, Avrupa kıtasında bulunan 29 ülkenin vatandaşlarından toplanan veriler ile gerçekleştirilmiştir. Farklı kıtalarda ya da bölgelerde uygulanması durumunda farklı sonuçlar elde edilebilecektir. Birden fazla kıta veya bölge üzerinde aynı çalışmanın yapılması sayesinde kıyaslanabilir sonuçlara ulaşabilecek, farklı kıta veya bölgelerde yaşayan vatandaşların algı düzeyleri karşılaştırılabilecektir. Gelecek çalışmalarda araştırmacıların toplumun refah düzeyi ile yaşam kalitesi algıları arasındaki ilişkiyi araştırmaları vatandaşların yaşam kalitesi algılarının doğru bir şekilde değerlendirilmesi bakımından önemli görülmektedir.

Bu çalışmada vatandaşlardan birincil veri toplanarak elde edilen indeksler kullanılmıştır. Bununla birlikte ikincil ve objektif verilere kullanılarak yaşam kalitesini ölçen indeksler geliştiren veritabanları da bulunmaktadır. Gelecek çalışmalarda ikincil ve objektif verilerle elde edilmiş yaşam kalitesi indekslerine dayalı tahminleme modellerinin geliştirilmesi ve subjektif veriler ile ulaşılan sonuçlarla kıyaslanması, vatandaşların yaşam kalitesi algılarının gerçeklik ile ne kadar örtüştüğünün anlaşılması bakımından alana katkı sağlayacaktır. Salgının etkilerinin en derin hissedildiği yıl 2020 yılı olsa da takip eden yılların ekonomik ve sosyal açıdan yıpratıcı etkileri devam etmiştir. Aşının bulunması ve tüm dünyaya

uygulanması, zaman içinde virüsün evrilmesi ve evrilen çeşitlerinin etkilerinin analiz edilebilmesi için 2020 yılı sonrasısının da incelenmesi, COVID-19 salgınının daha bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmesini sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

1. Akbilek, N., Boran, S. (2003). Yapay Sinir Ağları ile Fonksiyon Belirleme. *Sakarya University Journal of Science*, 7(3), 233-240.
2. Aksu, N., Uçan, K. (2016). Zaman ve konum girdileri kullanılarak yapay sinir ağlarıyla referans evapotranspirasyonun tahmin edilmesi. *El-Cezerî Journal of Science and Engineering*, 3(2), 204-221.
3. Arı, A., Berberler, M. E. (2017). Yapay sinir ağları ile tahmin ve sınıflandırma problemlerinin çözümü için arayüz tasarımı. *Acta Infologica*, 1(2), 55-73.
4. Ataseven, B. (2013). Yapay sinir ağları ile öngörü modellemesi. *Öneri Dergisi*, 10(39), 101-115.
5. Atay, L. (2020). Covid-29 Salgını ve Turizme Etkileri, *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 17(1), 168-172.
6. Aydın, D. (2012). *Yapay Sinir Ağları Yardımı ile Talep Tahmin Analizi ve Deniz Taşımacılığı Sektöründe Bir Uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
7. Biçen, C. (2006). *Box jenkins zaman serisi analiz yöntemi ile ileri beslemeli yapay sinir ağları tahminlerinin karşılaştırılması*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
8. Bilgin, N., Ergenç, A., Timurcanday, Ö. (1985). Bireylerce algılanan şekliyle yaşam kalitesi. *İzmir, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayını*, 4, 157-169.
9. Caianiello, E. R. (1961). Outline of a theory of thought-processes and thinking machines. *Journal of theoretical biology*, 1(2), 204-235.
10. Caner, M., Akarslan, E. (2009). Mermer Kesme İşleminde Spesifik Enerji Faktörünün ANFIS ve YSA Yöntemleri ile Tahmini. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(2), 221-226.
11. Chicco, D., Warrens, M. J., Jurman, G. (2021). The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation, *PeerJ Computer Science*, 7, 623
12. Cho, V. (2003). A comparison of three different approaches to tourist arrival forecasting. *Tourism management*, 24(3), 323-330.
13. Coats, P. K., Fant, L. F. (1991). A neural network approach to forecasting financial distress. *The Journal of Business Forecasting*, 10(4), 9.
14. Çakır, Ş., Ertunç, H. M., Ocak, H. (2009). Yapay sinir ağları kullanılarak karbonat kayalarındaki dokunun tanınmasına bir örnek: akveren formasyonu. *Journal of Applied Earthsciences*, 8(2), 71-79.

15. Çanakçı, M., Hosoz, M. (2006). Energy and exergy analyses of a diesel engine fuelled with various biodiesels. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 1(4), 379-394.
16. Demir, Y. K. (1997). *Yapay Sinir Ağları ile Ulaştırma Taleplerinin Modellenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
17. Demir, Z. (2019). *Alüminyum boyasının parlaklık ve kaplama değerlerini yapay sinir ağları ve çoklu regresyon yöntemleri ile tahmini*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
18. Demiral, D. G. (2020). Ağ Bilimi ve Modelleri. *Journal of Empirical Economics and Social Sciences*, 2(2), 36-55.
19. Demirel, H. (2010). *Peltier Elemanlarla Hipotermiya Uygulamasında Sıcaklık Kontrolü ve Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, Ankara.
20. Detienne, K. B., Detienne, D. H., Joshi, S. A. (2003). Neural networks as statistical tools for business researchers. *Organizational Research Methods*, 6(2), 236- 265.
21. Diler, A.İ. (2003). İMKB Ulusal-100 endeksinin yönünün yapay sinir ağları: hata geriye yayma yöntemi ile tahmin edilmesi. *İMKB Dergisi*, 7(25-26), 81-83.
22. Dragomirecka, E., C. Skoda. (1997). Quality of Life. Specification, Definition and Development of the Concept in Social Psychiatry. *Ceska a Slovenska Psychiatrie* 93 (2): 102-108.
23. Dzakula, A., Banadinovic, M., Lovrencic, I. L., Vajagic, M., Dimova, A., Rohova, M., Minev, M., Scintee, S. G., Vladescu, C., Farcasanu, D., Robinson, S., Spranger, A., Sagan, A., Rechel, B. (2022). A comparison of health system responses to COVID-19 in Bulgaria, Croatia and Romania in 2020. *Health Policy*.
24. Erdoğan, E., Özyürek, H. (2012). Yapay Sinir Ağları ile Fiyat Tahminlemesi, *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 4 (1), 85-92.
25. Eren, U., Satoğlu, Ş. I. (2017). *Perakende giyim sektöründe yapay sinir ağları ile talep tahmini*. Bildiri Endüstri-İşletme Kurultayında Sunulmuştur.
26. Eroğlu, E. (2020). Covid-19'un ekonomik etkisinin ve pandemiyle mücadele sürecinde alınan ekonomik tedbirlerin değerlendirilmesi. *International Journal of Public Finance*, 5(2), 211-236.
27. Farley, B. G., Clark, W. A. (1954). Simulation of self-organizing systems by digital computers. *IEEE Trans Prof Group Inform Theory*, 4(4), 76-84.
28. Fırat, M., Güngör, M. (2004). Askı madde konsantrasyonu ve miktarının yapay sinir ağları ile belirlenmesi. *Teknik Dergi*, 15(73), 3267-3282.

29. Gaya, M. S., Zango, M. U., Yusuf, L. A., Mustapha, M., Muhammad, B., Sani, A., Wahab, N. A., Khairi, M. T. M. (2017). Estimation of turbidity in water treatment plant using Hammerstein-Wiener and neural network technique. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 5(3), 666-672.
30. Gök, B., Gökçen, H. (2020). Regional Development and Distance Education: Performance Evaluation of University Distance Education Programs., In F. Ayhan (Ed.), *Local Governance and Regional Development: Current Perspectives*. Berlin: Peter Lang GmbH Publishing, pp. 157-179.
31. Gökçen, H. (2011). *Yönetim Bilgi/Bilişim Sistemleri: Analiz ve Tasarım* (İkinci Baskı). Türkiye: Afşar Matbaacılık, 113.
32. Graichen, H. (2021). What is the difference between the first and the second/third wave of Covid-19? – German perspective. *Journal of orthopaedics*, 24, 1-3.
33. Gurney, K. (1996). Computers and symbols versus nets and neurons, *UCL Draft Papers*, No:1, U.K
34. Hagan, M. T., Demuth, H. B., Beale, M. H., Jess, O. D. (2014). *Neural Network Design* (İkinci Baskı). ABD: Martin Hagan, 1-5.
35. Haykin, S. (1999). *Neural Networks- A Comprehensive Foundation* (İkinci Baskı). ABD: Prentice Hall, 33-178.
36. Heaton, J. (2008). *Introduction to Neural Networks With Java* (İkinci Baskı). ABD: Heaton Research, 159.
37. Hopfield, J. J. (1982). Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *Proceedings of the national academy of sciences*, 79(8), 2554-2558.
38. Huang, S. J., Shih, K. R. (2003). Short-term load forecasting via arıma model ıdentification including non-gaussian process considerations. *IEEE Transactions on Power Systems*, 18(2), 673-679.
39. İbiş, S. (2020), “Covid-19 salgınının seyahat acentaları üzerine etkisi”, *Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 85-98.
40. Jang, J.S. R., Sun, C.T., Mizutani, E. (1997). *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, Prentice Hall: United States of America, 607.
41. Karagiannidis, C., Windisch, W., McAuley, D. F., Welte, T., Busse, R. (2021). Major differences in ICU admissions during the first and second COVID-19 wave in Germany. *The Lancet Respiratory Medicine*, 9(5), 47-48.
42. Kaynar, O., Taştan, S. (2009). Zaman Serisianalizinde Mlp Yapay Sinir Ağları ve Arıma Modelinin Karşılaştırılması. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (33), 161-172.

43. Kaynar, O., Taştan, S., Demirkoparan, F. (2011). Yapay sinir ağları ile doğalgaz tüketim tahmini. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi Özel Sayısı*, 25, 463-474.
44. Kaypak, Ş. (2019). Kent yaşamında gürültü, kirliliği ve hukuksal politikaya yansıması. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi, Uluslararası Kamu Yönetimi Sempozyumu Bildirileri Özel Sayısı*, 91-104.
45. Kelleher, C. J., Cardozo, L. D., Tooze-Hobson, P. M. (1995). Quality of life and urinary incontinence. *Current opinion in obstetrics & gynecology*, 7(5), 404-408.
46. Keskenler, M. F., Keskenler, E. F. (2017). Geçmişten günümüze yapay sinir ağları ve tarihçesi. *Takvim-i Vekayi*, 5(2), 8-18.
47. Kessler, RC., McGonagle, KA., Zhao, S., Nelson, CB., Hughes, M., Eshleman, S., Wittchen, HU., Kendler, KS. (1994). Lifetime and 12-month prevalence of DSM-III-R psychiatric disorders in the United States: results from the National Comorbidity Survey. *Arch Gen Psychiatry*. 51:8-19.
48. Koçak, S. Y. (2010). Kamu yönetiminde açıklık için bilgi edinme hakkı. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (23), 115-125.
49. Kohonen, T. (1982). Self-organized formation of topologically correct feature maps. *Biological cybernetics*, 43(1), 59-69.
50. Korkmaz, G. (2020). Yapay Zeka Yöntemleriyle Sınıflandırma ve Finans Sektöründe Bir Uygulama. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 11(2), 91-109.
51. Korkmaz, H. A. (2021). Ağrı Duyusuna Evrimsel Bakış. Nalçacı, E. (Der.), *Madde, Diyalektik ve Toplum*, 4(3), 189-194. İstanbul: Yazılama Yayınevi.
52. Küçüköğül, S., Türkoğlu, H. (2021). Kırsal yerleşmelerde yaşam kalitesinin ölçülmesi için bir yöntem önerisi: Bursa köylerinden örnekler. *Planlama*, 31(1), 47-62.
53. Lewis, C. D. (1982). *Industrial and Business Forecasting Methods: A Practical Guide To Exponential Smoothing and Curve Fitting* (İlk Baskı), Birleşik Krallık: Butterworth-Heinemann, 40.
54. Lieberoth, A., Lin, S. Y., Stöckli, S., Han, H., Kowal, M., Gelpi, R., ... & Dubrov, D. (2021). Stress and worry in the 2020 coronavirus pandemic: relationships to trust and compliance with preventive measures across 48 countries in the COVIDiSTRESS global survey. *Royal Society Open Science*, 8(2).
55. Lin, Y. L., Yen, M. F., Yu, L. C. (2018). Grid-based crime prediction using geographical features. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(8), 298.
56. Makridakis, S., Andersen, A., Carbone, R., Fildes, R., Hibon, M., Lewandowski, R., Newton, J., Parzen, E., Winkler, R. (1982). The accuracy of extrapolation (time series) methods: Results of a forecasting competition. *Journal of Forecasting*, 1(2), 111-153.
57. Masters, T. (1993). *Practical Neural Network Recipes in C++* (Birinci Baskı). ABD: Academic Press, 176.

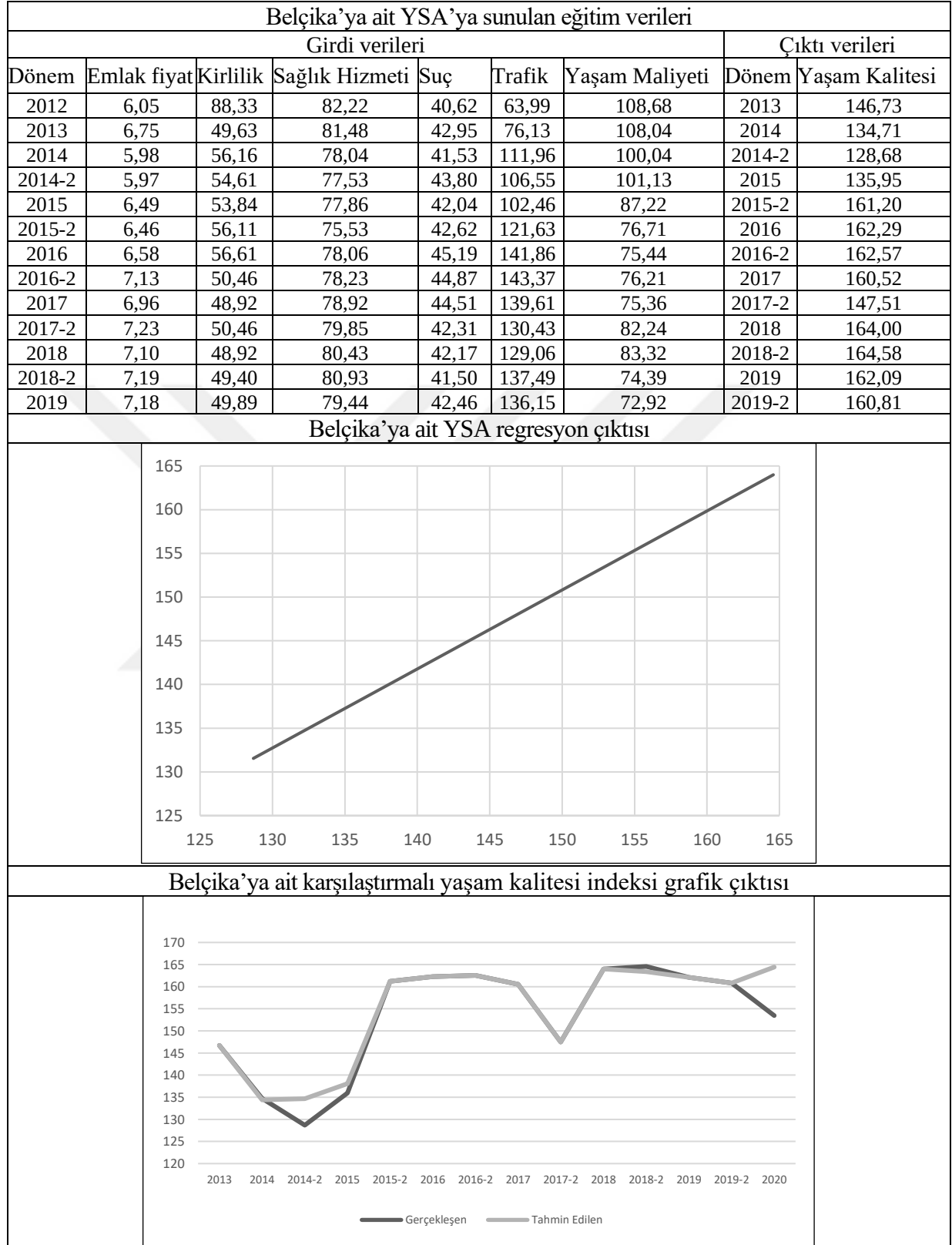
58. McClelland, J. L., Rumelhart, D. E. (1986). *Parallel distributed processing, explorations in the microstructure of cognition. Psychological and biological models* (İkinci Baskı), ABD: MIT Press, 543.
59. McCulloch, W. S., Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5(4), 115-133.
60. Minsky, M., Papert, S. (1969). *Perceptrons An Introduction to Computational Geometry* (Birinci Baskı). ABD: MIT Press.
61. Müezzinoğlu, T. (2005). Yaşam kalitesi. *Üroonkoloji Bülteni*, 1, 25-29.
62. Nahmias, S. (2013). *Production and Operations Analysis* (Altıncı Baskı). ABD: McGraw-Hill Education, 63.
63. Nilsson, N. J. (1965). *Learning Machines* (Birinci Baskı). ABD: McGraw-Hill.
64. Nilsson, N. J. (1998). *Artificial intelligence: a new synthesis* (Birinci Baskı). ABD: Morgan Kaufmann Publishers, 14.
65. Özcan, B. (2007). *Yapay sinir ağı yaklaşımıyla, peçete makinesi imalatı yapan işletmede makine işleme süresinin tahmin edilmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
66. Öztemel, E. (2006). *Yapay Sinir Ağları* (İkinci Baskı). Türkiye: Papatya Yayıncılık, 25-76.
67. Öztemel, E. (2012). *Yapay Sinir Ağları* (Üçüncü Baskı). Türkiye: Papatya Yayıncılık, 115-197.
68. Öztürk, K., Şahin, M. E. (2018). Yapay sinir ağları ve yapay zeka'ya genel bir bakış. *Takvim-i Vekayi*, 6(2), 25-36.
69. Pham, D. T., Öztemel, E. (1994). Control chart pattern recognition using learning vector quantization networks. *International Journal of Production Research*, 32(3), 721-729.
70. Risqiwati D., Wibawa, A. D., Pane, E. S., Islamiyah, W. R., Tyas, A. E., Purnomo, M. H. (2020). Feature selection for EEG-based fatigue analysis using pearson correlation. *International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications*, 164-169.
71. Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological review*, 65(6), 386.
72. Saatçioğlu, D., Özçakar, N. (2016). Yapay sinir ağları yöntemi ile aralıklı talep tahmini, *Beykoz Akademi Dergisi*, 4(1), 1-32.
73. Saygılı, Y. S. (2008). *İstatistiksel yöntemlerle yapay sinir ağları uygulamalarının karşılaştırılması: Millî Savunma Bakanlığı bütçesinin öngörülmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

74. Ser, G., Bati, C. T. (2019), Derin sinir ağıları ile en iyi modelin belirlenmesi: mantar verileri üzerine keras uygulaması, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3), 406-417.
75. Sevinçtekin, E. (2014). *İmalat sektöründe yapay sinir ağıları uygulaması*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
76. Sinecen, M., Kaya, B., Yıldız, Ö. (2017). Aydın İlinde İnsan Sağlığını Birincil Dereceden Etkileyen Hava Değişkenlerine Yönelik Yapay Sinir Ağı Tabanlı Erken Uyarı Modeli. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 5:4, 121-131.
77. Sönmez Çakır, F. (2018). *Model melezleme ile finansal zaman serisi analizi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.
78. Sönmez, O., Zengin, K. (2019). Yiyecek ve İçecek İşletmelerinde Talep Tahmini: Yapay Sinir Ağları ve Regresyon Yöntemleriyle Bir Karşılaştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Özel Sayı, 302-308
79. Szalai, A. (1980). The meaning of comparative research on the quality of life. *The quality of life*, 7-21.
80. Şentürk, A., Şentürk, Z. (2016). Yapay Sinir Ağları ile Göğüs Kanseri Tahmini. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 3 (2), 345-350
81. Tang, Z., Fishwick, P. A. (1993), Feedforward neural nets as models for time series forecasting, *ORSA Journal on Computing*, 5(4), 374-385.
82. Tauscher, S., Topal, F., Eskicioğlu, Y. C., Hopyar, Z. (2020). *Avrupa’da ve Türkiye’de Yaşanan COVID-19 Salgınına İlişkin Algılar* (Birinci Baskı). Türkiye: Karınca Yayınevi; 42-45.
83. Tektaş, A., Karataş, A. (2004). Yapay Sinir Ağları ve Finans Alanında Uygulanması: Hisse Senedi Fiyat Tahminlemesi. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(3-4), 337-348.
84. Thorndike, E. L. (1939). *Your City* (Birinci Baskı). ABD: Harcourt.
85. Top, M. Ş., Özden, S. Y., Sevim, M. E., (2003). Psikiyatride yaşam kalitesi. *Düşünen adam*, 16(1), 18-23.
86. Tosunoğlu, E., Yılmaz, R., Özeren, E., Sağlam, Z. (2021). Eğitimde makine öğrenmesi: araştırmalardaki güncel eğilimler üzerine inceleme. *Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(2), 178-199.
87. Türkmen, M., Özşarı, A. (2020). Covid-19 salgını ve spor sektörüne etkileri. *International Journal of Sport Culture and Science*, 8(2), 55-67.
88. Ülker, M., Civalet, Ö. (2002), The buckling analysis of axially loaded columns with artificial neural networks, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 26(2), 117-126.

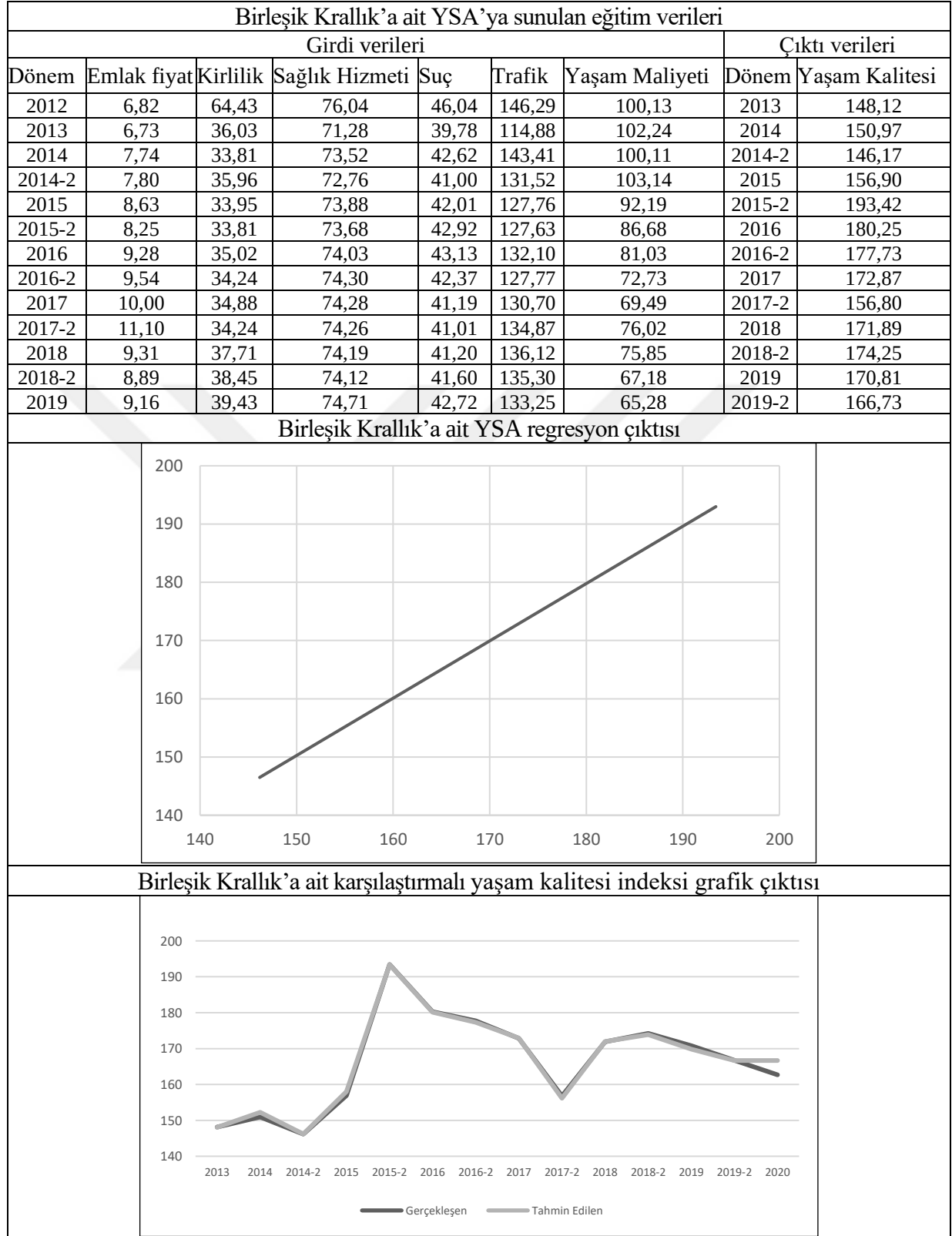
89. Vaishar, A., Vidovicova, L., Figueiredo, E. (2018). Quality of Rural Life. Editorial 16 June 2018. *European Countryside*, 10(2), 180–190.
90. Widrow, B., Hoff, M. E. (1960). Adaptive switching circuits. In *IRE WESCON Convention Record*, 4, 96-104.
91. Yavuz, E. (2020). COVID-19 aşılı. *Türkiye Aile Hekimliği Dergisi*, 24(4), 223-234.
92. Yavuz, S., Deveci, M. (2012). İstatiksel Normalizasyon Tekniklerinin Yapay Sinir Ağın Performansına Etkisi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 40, 167-187.
93. Yetkin, M. (2014). *Tanker-şamandıra bağlama sistemlerinin yapay sinir ağları tekniğiyle optimizasyonu*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
94. Yıldız, B. (2009). *Finansal Analizde Yapay Zekâ* (Birinci Baskı). Türkiye: Detay Yayıncılık, 110.
95. Yılmaz, A. (2021). *Zaman serisi öngörüsünde dendrit yapay sinir ağları için parçacık sürü optimizasyonuna dayalı dayanıklı öğrenme algoritması*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.
96. Yorulmaz, M., Kırac, R., Aydoğdu, A. (2021). Evaluation of the size of economic measures against COVID-19: The Case of the USA, Germany, England, Italy And Turkey. *International Anatolia Academic Online Journal*, 7(1), 161-175.
97. Zhang, G., Patuwo, B. E., Hu, M. Y. (1998), Forecasting with artificial neural networks: the state of the art. *International Journal of Forecasting*, 14(1), 35-62.
98. İnternet: Heritage, Index of Economic Freedom. URL: <https://www.heritage.org/index>, Son Erişim Tarihi: 28.03.2022.
99. İnternet: Kabalcı, E. Yapay Sinir Ağları Ders Notları. URL: <https://ekblc.files.wordpress.com/2013/09/ysa.pdf>, Son Erişim Tarihi: 28.03.2022.
100. İnternet: MathWorks, Deep Learning Toolbox. URL: <https://www.mathworks.com>, Son Erişim Tarihi: 28.03.2022.
101. İnternet: Numbeo, Quality of Life Index. URL: <https://www.numbeo.com>, Son Erişim Tarihi: 28.03.2022.
102. İnternet: Prosperity, Yaşam Kalitesi İndeksi, Legatum Institute, URL: <https://www.prosperity.com>, Son Erişim Tarihi: 28.03.2022.
103. İnternet: WHO, Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard. URL: <https://covid19.who.int>, Son Erişim Tarihi: 28.03.2022.



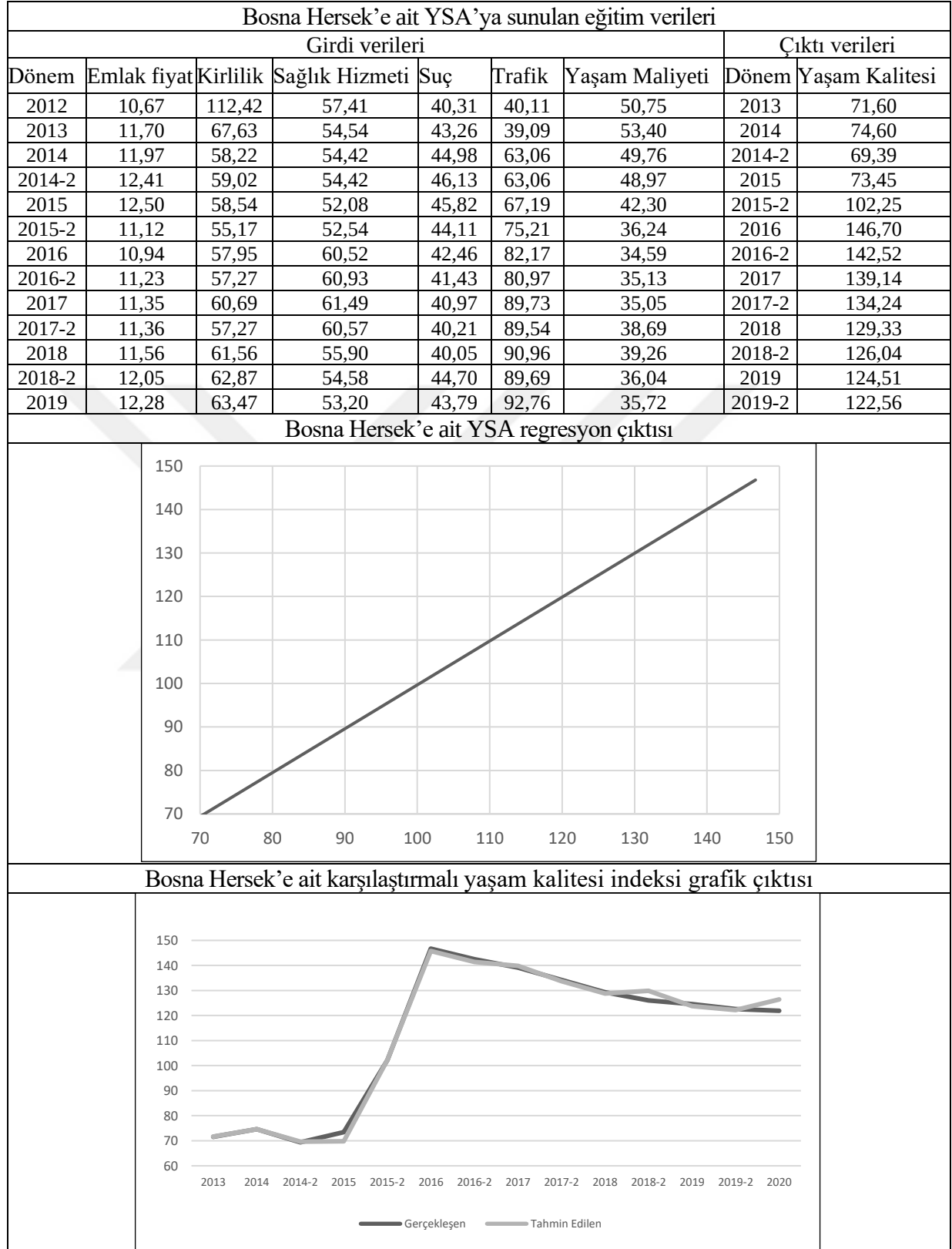
EK-2. Belçika'ya ait YSA



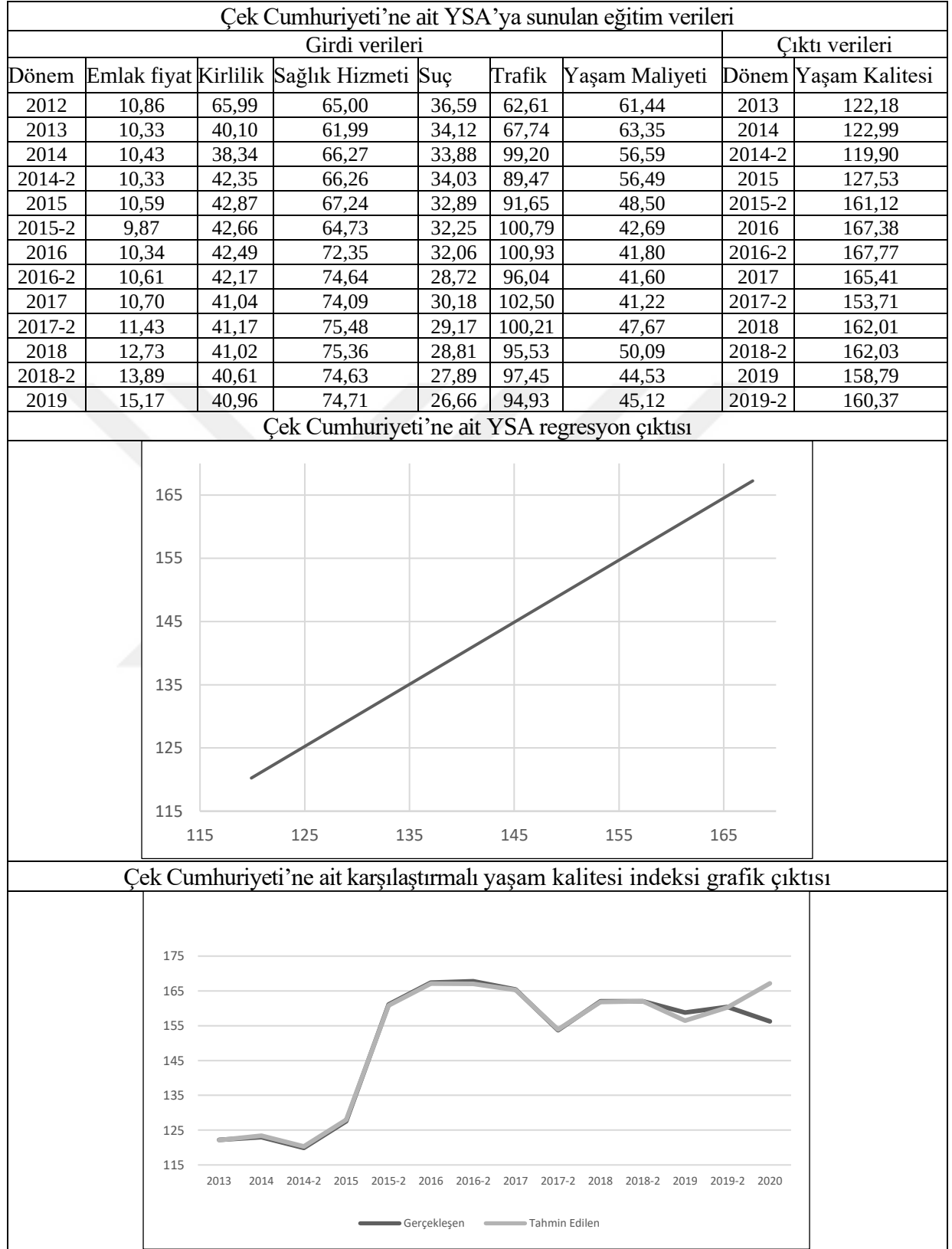
EK-3. Birleşik Krallık'a ait YSA



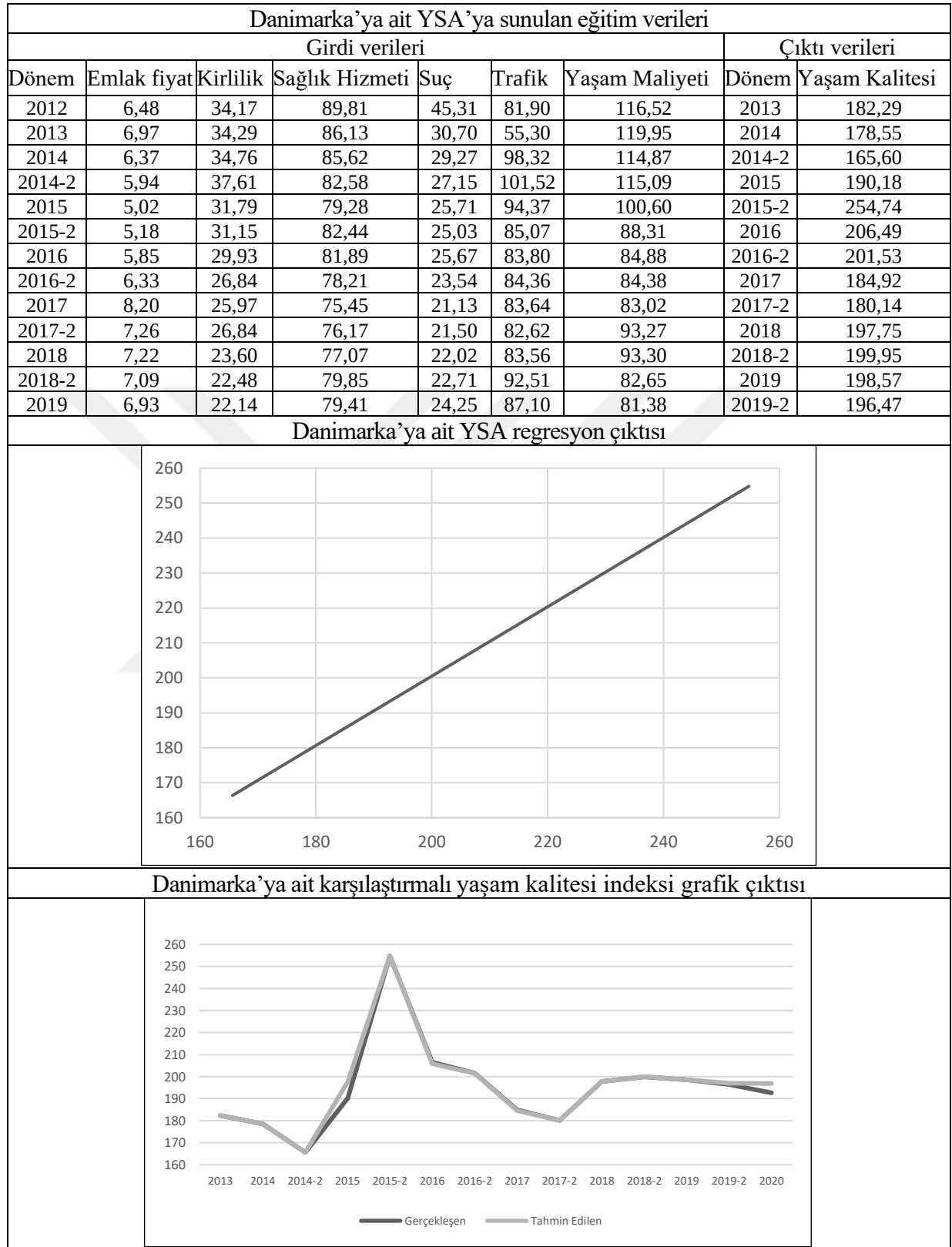
EK-4. Bosna Hersek'e ait YSA



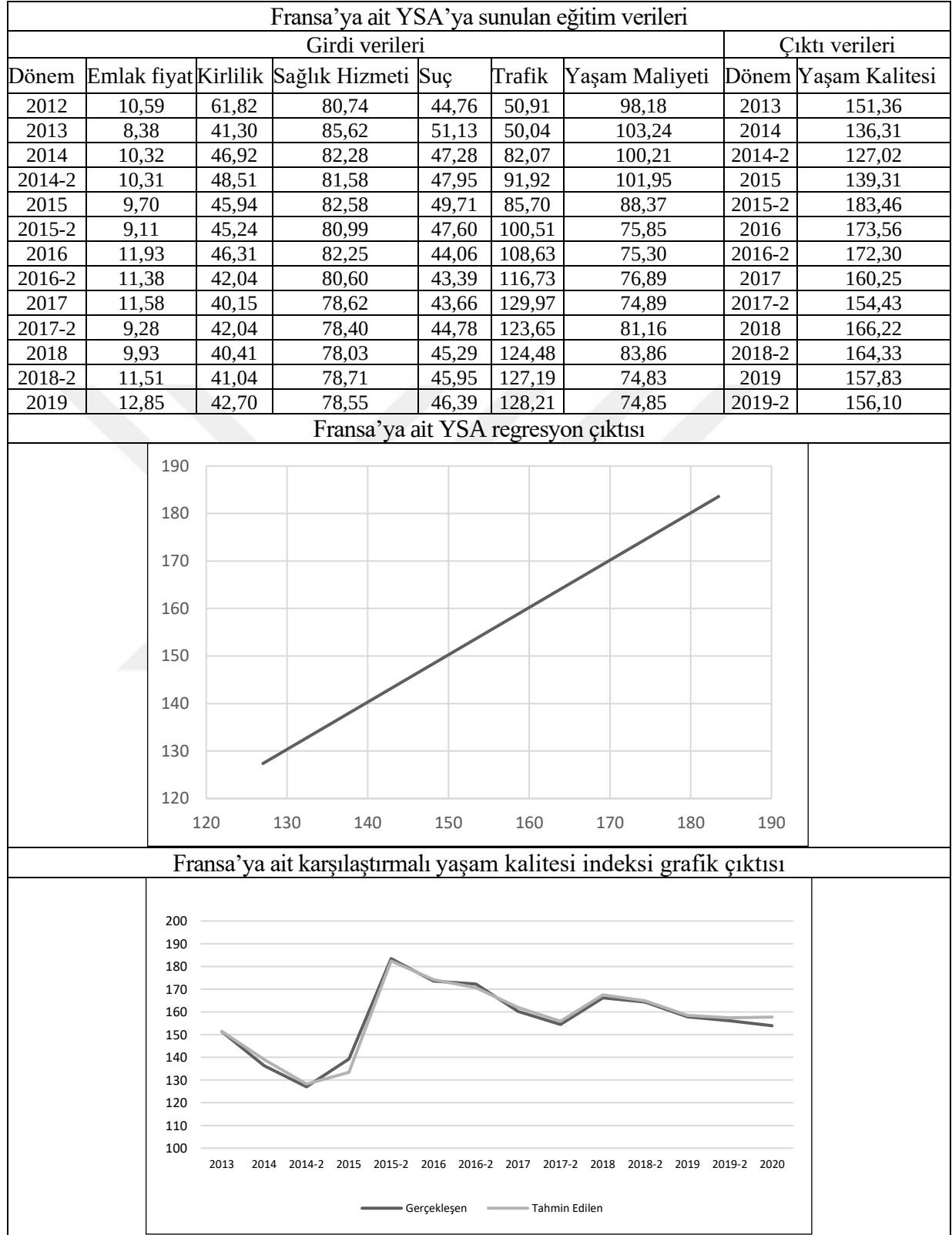
EK-5. Çek Cumhuriyeti'ne ait YSA



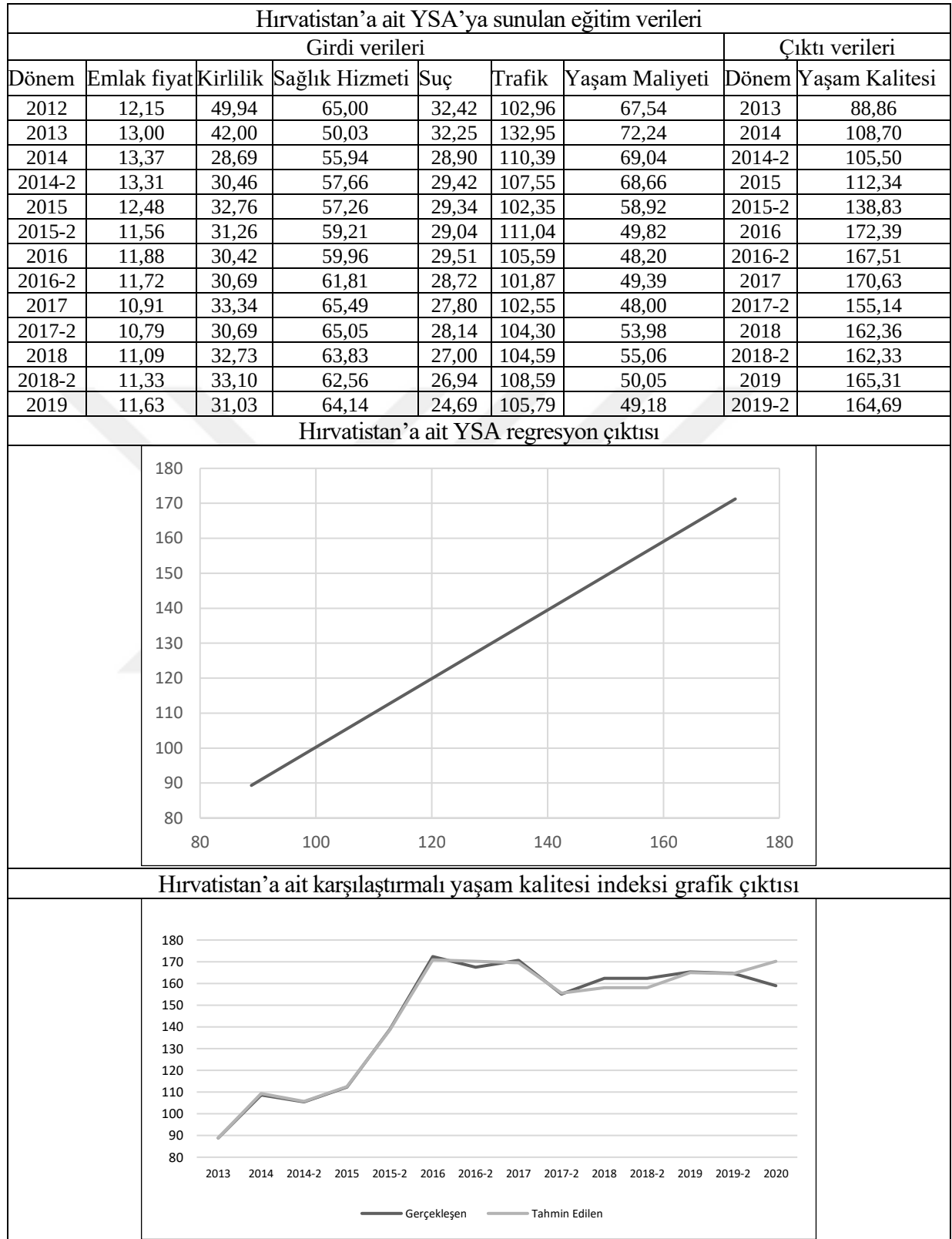
EK-6. Danimarka'ya ait YSA



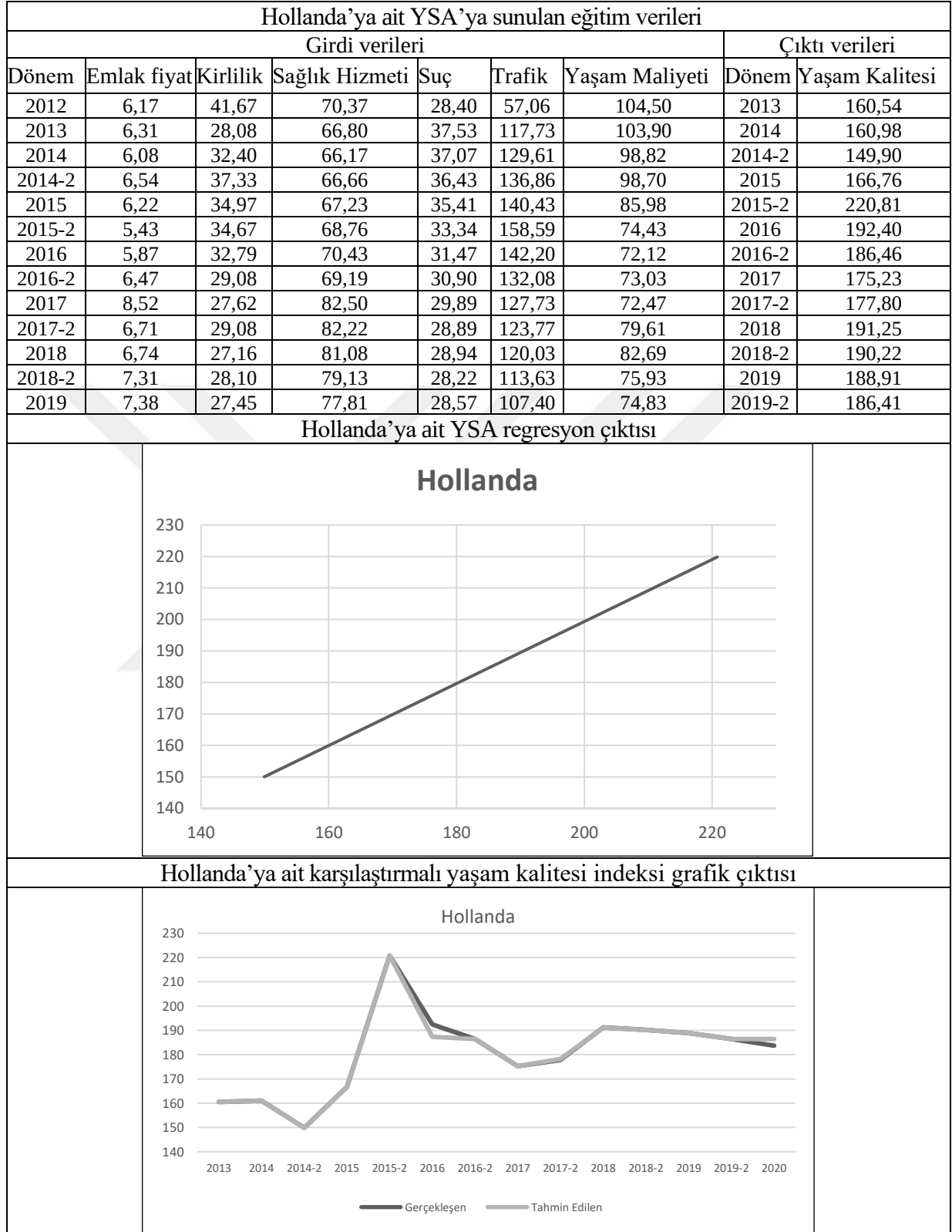
EK-7. Fransa'ya ait YSA



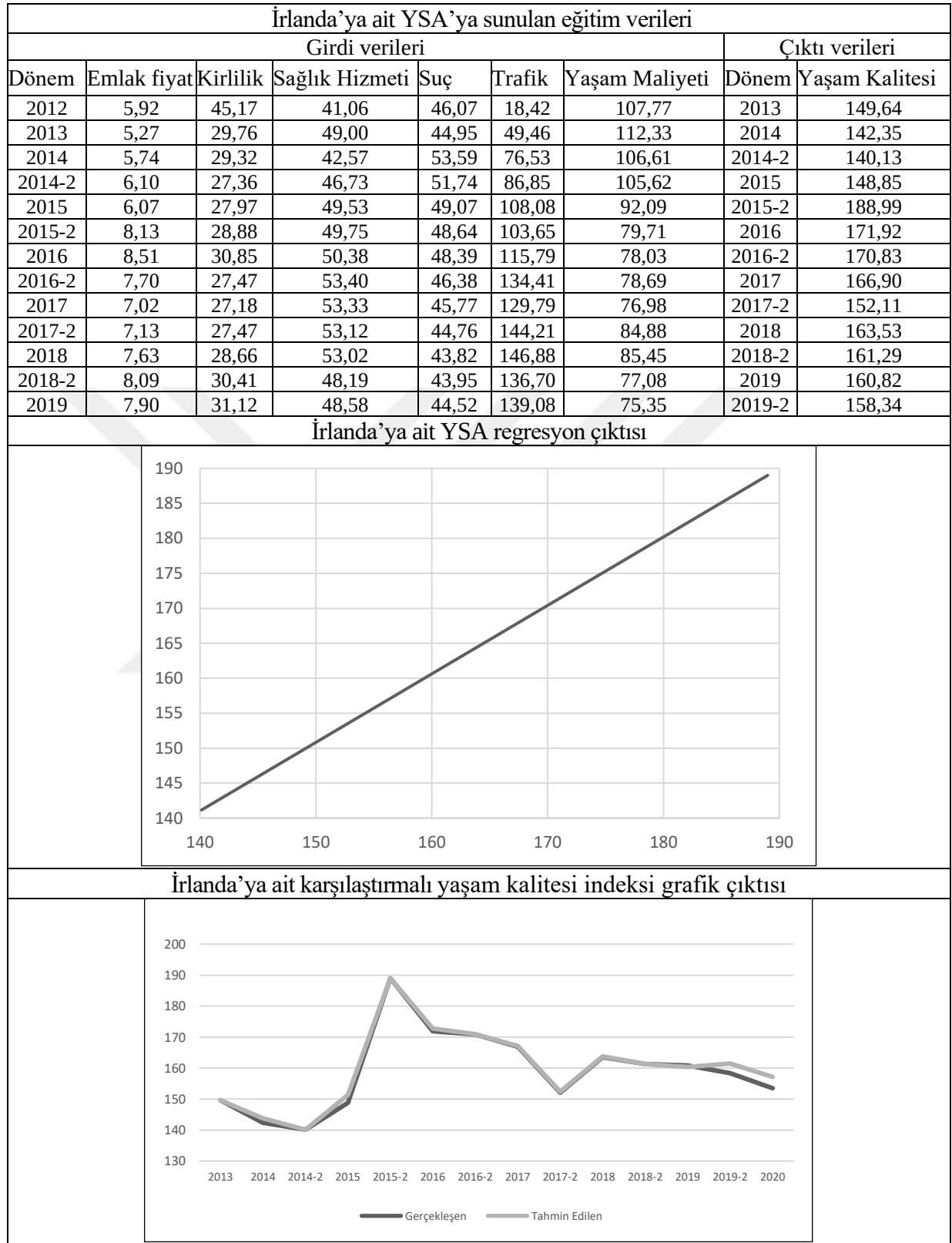
EK-8. Hırvatistan'a ait YSA



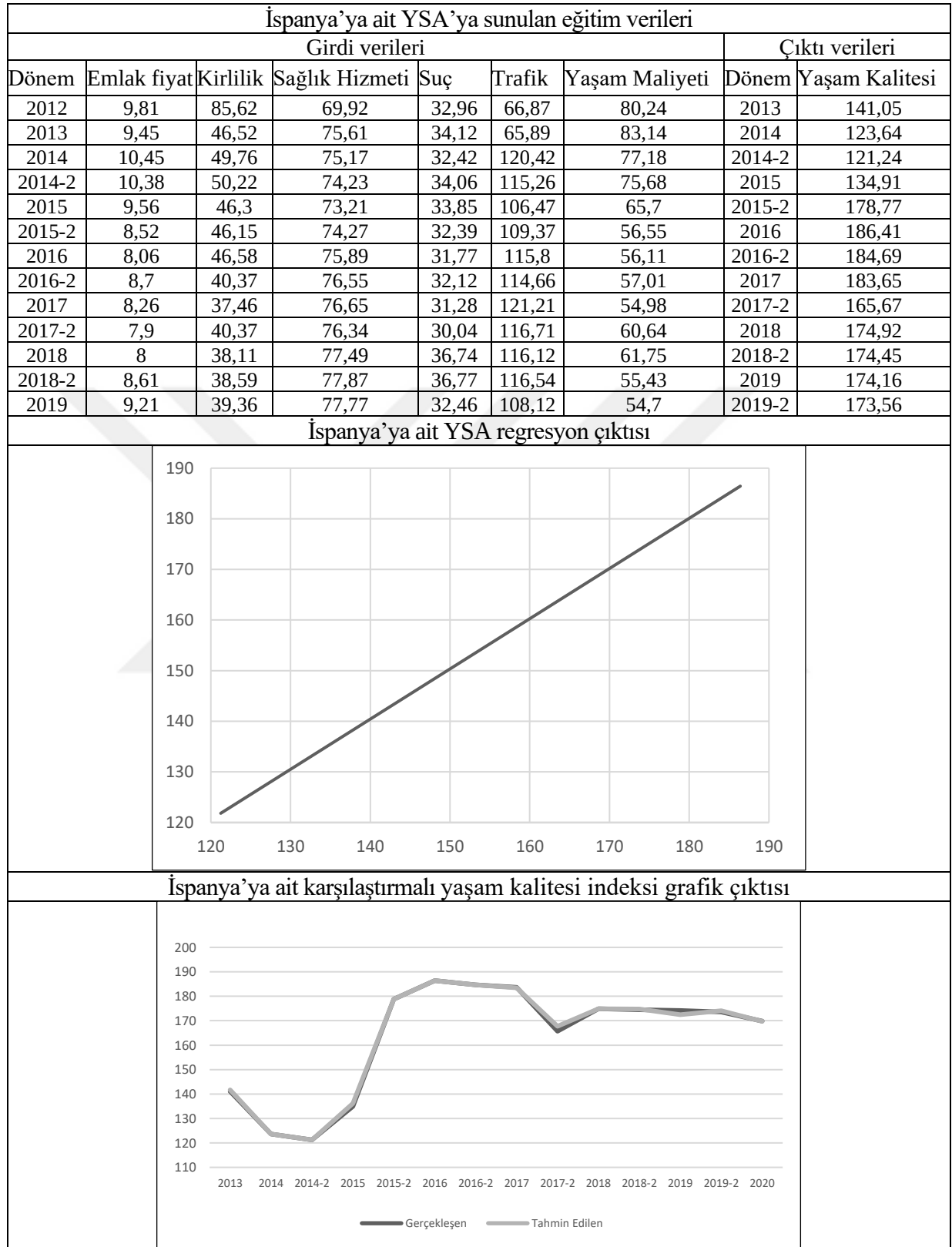
EK-9. Hollanda'ya ait YSA



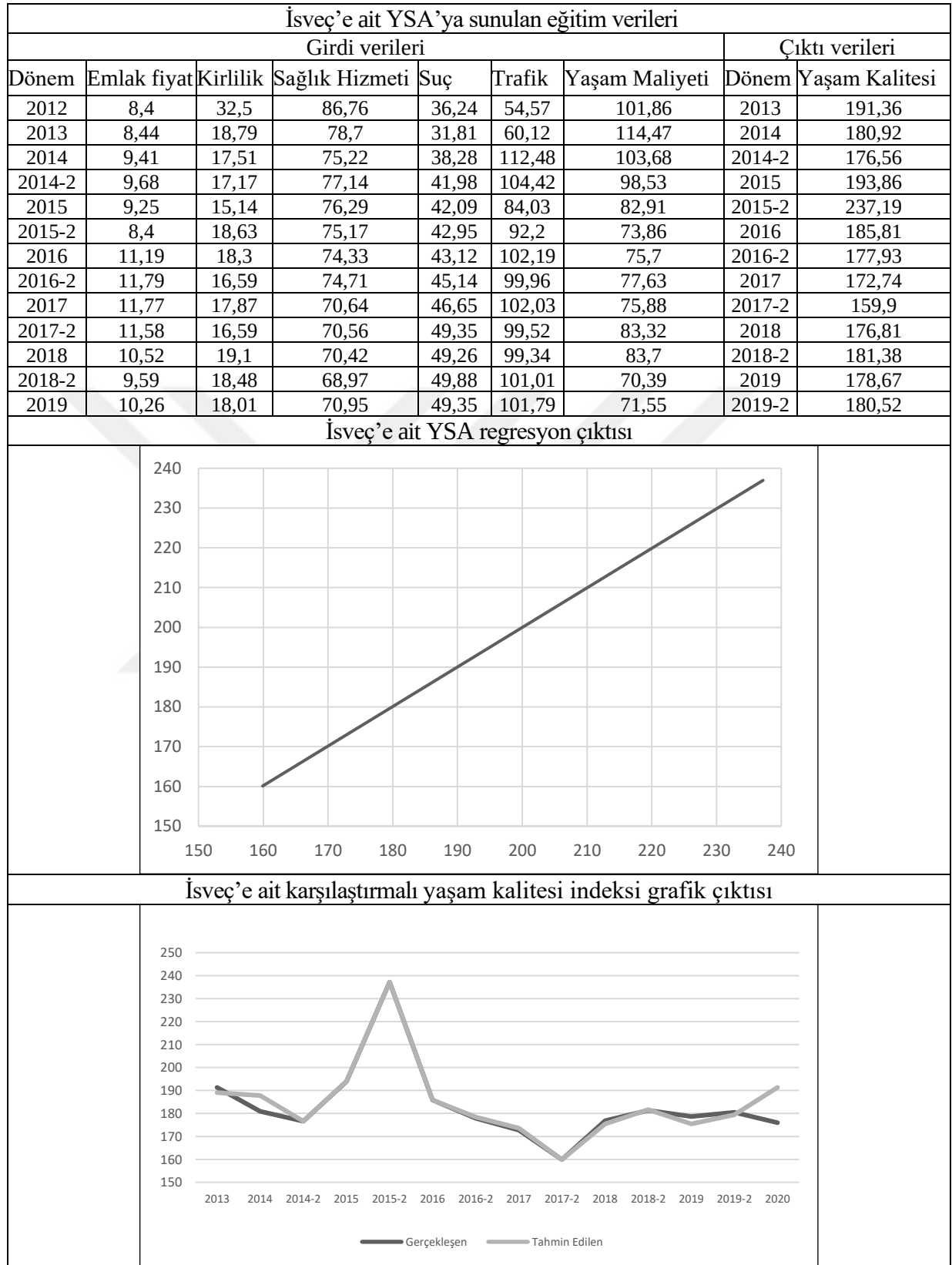
EK-10. İrlanda'ya ait YSA



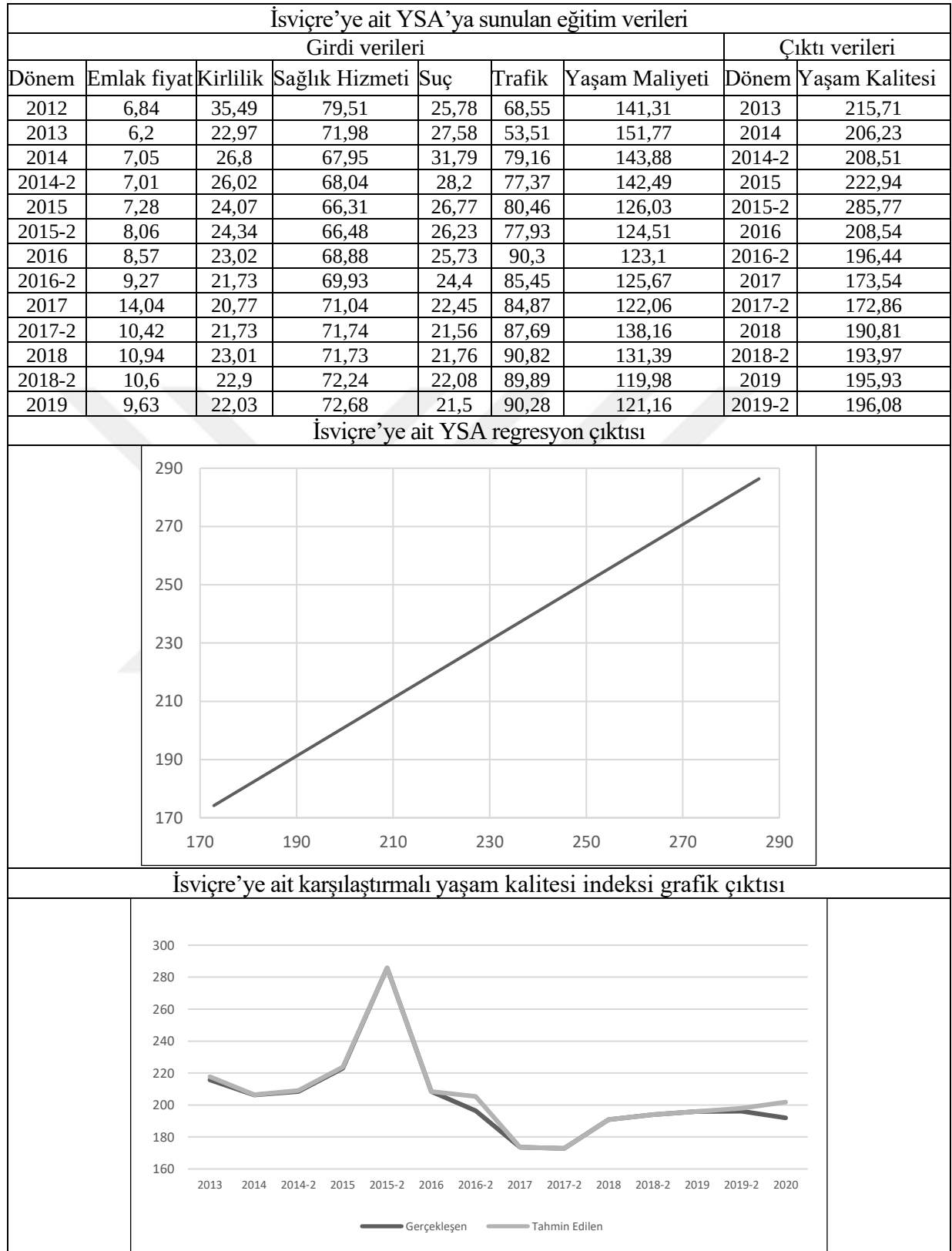
EK-11. İspanya'ya ait YSA



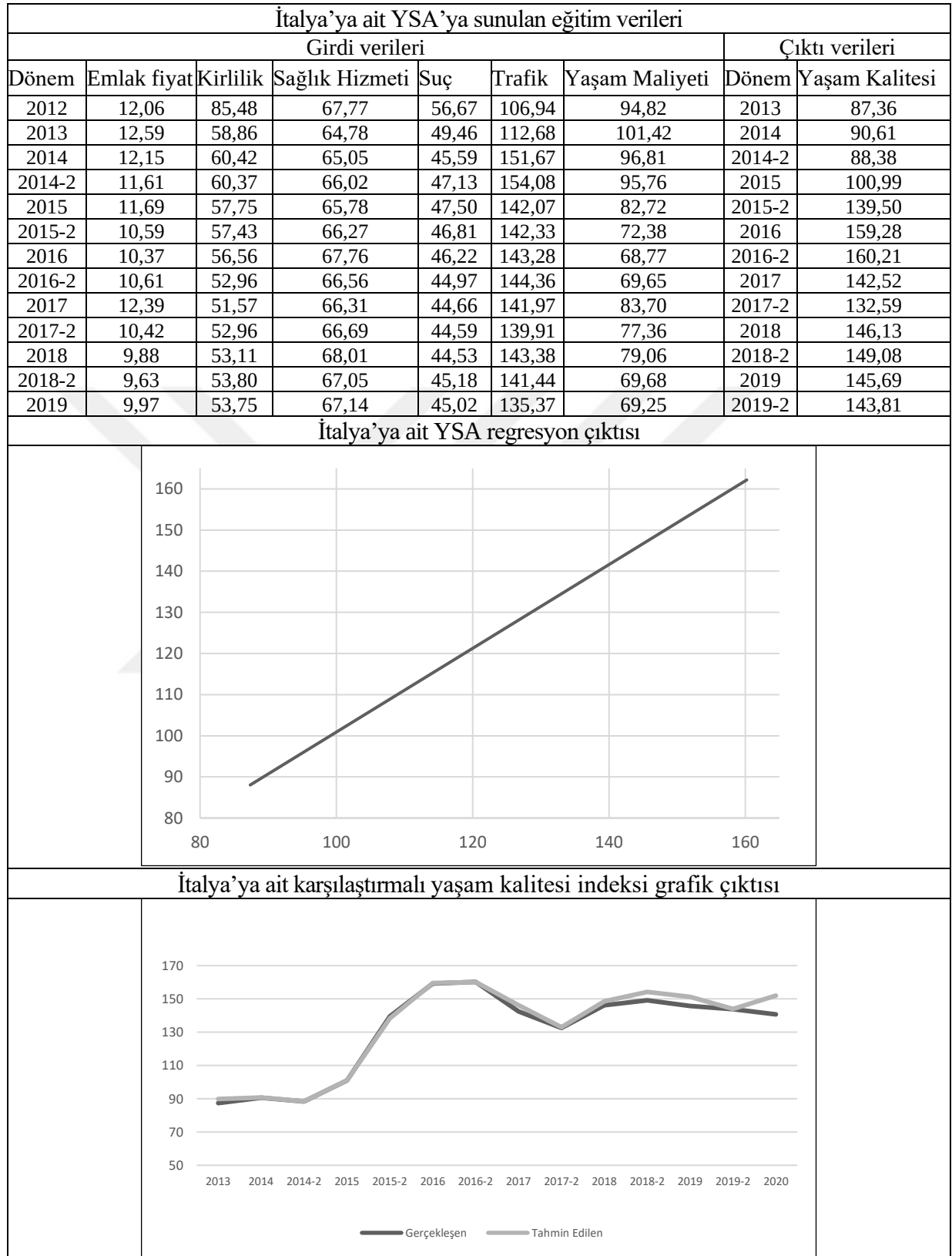
EK-12. İsveç'e ait YSA



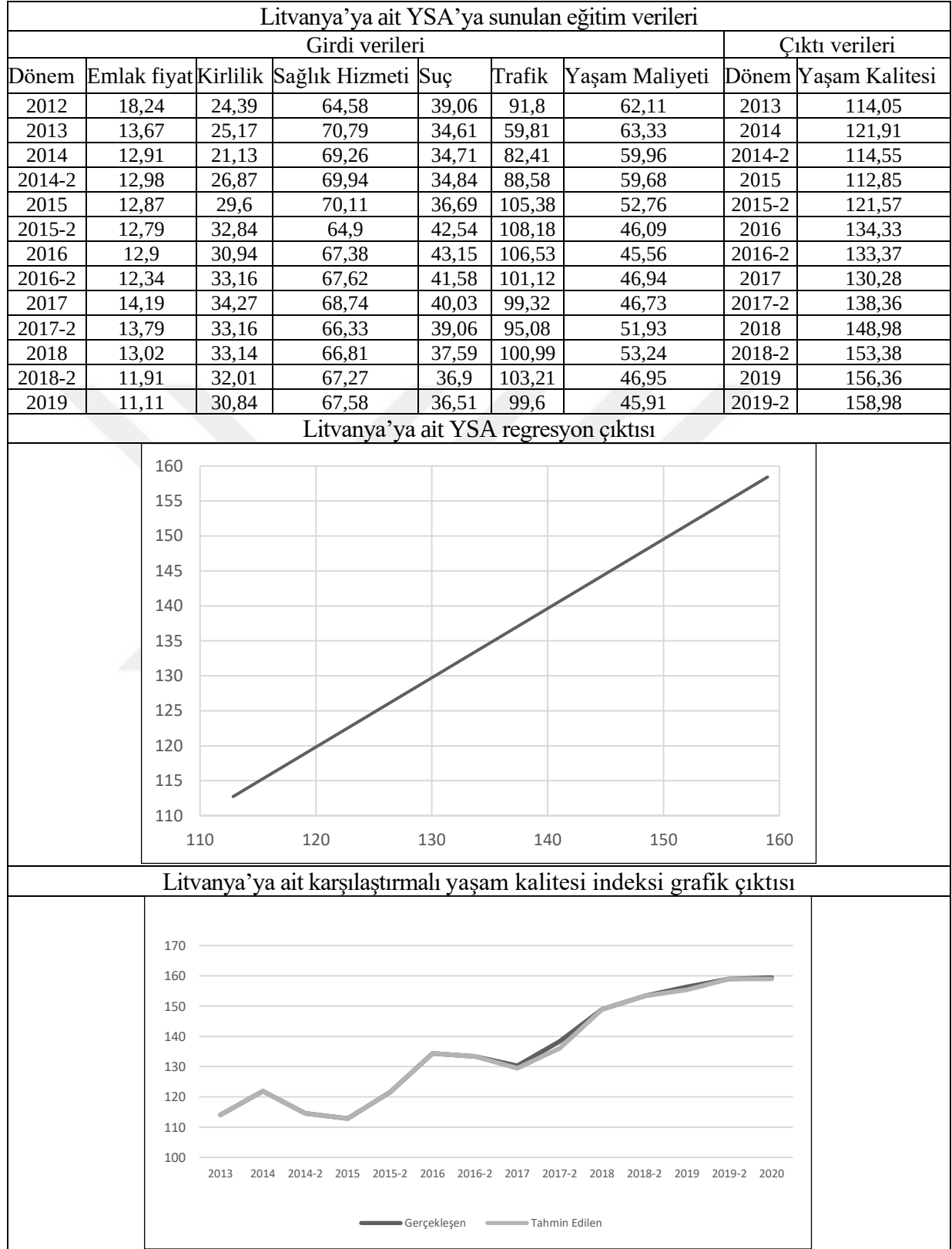
EK-13. İsviçre'ye ait YSA



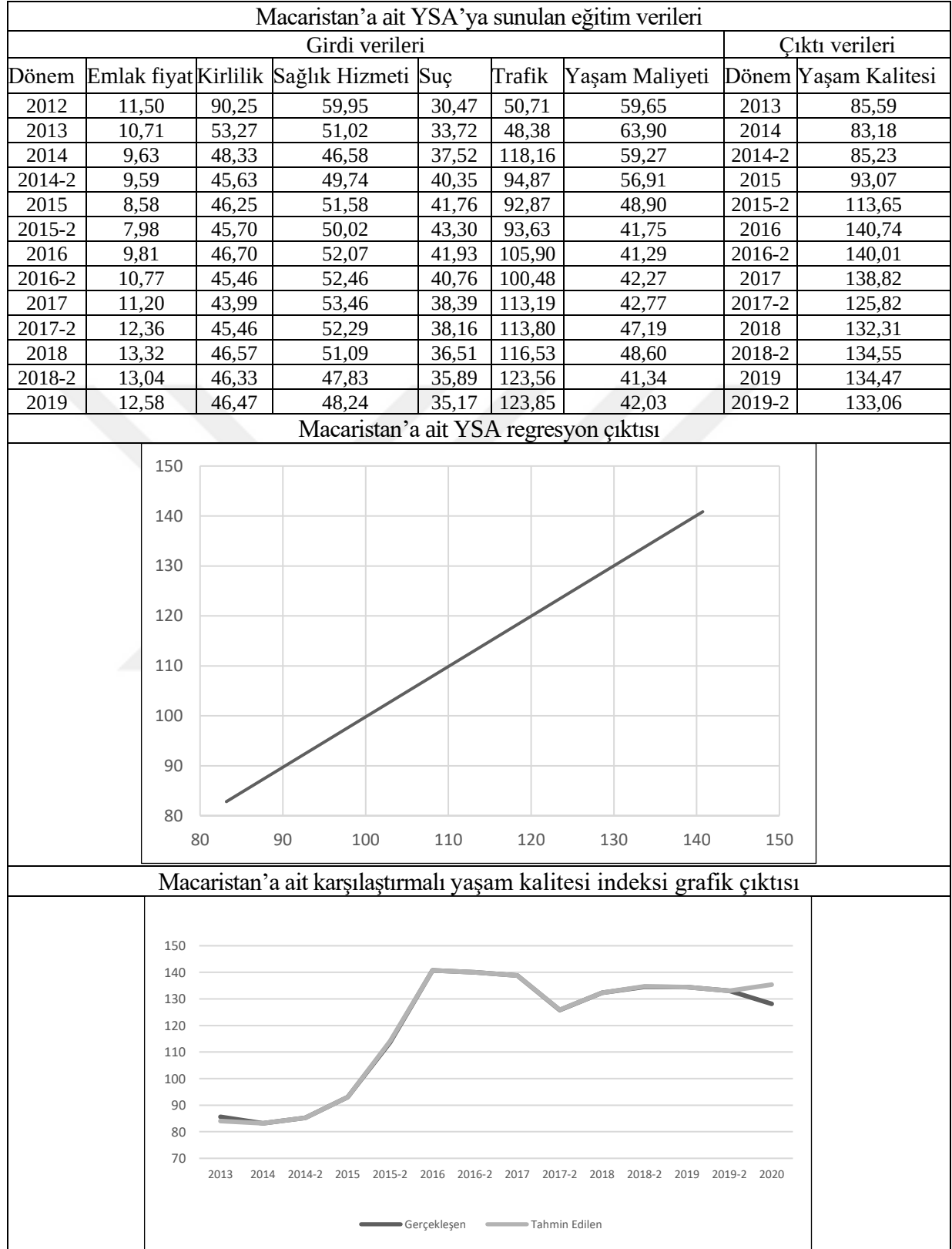
EK-14. İtalya'ya ait YSA



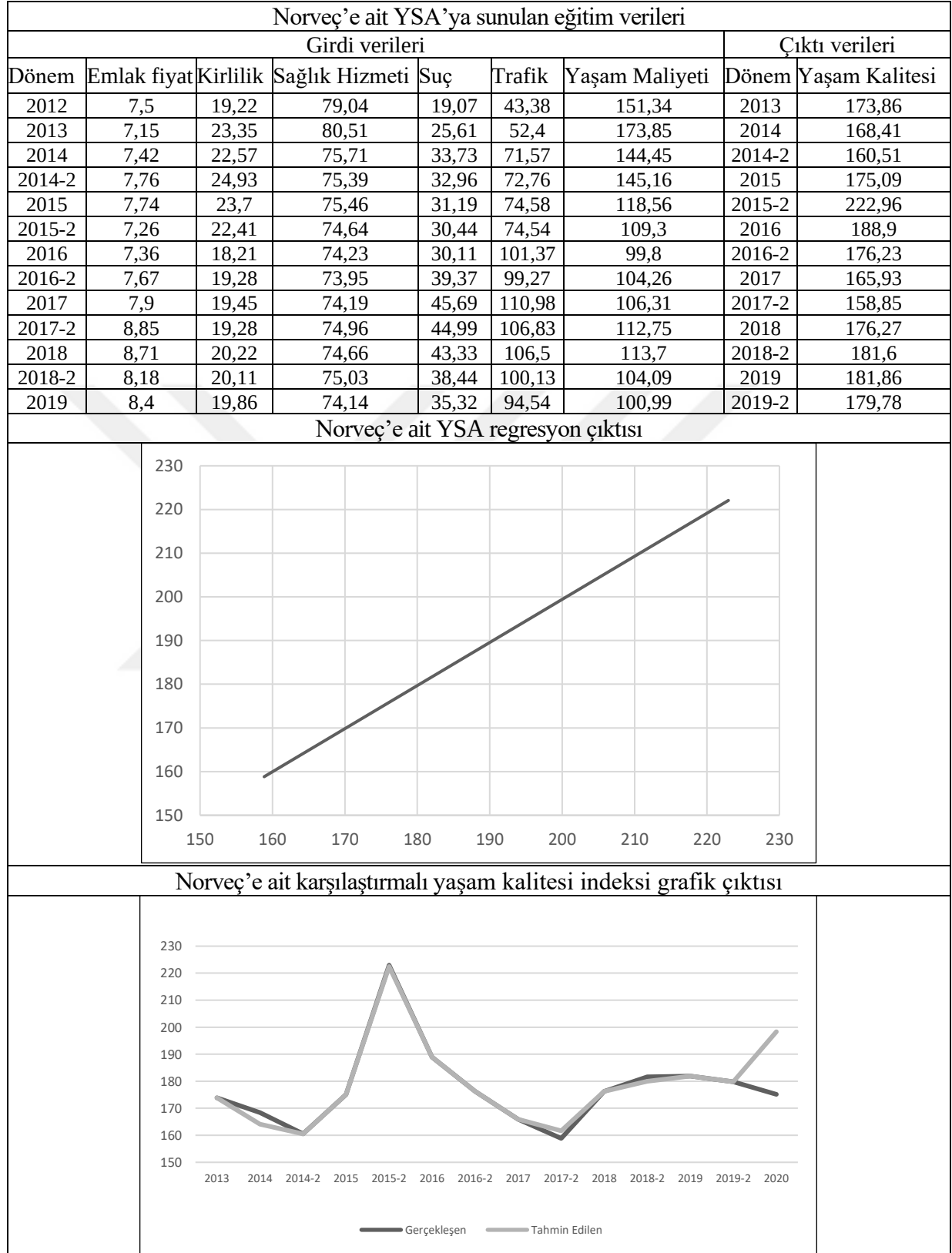
EK-15. Litvanya'ya ait YSA



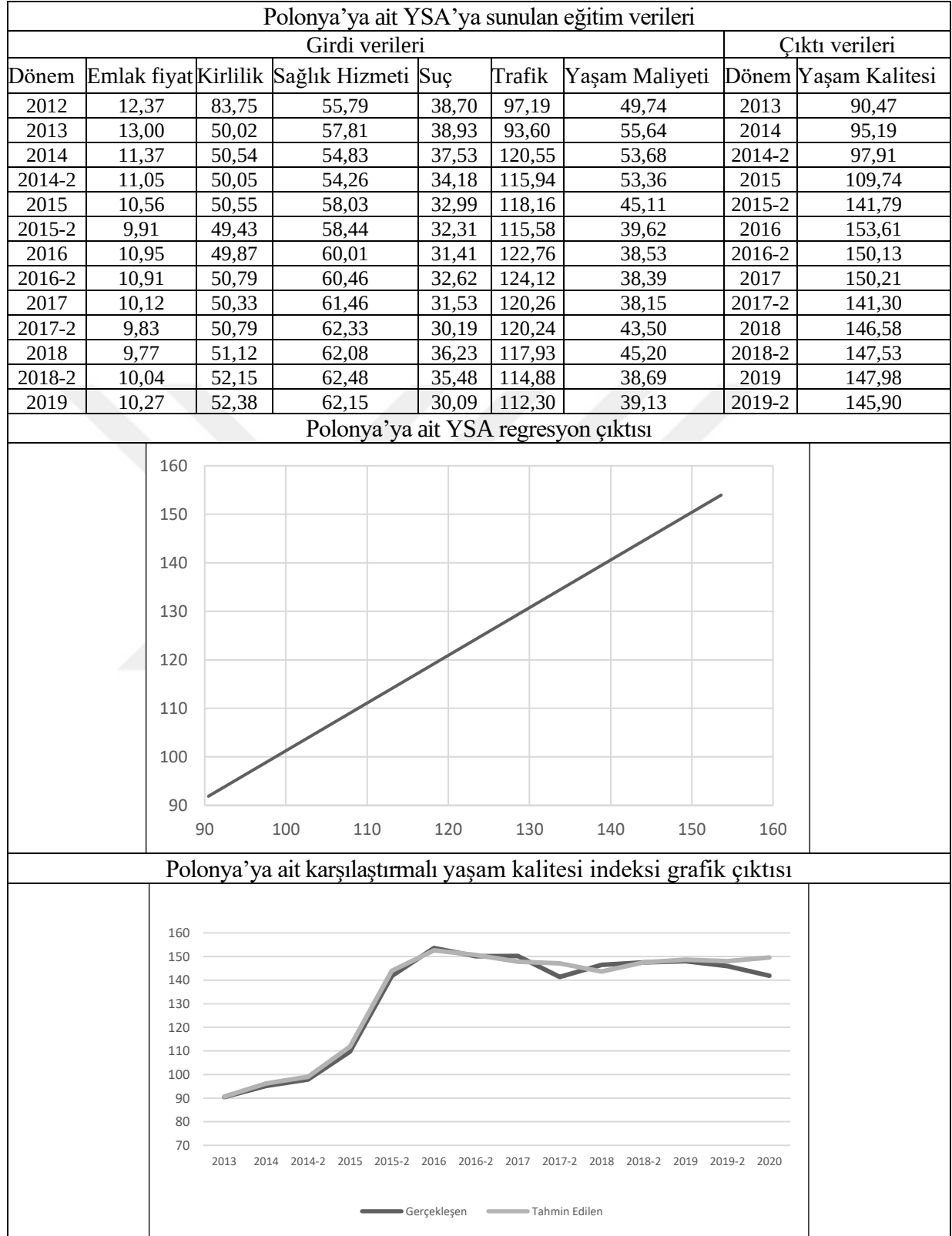
EK-16. Macaristan'a ait YSA



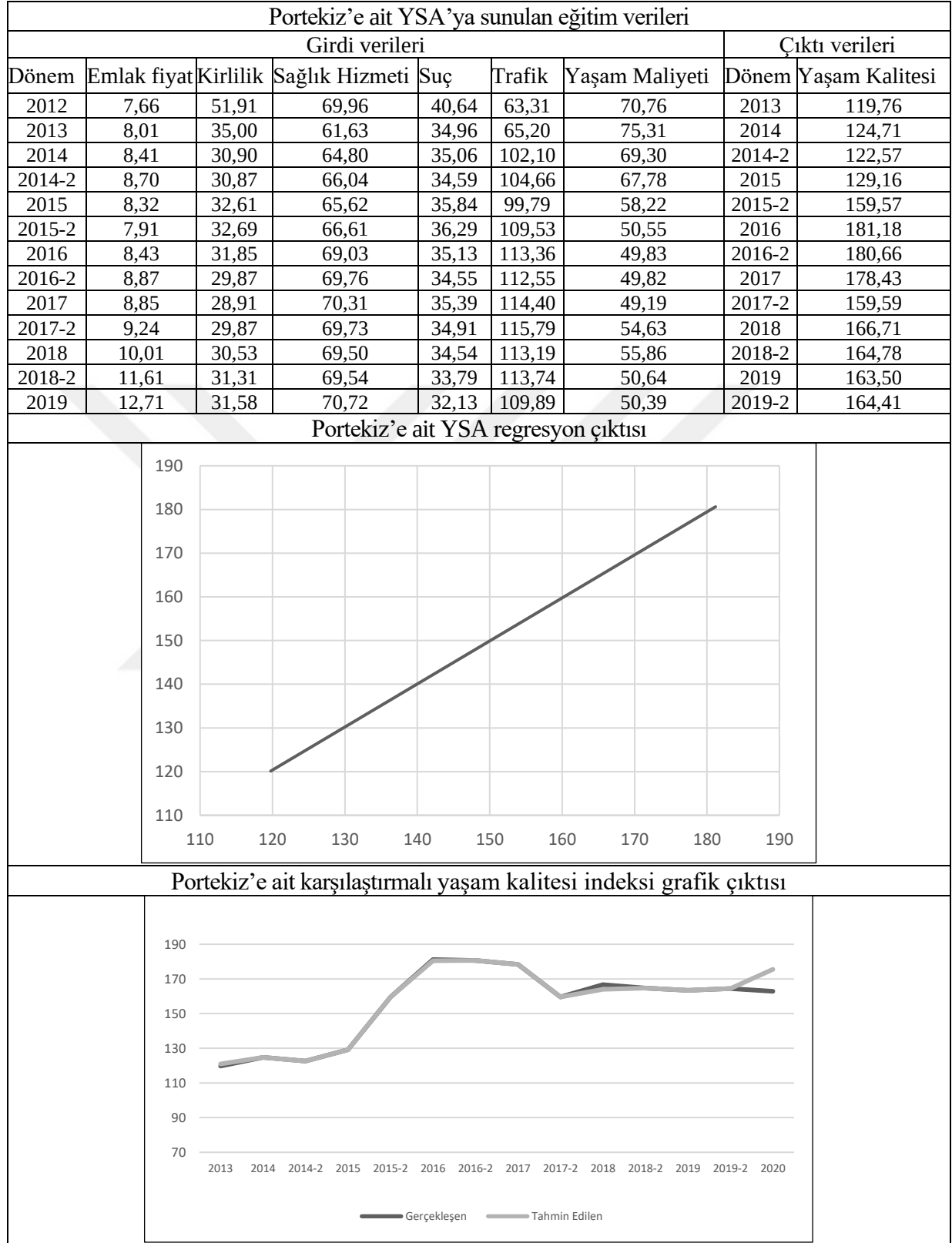
EK-17. Norveç'e ait YSA



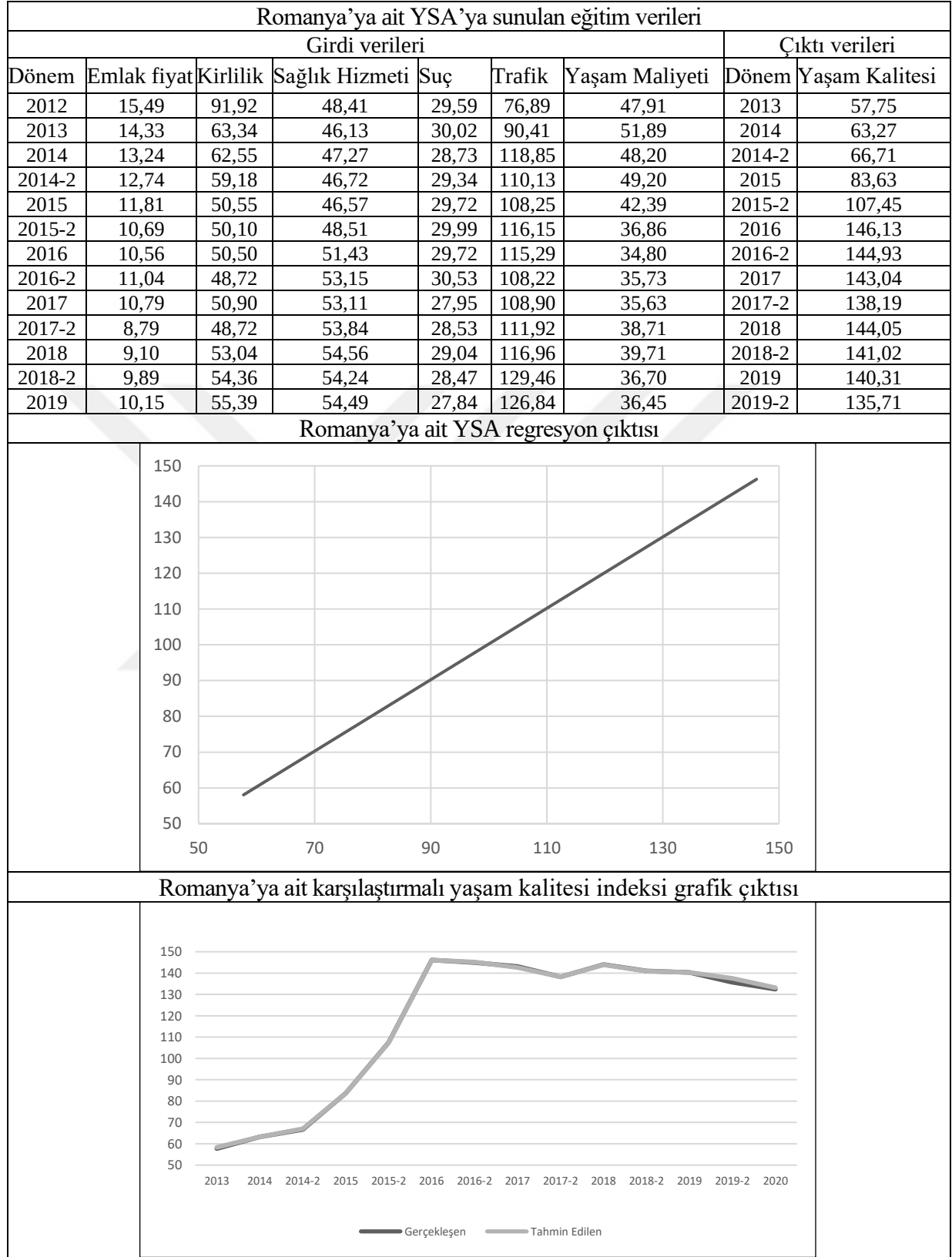
EK-18. Polonya'ya ait YSA



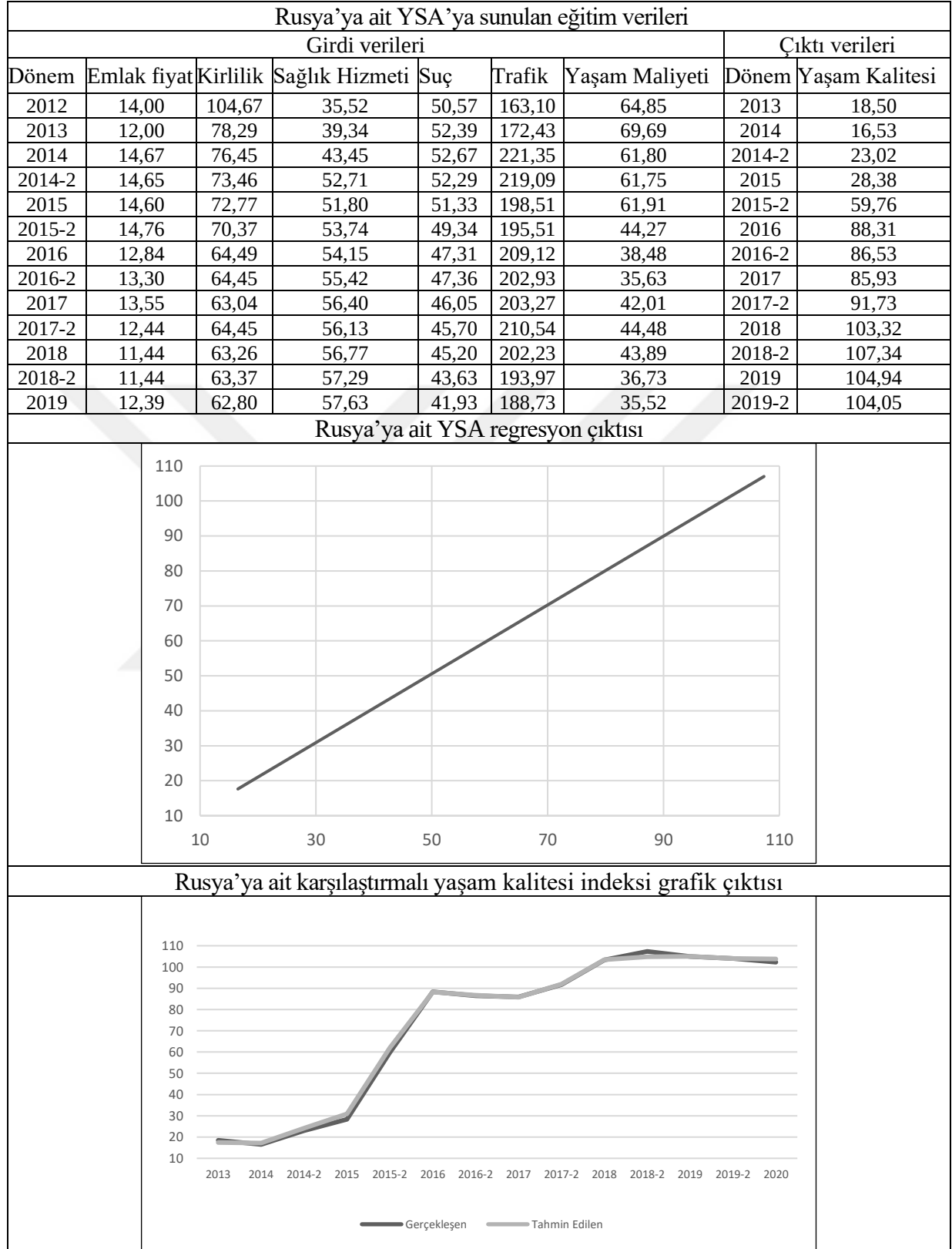
EK-19. Portekiz'e ait YSA



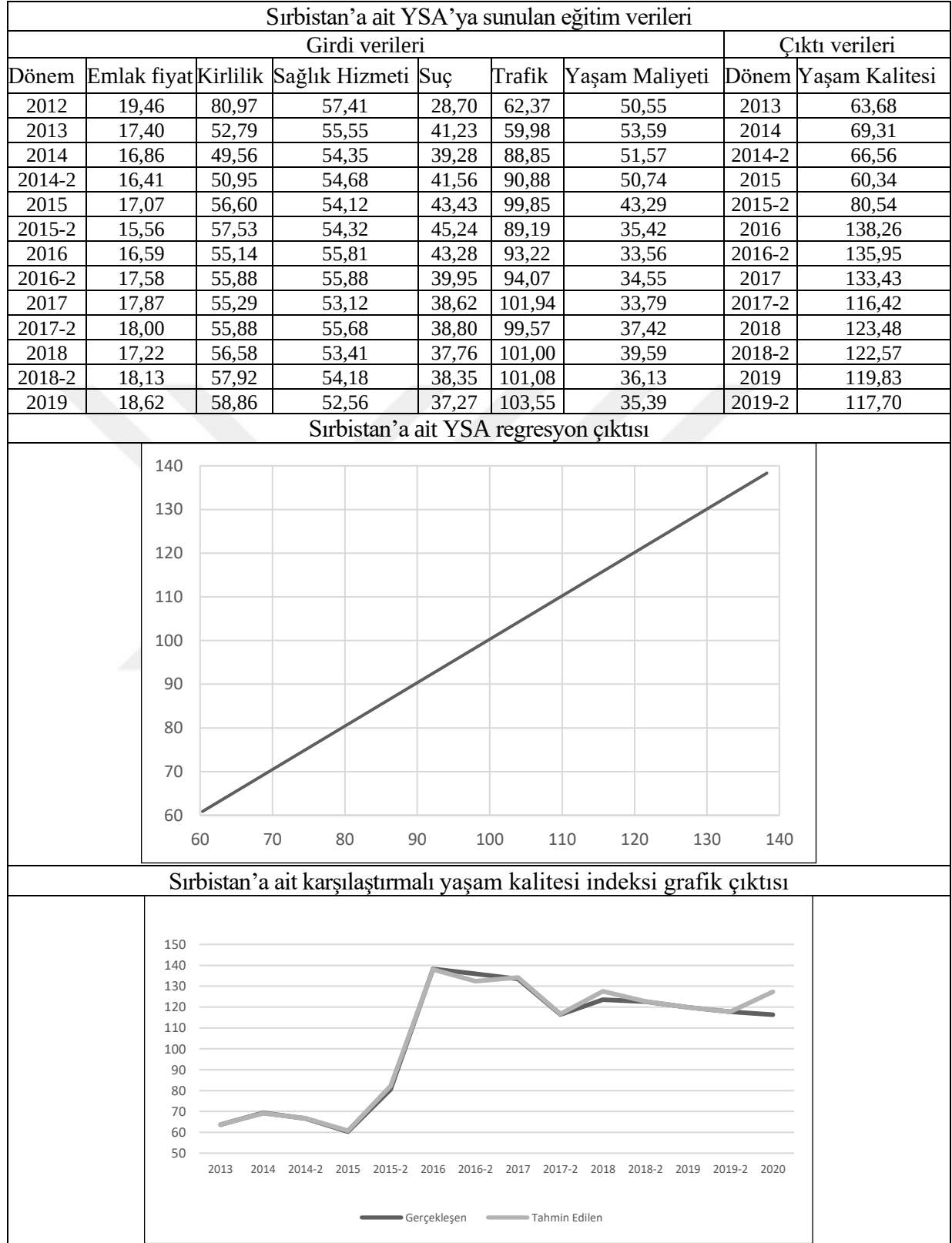
EK-20. Romanya'ya ait YSA



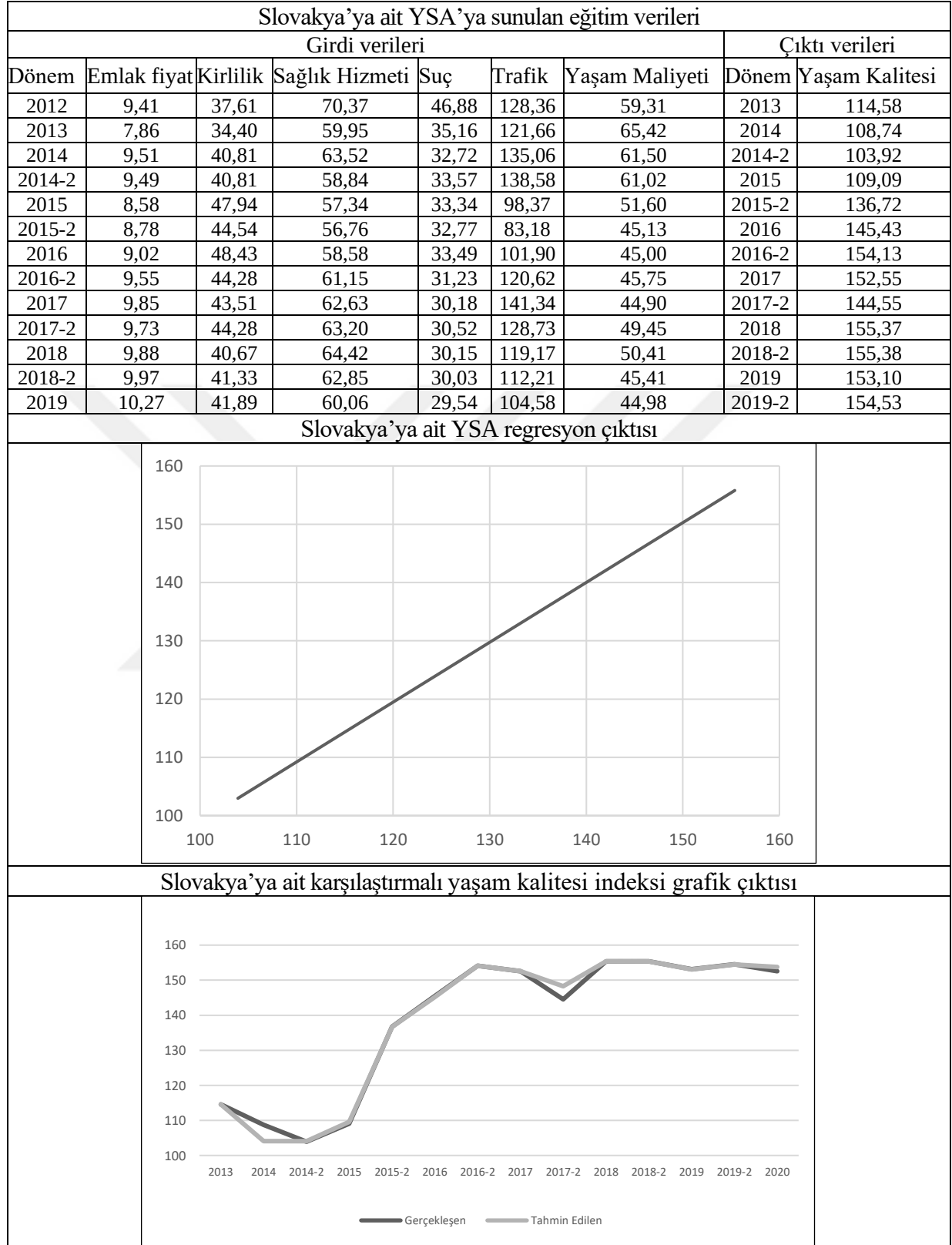
EK-21. Rusya'ya ait YSA



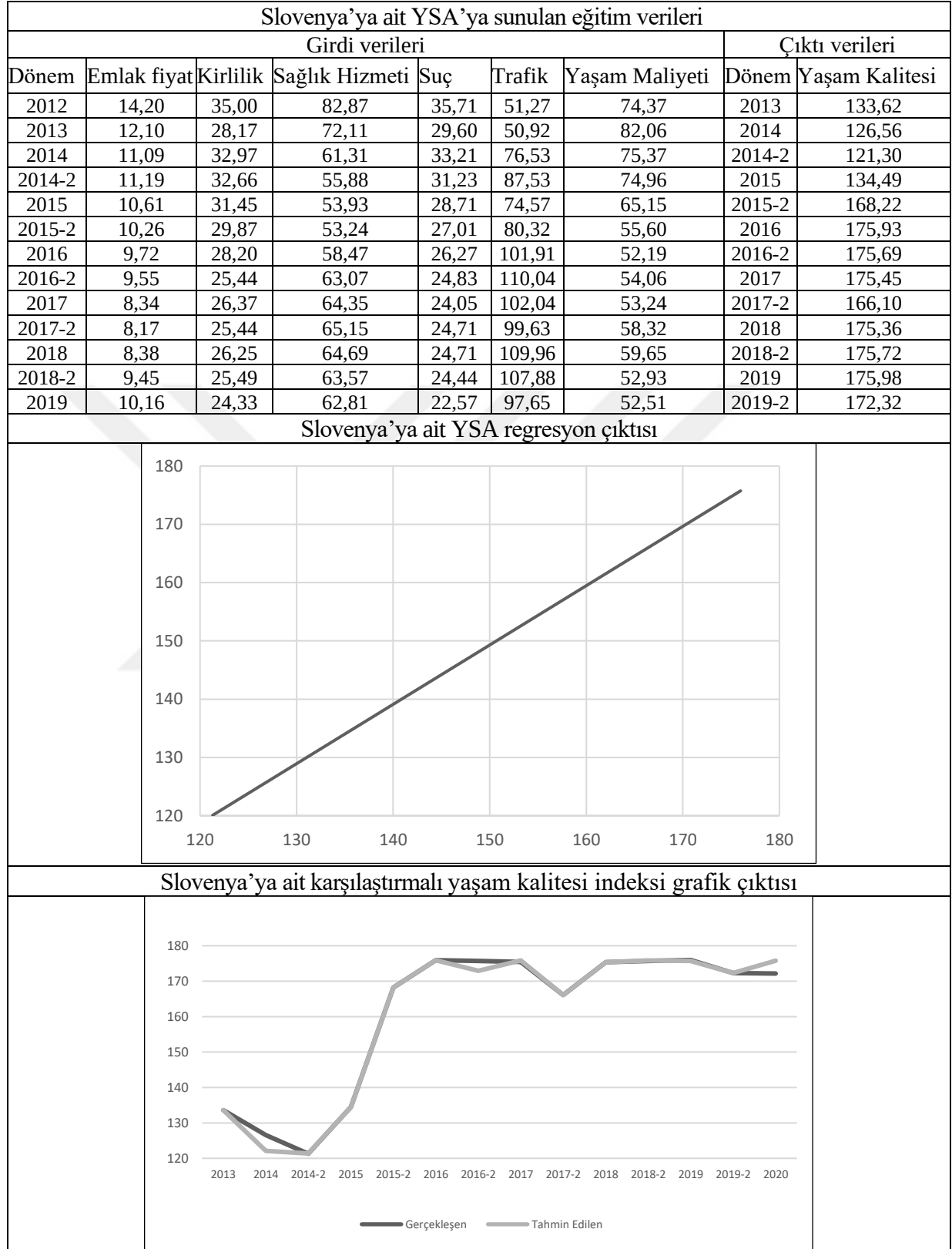
EK-22. Sırbistan'a ait YSA



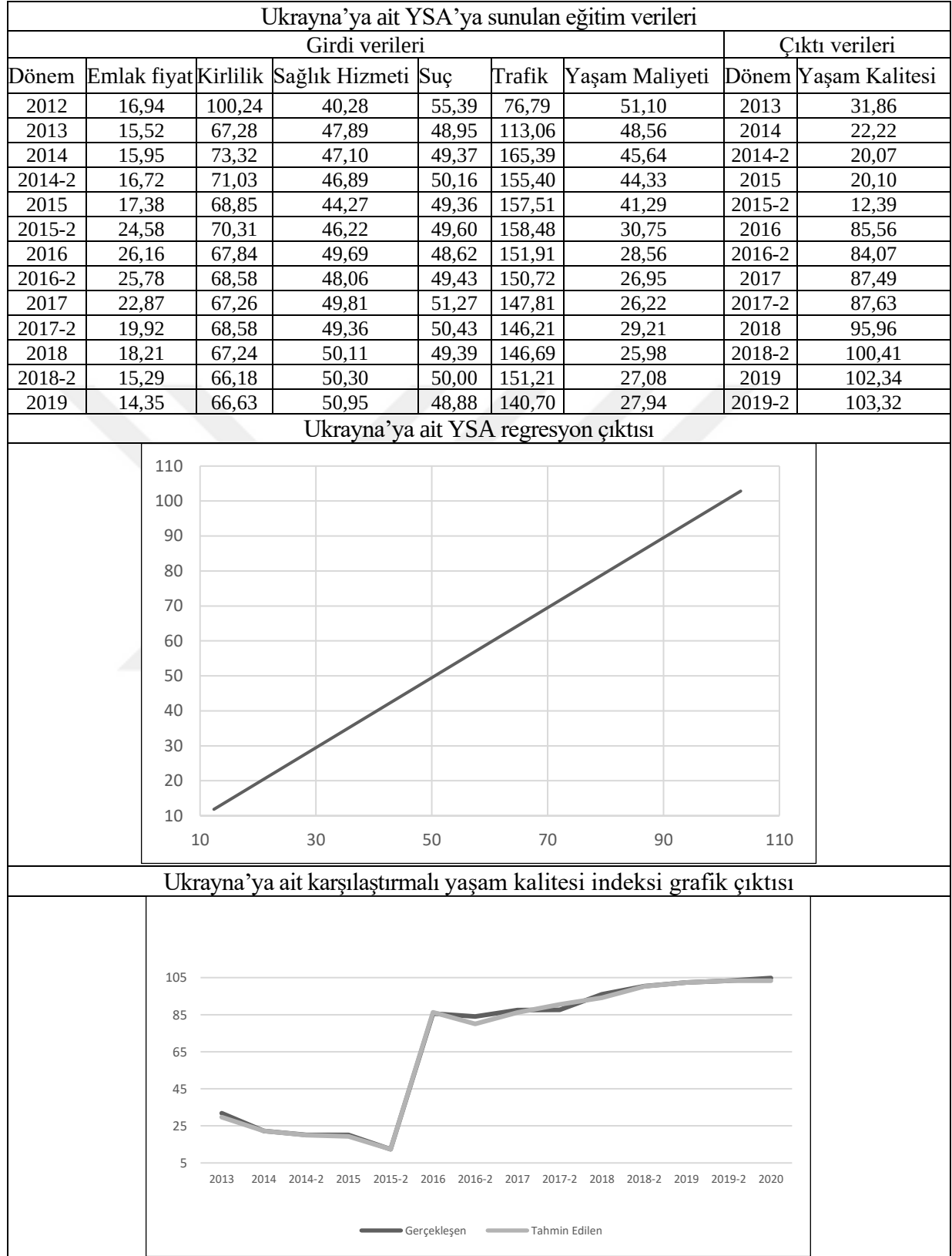
EK-23. Slovakya'ya ait YSA



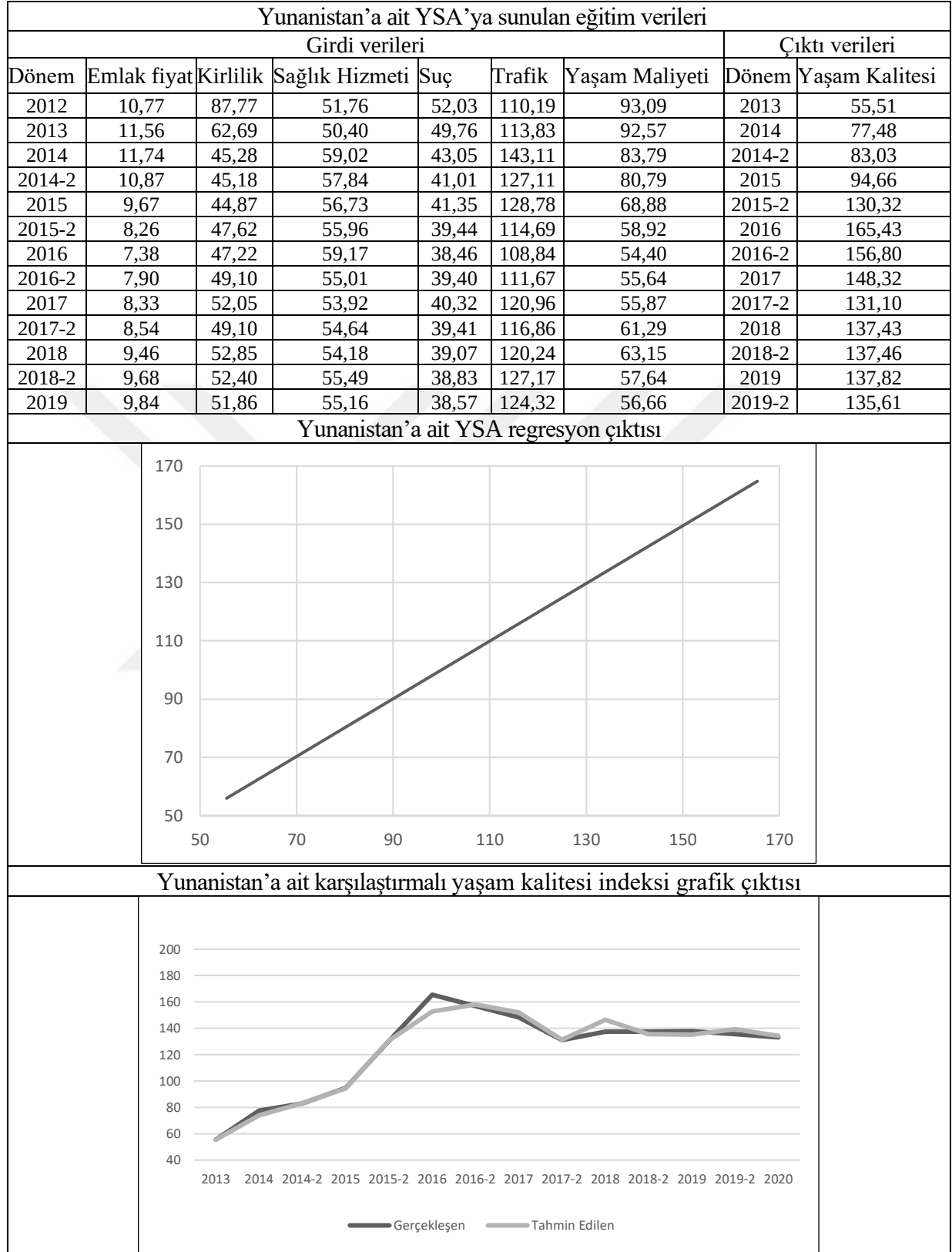
EK-24. Slovenya'ya ait YSA



EK-25. Ukrayna'ya ait YSA



EK-26. Yunanistan'a ait YSA





GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR...