



# DÜNYA SAĞLIK ÖRGÜTÜ'NE ÜYE ÜLKELERİN DOĞUMDA BEKLENEN YAŞAM SÜRESİ BAKIMINDAN VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMLERİ KULLANILARAK SINIFLANDIRILMASI

Songül ÇINAROĞLU \*

Keziban AVCI \*\*

## Özet

Sağlık sistemlerinin performansının karşılaştırılmasında temel hedef etkililiği ve etkinliği yüksek bir sağlık sistemine ulaşmaktır. Doğumda beklenen yaşam süresi bu karşılaştırmalarda sıklıkla kullanılan bir göstergedir. Bu çalışmada Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'ne üye olan 193 ülkenin doğumda beklenen yaşam süresi bakımından farklı veri madenciliği yöntemleri kullanılarak sınıflandırılmıştır. Çalışmanın temel amacı farklı veri madenciliği yöntemlerinin sınıflama performanslarının karşılaştırılması olarak belirlenmiştir. Bu amaçla ID.3, C4.5 ve CART algoritmalarından yararlanılarak oluşturulan üç ayrı karar ağacı modeli ve 50, 100 ve 150 ağaç türetilerek oluşturulan Random Forest performans sonuçları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Random Forest performans sonuçlarının karar ağaçlarına göre daha iyi olduğu görülmüştür. Ulaşılan bir diğer sonuç ise oluşturulan karar ağaçlarında doğumda beklenen yaşam süresinin öngörülmesinde yetişkin mortalite oranının bilgi kazancı en yüksek değişken olduğudur. Araştırma sonuçları sağlık sistemleri performansını karşılaştırmayı amaçlayan küresel sağlık yöneticileri için yararlı bilgiler sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Veri Madenciliği, Doğumda Beklenen Yaşam Süresi, Karar Ağacı, Random Forest  
**Jel Sınıflaması:** C53, I10, C38.

## Abstract

The main purpose of comparison of the health systems' performance is to reach a high level of effectiveness and efficiency of the health care systems. Life expectancy at birth is an indicator commonly used in these comparisons. In this study 193 countries which are member of World Health Organization (WHO) classified by using different data mining methods. The main aim of this study is to compare different data mining methods classification performance. For this purpose three decision tree models which are created using ID.3, C4.5 and CART algorithms compared with Random Forest performance results which are created with 50, 100 and 150 trees. At the end of the study it was seen that Random Forest performance results better than decision trees. Another result of the study was life expectancy at birth has the most high information gain. Results of this study provide useful information for global health managers who aim to compare global health systems' performance.

**Keywords:** Data Mining, Life Expectancy at Birth, Decision Tree, Random Forest  
**Jel Classification:** C53, I10, C38.

\* Araş. Gör., Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sağlık İdaresi Bölümü, E-mail: cinaroglus@hacettepe.edu.tr

\*\* Uzman, Sağlık Bakanlığı, E-mail: kezibanavci1@gmail.com



## **1. GİRİŞ**

Sağlık hizmetleri sunumunun finansal açıdan tüm ülkeler için büyük ve gün geçtikçe artan bir yük oluşturduğu bilinmektedir (Anell ve Willis, 2000:770). Bu nedenle sağlık sistemlerinin daha etkin ve etkili bir şekilde yönetilebilmesi için performans değerlendirmesi ve uluslararası karşılaştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu karşılaştırmalarda sağlık sistemleri arasındaki farklılıklar temel bir sorundur. Sağlık sistemleri performans karşılaştırması sağlık sisteminin temel hedefinin ne olduğunun tanımlanması ile başlamaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından yapılan tanımlarda sağlık sistemlerinin en temel amacının en etkili önleyici ve koruyucu hizmetleri sunmak olduğu belirtilmektedir. Önleyici ve koruyucu hizmetler sunulurken sağlık sistemlerinin eşitlik ve etkililik ilkesine uygun davranmaları gerekmektedir. Sağlık sisteminin etkililiği ve eşitliğinin sağlanması hem tüm toplumlar için hem de bireylerin cepten sağlık harcamalarını azaltmak bakımından önem taşımaktadır (Kruk ve Freeman, 2008:264).

Sağlık sistemleri performansının karşılaştırılması konusunda uluslararası kuruluşlar tarafından yayınlanan göstergeler ülkelerin sağlık statüsünün yükseltilmesi, insanların beklentilerinin yanıtlanması, sağlık hizmetlerinin finansal yükünün azaltılması anlamında pek çok katkı sağlamaktadır. Sağlık sistemlerinin performansını karşılaştırırken kullanılacak veriler, Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Teşkilatı (OECD) ve DSÖ gibi uluslararası kuruluşlar tarafından yayımlanmaktadır. Sağlık sistemleri performansını karşılaştırmayı sağlayacak verileri temin eden uluslararası kuruluşlar arasında Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Teşkilatı (OECD) ve DSÖ yer almaktadır (Anderson ve Hussey, 2001:219). Bu kuruluşlar tarafından yayınlanan göstergeler ülkeler arasında karşılaştırma yapmaya olanak sağlamaktadır. Bu göstergeler yolu ile ülkelerin sağlık statüsünün yükseltilmesi, sağlık ile ilgili beklentilerin yanıtlanması, sağlık hizmetlerinin finansal yükünün azaltılması konularında bilgi edinilebilmektedir (Anderson ve Hussey, 2001:219).

Sağlık sistemlerinin performanslarının karşılaştırılmasında Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Teşkilatı (OECD) ve DSÖ gibi uluslararası kuruluşlar tarafından yayımlan göstergeler kullanılmaktadır. Bu göstergeler; ülkelerin sağlık statüsünün yükseltilmesi, insanların beklentilerinin yanıtlanması, sağlık hizmetlerinin finansal yükünün azaltılması gibi pek çok katkı sağlamaktadır (Anderson ve Hussey, 2001:219). Söz konusu göstergeler yolu

ile ülkelerin sağlık statüleri, sağlık düzeyleri ve sağlık hizmetlerine ilişkin beklentileri, sağlık hizmetlerinin finansal yükü gibi konularda bilgi edinilerek, ülkeler arasında karşılaştırma yapılabilmektedir (Anderson ve Hussey, 2001:219).

Ancak sağlık sistemleri performansını karşılaştırmak amacıyla yapılan çalışmalarda bazı sorunlarla karşılaşılabilir. Örneğin yapılacak karşılaştırmada hangi ölçütlerin kullanılacağı ve hangi ülkelerin araştırma kapsamına dahil edileceği temel sorunlardan biridir (Bauer ve Ameringer, 2010:1129). Bu ölçütlerin belirlenmesinde; ülkelerin sağlık sisteminin değerlendirilmesinde yanıt aranan temel sorulardan faydalanılabilmektedir. Örneğin karşılaştırmada bulunulan ülke vatandaşlarının ne ölçüde sağlıklı oldukları ve ülke genelinde sağlık sistemi genel performansının nasıl olduğu soruları yanıt aranması gereken başlıca sorulardandır. Arah ve diğ. (2003:384)'e göre sağlık sistemleri kalite başta olmak üzere çeşitli ölçütler açısından kıyaslanırken nüfusun sağlık statüsü, sağlığın sosyal belirleyicileri gibi temel karakteristik özelliklerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Sağlık sistemlerinin performans karşılaştırmalarından edilecek sonuçların nasıl değerlendirildiği incelendiğinde ülkelerarası karşılaştırmalar yoluyla öncelikli olarak, kamu sektöründe politika yapıcılar için önemli bulgular sunmaktadır (Bauer ve Ameringer, 2010:1129). Bunun yanı sıra sağlık sistemlerinin genel yapısı ve bunun sağlık sonuçları ile ilişkisi ile ilgili de önemli bulgular ortaya koymaktadır. Farklı ülkelerde sağlık sistemlerinin karşılaştırılmasına yönelik araştırmalardan çıkarılacak genel sonuç hangi ülkelerin karşılaştırma yapmak için uygun olduklarının tespit edilmesine olanak sağlamasıdır (Anderson ve Hussey, 2001:219).

Sağlık sistemleri performansının değerlendirilmesinde çoğunlukla yararlanılan kavramsal çerçevelerin etkililik ve kalite gibi temel başlıklara odaklandıkları görülmektedir. Bu temel başlıklar içerisinde etkililik ile ilgili göstergeler gerçekçi, önceden tanımlanmış, tartışmasız ve sistem genelinde temel hedeflere ve sonuçlara işaret edecek özelliklere sahip olmalıdırlar. Sağlık sistemlerinin performansını ölçmeye yönelik bu kavramsal çerçeve ve modeller gerçek performansı tam olarak yansıtmıyor olsa da bu modeller sayesinde sağlıkta kalitenin en temel amacı olan sürekli gelişme ve iyileşmeyi temin edici bir performans iyileştirme ortamı yaratılabilmektedir (Arah ve diğ., 2003:394).



Literatürde sağlık sistemleri performansını karşılaştırmak amacıyla farklı kriterler esas alınmakla birlikte karşılaştırma kriteri olarak doğumda yaşam beklentisini esas alınan araştırmalarda ülkelerin refah düzeyleri ve sosyo-ekonomik durumlarının doğumda yaşam beklentisinin başlıca belirleyicisi olduğu ortaya konulmuştur (Judge, 1996:1282). Bu konuyu ele alan Hertz ve diğ. (1994) doğumda beklenen yaşam süresinin belirleyicisi olan faktörler arasında bebek ölüm oranı, anne ölüm oranı ve bulaşıcı olmayan hastalıklara (BOH) bağlı ölüm oranının olduğunu belirtmişlerdir.

DSÖ verilerine göre doğumda beklenen yaşam süresinin giderek yükseldiği belirtilmekle birlikte 2009 yılı verilerine göre tüm dünyada bu sürenin 68 yıl olduğu bildirilmiştir (DSÖ, Global Health Observatory). Doğumda beklenen yaşam süresi konusunda yapılan araştırmalar arasında bulunan Birleşmiş Milletler (BM) Dünya Nüfus Araştırmasınının 2010 yılı sonuçlarına göre tüm dünya genelinde doğumda yaşam beklentisinin ortalama 67.8 yıl olduğu, 2009 yılında yapılan bir diğer araştırma olan CIA World Factbook araştırma sonuçlarına göre ise bu sürenin 66.5 yıl olduğu bildirilmektedir (BM Dünya Nüfus Araştırması, 2010).

Bu çalışmada DSÖ'ne üye olan toplam 193 ülke için en temel sağlık sistemi performans göstergelerinden birisi olan doğumda beklenen yaşam süresi (yıl) nin öngörülmesinde rol oynayan değişkenlerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikle doğumda beklenen yaşam süresi başta olmak üzere sağlık sistemleri performansının karşılaştırması konusunda bir literatür bilgisi sunulmuş daha sonra ülkelerin sınıflandırılmasında kullanılan yöntemler karşılaştırılmıştır. En son bölümde ise ulaşılan sonuçlar konu ile ilgili önceki yıllarda yapılmış araştırma sonuçları ile tartışmalı olarak sunulmuş ve bundan sonra yapılacak araştırmalar için çeşitli önerilerde bulunulmuştur

## **2. YÖNTEM**

### **2.1. Araştırmanın Amacı**

Bu çalışmada DSÖ'ne üye olan ülkeleri doğumda beklenen yaşam süresi değişkeni bakımından farklı veri madenciliği yöntemleri kullanılarak sınıflandırılmak ve farklı veri madenciliği yöntemlerinin sınıflama performanslarını karşılaştırmak amaçlanmıştır.

## 2.2. Evren ve Örneklem

Araştırma evrenini 2011 yılı itibariyle DSÖ'ne üye olan toplam 193 ülke oluşturmaktadır. Araştırmada kullanılacak değişkenlerin belirlenmesinde Bauer ve Ameringer (2010)'in 'A Framework for Identifying Similarities Among Countries To Improve Cross-National Comparisons of Health Systems' isimli çalışmasından yararlanılmıştır. Sözü edilen çalışmada ülkelerin sağlık sistemi performansı demografik göstergeler ile ölüm hızı ve hastalık yükü gibi iki temel başlıktan oluşan göstergeler itibariyle karşılaştırılmıştır. Bu araştırmada ise Bauer ve Ameringer (2010) tarafından iki ana başlıkta toplanan bu değişkenlere ekonomik değişkenler de ilave edilerek toplam 193 ülke için doğumda beklenen yaşam süresinin öngörülmesinde etkili olduğu düşünülen toplam 17 değişken belirlenmiştir. Çalışma kapsamına alınan değişkenler aşağıdaki tabloda (bkz. Tablo 2.1) gösterildiği gibidir.

**Tablo 2.1. Çalışma Kapsamına Alınan Değişkenler**

Değişken Grubu	Değişken	Ölçüm Birimi	Yıl
<b>Demografik</b>	Kişi Başına Düşen Milli Gelir (KBDMG)	Satın Alma Gücü Paritesi (\$)	2010
	Yıllık Nüfus Artış Oranı (YNAO)	Oran (%)	2010
	Kentsel Nüfus Oranı (KNO)	Oran (%)	2010
	Ortalama Yaş (OY)	Yıl	2010
	60 Yaş Üzeri Nüfus Oranı (60_YUNO)	Oran (%)	2010
	15 Yaş Altı Nüfus Oranı (15_YANO)	Oran (%)	2010
<b>Mortalite ve Hastalık Yükü</b>	Yetişkin Mortalite Oranı (YMO)	Her 1000 Kişide	2009
	Beş Yaş Altı Mortalite Oranı (%) (5_YAMO)	Oran (%) (Her 1000 Canlı Doğumda )	2010
	BOH İçin Yaşa Göre Ayarlanmış Mortalite Oranı (BOH_YAMO)	Her 100.000 Kişide	2008
	Tüberküloz Prevelansı (TP)	Her 100.000 Kişide	2010
	Bulaşıcı Hastalıklara Bağlı Kaybedilen Yaşam Yılı Yüzdesi (BH_KYY)	Oran (%)	2008
	BOH'a Bağlı Kaybedilen Yaşam Yılı Yüzdesi (BOH_KYY)	Oran (%)	2008
	Yaralanmalara Bağlı Kaybedilen Yaşam Yılı	Oran (%)	2008

	Yüzdesi (Y_KYY)		
	Doğumda Yaşam Beklentisi (DYB)	Yıl	2009
<b>Ekonomik</b>	GSYİH İçerisinde Sağlık Harcamalarının Oranı (GSYİH_SH_O)	Oran (%)	2010
	Özel Sağlık Harcamalarının Toplam Sağlık Harcamaları İçerisindeki Oranı (OSH_TSH_O)	Oran (%)	2010
	Sağlık Harcamalarının Toplam Hükümet Harcamaları İçerisindeki Oranı (SH_THH_O)	Oran (%)	2010

**Kaynak:** WHO (World Health Organization) <http://www.who.int/research/en/>  
Bauer D.T. Ameringer C.F. (2010) 'A Framework for Identifying Similarities Among Countries to Improve Cross-National Comparison of Health Systems', Health&Place, 16, 1129-1135, s.1131.

### 2.3. Verilerin Analizi

Araştırma amacına uygun olarak veriler bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra SPSS 20.0 istatistik programı kullanılarak değişkenler arasındaki korelasyon ilişkileri incelenmiş ve değişkenler arasında herhangi bir yüksek korelasyon ( $r=0.70-1.00$ ) ilişkisine rastlanmamıştır. Analizler Orange veri madenciliği istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. Orange internet üzerinden erişilebilen açık kaynak kodlu ücretsiz bir veri madenciliği yazılımıdır (<http://orange.biolab.si>) Hedef değişken olarak doğumda yaşam beklentisi (yıl) seçilmiş, demografik, mortalite ve hastalık yükü ile ekonomik göstergeler grubunda bulunan diğer tüm göstergeler bağımsız değişken olarak modele dahil edilmiştir. Hedef değişken olarak belirlenen doğumda yaşam beklentisi (yıl) değişkeni 68.9 ( $\pm 9$ ) ortalama ile normal dağılım göstermediğinden dolayı kesim noktası (cut off point) olarak medyan değeri olan 71 yıl esas alınmıştır. Bilindiği gibi ortanca bir merkezi eğilim ölçüsü olarak dağılımın normal dağılımdan uzaklaştığı durumlarda ortalama yerine kullanılan bir merkezi eğilim ortalama ölçüsüdür (Hozo ve diğ., 2005:5) Daha sonra doğumda yaşam beklentisi 71 yıldan daha az olan ülkeler 0, yüksek olan ülkeler ise 1 olarak kodlanarak hedef değişken kategorik hale getirilmiştir.

Seçilen değişkenler bakımından ülkelerin sınıflandırılmasında veri madenciliği yöntemleri arasında sıklıkla kullanılan karar ağaçları ve 50, 100, 150 ağaç türetilerek oluşturulan Random forest yöntemlerinin performans sonuçları karşılaştırılmıştır. Bilindiği

gibi karar ağaçları değişkenleri farklı seviyelerde çeşitli risk düzeylerine göre sınıflandıran tahmin ve sınıflandırma amaçlı danışmansız veri madenciliği yöntemlerindedir (Tan ve diğ., 2006). Karar ağaçlarının oluşturulmasında ID.3, C4.5 ve CART olmak üzere üç farklı karar ağacı algoritmasından yararlanılmıştır. Tüm karar ağaçlarının oluşturulmasında 5 katlı çapraz geçerlilik yöntemi kullanılmış ve ağaç durdurma kriteri olarak bir düğümde bölme için ele alınan minimum eleman sayısı 5 olarak belirlenmiştir.

Çapraz geçerlilik yöntemi danışmanlı öğrenme analizlerinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Genel olarak '10 parça çapraz geçerlilik' yöntemi tercih edilmektedir. Bu yöntemde veri kümesi rastgele 10 eşit parçaya ayrılır. İlk aşamada birinci parça test veri seti olarak bırakılır, geriye kalan dokuz parça eğitim seti olarak kullanılır. İkinci aşamada ise ikinci parça test veri seti olarak kullanılır, geriye kalan dokuz parça ile model bulunmaya çalışılır. Bu süreç 10 parça ayrı ayrı test seti olarak kullanılıncaya kadar devam eder. Çapraz geçerlilik sonunda her parçadan elde edilen doğru sınıf ya da ROC (Receiver Operating Characteric) eğrisi altında kalan alan gibi performans değerlerinin ortalaması alınır. Bu sonuç ilgili yöntemin genel performansını ifade eder (Coşgun ve Karaağaoğlu, 2011:184).

Farklı karar ağacı algoritmalarının genel özellikleri incelendiğinde ID.3 (Interactive Dichotomizer 3) algoritması karar ağacı algoritmaları içerisinde ilk geliştirilen algoritmalarından birisidir ve bölünme kriteri olarak bilgi kazancını (information gain) kullanarak en fazla bilgi kazancı olan değişkeni seçmektedir (Chattamvelli, 2009:149). Ancak çok fazla sayıda veriye sahip olunması durumunda ID.3 çok fazla girdi değişkene sahip olduğundan ve veri tabanlarında ID.3 yönteminin bölünme kriteri olan bilgi kazancının yanlış bölünmeler yapma olasılığı yükseldiğinden, bölünme kriteri olarak 'gain ratio' yu kullanan C4.5 algoritması oldukça kullanışlıdır (Coşgun ve Karaağaoğlu, 2011:185). Bir diğer karar ağacı algoritması olan CART (Classification and Regression Tree) ise bölünme kriteri olarak Gini Index'i kullanmaktadır (Breiman ve diğ., 2005:121). CART yönteminde son veya uç olmayan her bir düğümde iki adet dal bulunmaktadır ve bu algoritma sınıflandırma ve regresyonu destekleyici bir yapıya sahiptir (Emel ve Taşkın, 2005:230). Aşağıdaki tabloda farklı karar ağacı algoritmaları temel özellikleri bakımından sunumu karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. (bkz. Tablo 2.2)

**Tablo 2.2. Farklı Karar Ağacı Algoritmalarının Karşılaştırılması**

Algoritma	Verilerin Özellikleri	Bölünme türü	Bölünme kriteri	Budama
ID.3	İki Sınıflı	2'li Bölünme	Beklenen Bilgi (entropy)	Ön Budama
C4.5	Genel	Çoklu Bölünme	Beklenen bilgi (entropy)	Hatanın Azaltımı
CART (CR&T)	Genel	2'li Bölünme	Gini Katsayısı	Maliyet

**Kaynak:** Chattamvelli R. (2009) 'Data Mining Methods', Alpha Science International Ltd., U.K., Oxford, s.155.

Bu araştırmada karar ağaçları ile sınıflandırma performansı bakımından karşılaştırılan bir diğer veri madenciliği yöntemi Random forest'dır. Random forest binlerce karar ağacından meydana gelen bir yapıdır. Random forest yönteminde CART algoritması ile ağaçlar oluşturulur ve oluşturulan ağaçlar budanmaz. CART algoritması veri setinin hangi değişkenden başlayarak dallara ayrılacağına 'bilgi kazancını' kullanarak karar verir (Akman ve diğ., 2011:37). Random forest yönteminde her bir ağaç için bootstrap yöntemi ile veri setinden örneklem seçilir ve seçilen verilerin 2/3'ü ağaç oluşturmak için kullanılarak bir sınıflama yapılır. Bu sınıflama 'oy' (vote) alır. Random forest algoritması 'forest' içindeki tüm ağaçlardan en çok oy alanı seçer ve onun sınıflamasını kullanır. Bu sınıflandırmada düşük hata oranına sahip ağaç daha iyi sınıflayıcıdır. Random forest yönteminde hata oranı iki şeye bağlıdır. Bunlardan birisi; iki ağaç arasındaki korelasyondur, korelasyon arttıkça hata oranı artar. İkincisi; her ağacın kendi hata oranıdır. Random forest yönteminin avantajları arasında bu yöntemde aşırı uyum olması durumu bulunmaktadır. Ayrıca bu yöntem ile istediğimiz kadar ağaç üretebiliriz. Hızlı bir algoritmadır. Elde edilen random forest diğer veri setlerinde kullanılmak üzere saklanabilir. Eksik veri analizlerinde Random forest oldukça etkili bir yöntemdir. Bu yöntem ile doğru sınıflama oranı eksik veriler olması durumunda da devam etmektedir (Coşgun ve Karaağaoğlu, 2011:185).

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Tanımlayıcı Bilgiler

Hedef değişken olarak belirlenen doğumda beklenen yaşam süresi (yıl) değişkeni bakımından 193 ülkenin sınıflandırılması ile elde edilen tanımlayıcı sonuçlar Tablo 3.1'de sunulmuştur. Buna göre doğumda beklenen yaşam süresi kesim noktası olarak belirlenen 71



yıla eşit ve bundan daha fazla olan 106 (%54.9) ülke 1, 71 yıldan daha az olan 87 (%45.1) ülke ise 0 olarak kodlanmıştır (bkz. Tablo 3.1).

**Tablo 3.1. Ülkelerin Doğumda Beklenen Yaşam Süresi (Yıl) Değişkeninin Kategorileri**

Kategori	Doğumda Beklenen Yaşam Süresi (Yıl)	Sayı (Ülke Sayısı)	Yüzde
1	71 yıl $\geq$	106	%54.9
0	71 yıl $<$	87	%45.1

### 3.2. Karar Ağaçları ve Random Forest Yöntemleri Kullanılarak Doğumda Beklenen Yaşam Süresi (Yıl) Değişkeni Bakımından Ülkelerin Sınıflandırılması

Veri madenciliği sınıflama yöntemlerinin performans sonuçlarının karşılaştırılmasında kullanılan kriterler incelendiğinde bu göstergelerden birisi sınıflama doğruluğudur. Sınıflama doğruluğu doğru sınıflanan bireylerin sayısının tüm bireylerin sayısına oranıdır. Bu değer çalışma grubu ve türüne bağlı olarak değişmekle birlikte sınıflama doğruluğunun %75'lik bir değer üzerinde olmasının kabul edilebilir olduğu bilinmektedir (Coşgun ve Karaağaoğlu, 2011:186). Duyarlılık gerçekte pozitif olanlar arasında pozitif sonuç elde etme oranı, seçicilik (özgüllük) ise gerçekte negatif olanların negatif sonuç verme oranıdır (Tomak ve Bek, 2010:59). Bir başka performans ölçütü ise ROC Eğrisi altında kalan alandır. ROC Eğrisine ilişkin önemli göstergelerden birisi eğri altında kalan alandır. Eğri altında kalan alanın alabileceği en büyük değer 1'dir. Eğri altında kalan altında kalan alan 1'e yaklaştıkça yeni testin ayırt ediciliğinin arttığını söylenebilir (Alpar, 2010:339).

Diğer performans ölçütlerinden birisi olan Brier skor iki durumlu sınıflama problemlerinde (hasta-sağlıklı) veri madenciliği yöntemleriyle yapılan sınıf tahmin olasılıklarının doğruluğunu test etmek için kullanılan bir ölçüdür. Brier skorunda (0-1) arasında değişen değerler 0'a ne kadar yakınsa yapılan sınıf tahminleri o kadar güvenilirdir. Bu ölçü veri madenciliğinde iki sınıflı sınıflama problemlerinde model kalitesini belirten bir ölçüdür. Matthews korelasyon katsayısı ise veri madenciliğinde iki sınıflı sınıflama problemlerinde model kalitesini belirten bir ölçüdür. En önemli özelliği sınıflardaki kişi sayıları dengesiz olduğunda diğer kriterlere göre daha doğru sonuç vermesidir. (-1 ile 1) arasında değerler alır. 1 en iyi tahmini, 0 şansa bağlı bir tahmin yapıldığını, -1 ise ters tahmin yapıldığını belirtir. (Coşgun ve Karaağaoğlu, 2011:187)



Tablo 3.2'de üç farklı algoritma kullanılarak elde edilen karar ağaçları ile 50, 100 ve 150 ağaç türetilerek oluşturulan random forest sınıflandırma yöntemlerinin performans sonuçlarına yer verilmiştir. Bu sonuçlara göre genel olarak bakıldığında Random forest performans sonuçlarının karar ağaçlarına göre sınıflama doğruluğu, duyarlılık, seçicilik, ROC Eğrisi altında kalan alan, Brier skoru ve Matthews korelasyon katsayısı bakımından daha iyi bir performans sergilediği görülmektedir.

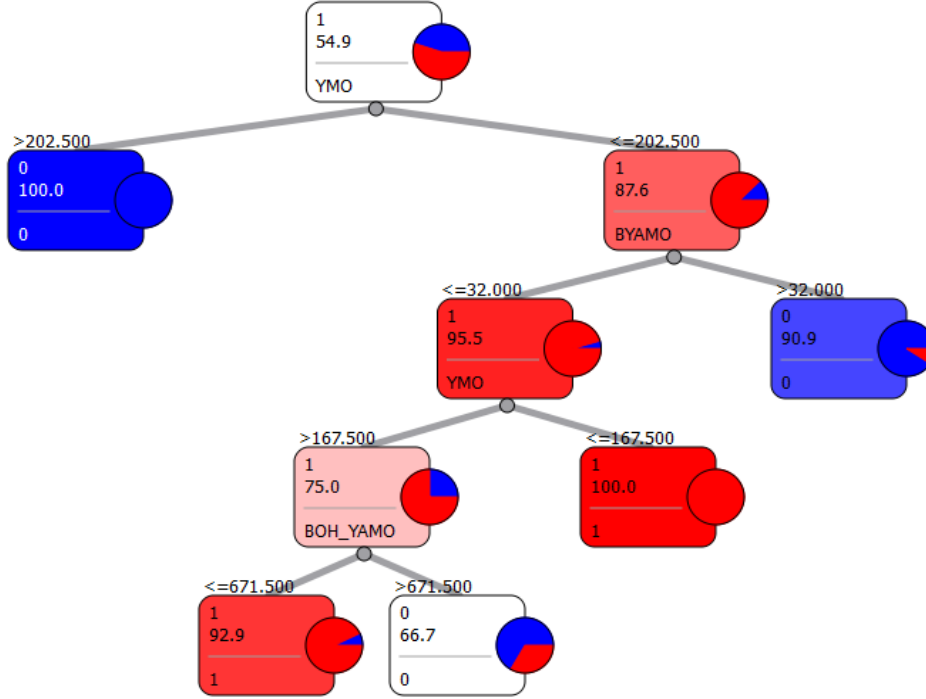
Random forest yönteminde en iyi performans sonuçlarının sınıflama doğruluğu (0.9637), duyarlılık (0.9425), seçicilik (0.9811), Matthews Korelasyon Katsayısı (0.9270) bakımından 100 ağaç türetilerek oluşturulan Random Forest yöntemi kullanılarak elde edildiği, diğer performans göstergeleri arasında bulunan ROC Eğrisi altında kalan alan bakımından 50 (0.9962) ve 150 (0.9962) ağaç türetilerek oluşturulan Random Forest'in benzer değerleri alarak en iyi performans sergilediği, Brier skoru (0.0656) bakımından ise 50 ağaç türetilerek oluşturulan Random forest'in en iyi performansı sergilediği görülmektedir. Üç farklı algoritmaya göre oluşturulan karar ağaçlarının performans sonuçları kendi içerisinde karşılaştırıldığında ID.3 algoritması kullanılarak oluşturulan karar ağacı performansının sınıflama doğruluğu (0.9379), duyarlılık (0.8966), seçicilik (0.9717), ROC Eğrisi altında kalan alan (0.9481), Brier Skoru (0.1131) ve Matthews korelasyon katsayısı (0.8754) olmak üzere tüm göstergeler bakımından en iyi performansı sergilediği dikkat çekmektedir. (bkz. Tablo 3.2).

**Tablo 3.2. Doğumda Beklenen Yaşam Süresi (Yıl) Değişkeni Bakımından Ülkelerin Sınıflandırılmasında Farklı Veri Madenciliği Yöntemlerinin Performans Sonuçlarının Karşılaştırılması**

	<b>Sınıflama Doğruluğu</b>	<b>Duyarlılık</b>	<b>Seçicilik</b>	<b>ROC Eğrisi Altında Kalan Alan</b>	<b>Brier Skoru</b>	<b>Matthews Korelasyon Katsayısı</b>
<b>Karar Ağacı (ID.3)</b>	<b>0.9379</b>	<b>0.8966</b>	<b>0.9717</b>	<b>0.9481</b>	<b>0.1131</b>	<b>0.8754</b>
<b>Karar Ağacı (C4.5)</b>	0.9115	0.8736	0.9434	0.9206	0.1669	0.8223
<b>Karar Ağacı (CART)</b>	0.9325	0.8966	0.9623	0.9444	0.1198	0.8645
<b>Random Forest (50 Ağaç)</b>	0.9586	0.9310	0.9811	<b>0.9962</b>	<b>0.0656</b>	0.9168
<b>Random Forest (100 Ağaç)</b>	<b>0.9637</b>	<b>0.9425</b>	<b>0.9811</b>	0.9951	0.0707	<b>0.9270</b>
<b>Random Forest (150 Ağaç)</b>	0.9586	0.9310	0.9811	<b>0.9962</b>	0.0701	0.9168

Şekil 3.1'de sınıflandırma bakımından diğer karar ağacı algoritmalarından daha iyi bir performans sergileyen ID.3 algoritması kullanılarak elde edilen karar ağacı grafiği incelendiğinde doğumda beklenen yaşam süresinin öngörülmesinde en fazla bilgi kazancı sağlayan değişkenin yetişkin mortalite oranı olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre toplam 193 ülke beş farklı gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar: (1)  $YMO > 202.5$ ; (2)  $YMO \leq 202.5$  ve  $BYAMO > 32$ ; (3)  $YMO \leq 202.5$ ,  $BYAMO \leq 32$  ve  $YMO \leq 167.5$ ; (4)  $YMO \leq 202.5$ ,  $BYAMO \leq 32$ ,  $YMO > 167.5$  ve  $BOH\_YAMO > 671.5$ ; (5)  $YMO \leq 202.5$ ,  $BYAMO \leq 32$ ,  $YMO > 167.5$  ve  $BOH\_YAMO \leq 671.5$ 'dir. Karar ağacı grafiği incelendiğinde birinci grupta yer alan ve  $YMO > 202.5$  olan ülkelerin tamamında (%100) doğumda beklenen yaşam süresi (yıl) 71 yıldan daha azdır. İkinci grupta ise  $YMO \leq 202.5$  olan, Beş yaş altı mortalite oranı ( $BYAMO$ )  $> 32$  olan ülkelerin %90'ında doğumda beklenen yaşam süresi (yıl) 71 yıldan daha azdır (bkz. Şekil 3.1).

**Şekil 3.1. Dünya Sağlık Örgütü'ne Üye Ülkelerde Doğumda Beklenen Yaşam Süresinin (Yıl) Öngörülmesi**



#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Farklı veri madenciliği yöntemleri kullanılarak DSÖ'ne üye olan ülkelerin doğumda beklenen yaşam süresi değişkeni bakımından karşılaştırıldığı bu araştırma sonucunda genel olarak farklı sayıda ağaçlar türetilerek oluşturulan Random Forest performans sonuçlarının karar ağaçlarına göre daha yüksek bir sınıflama performansı sergilediği görülmüştür. Karar ağaçları içerisinde ID.3 algoritması kullanılarak oluşturulan karar ağacının en yüksek performans sergilediği, karar ağaçlarının oluşturulmasında bilgi kazancı en yüksek değişken olarak yetişkin mortalite oranı ön plana çıkmaktadır. Doğumda beklenen yaşam süresinin öngörülmesinde yetişkin mortalite oranı dışında ön plana çıkan değişkenler ise beş yaş altı mortalite oranı (BYAMO) ile bulaşıcı olmayan hastalıklar için yaşa göre ayarlanmış mortalite oranı (BOH\_YAMO) dır.

DSÖ'ne üye olan ülkelerde doğumda beklenen yaşam süresinin öngörülmesi konusunu önceki yıllarda yapılmış araştırmalar arasında bulunan Woods ve diğ. (2005:115) doğumda beklenen yaşam süresinin belirlenmesinde 75 yaş altı yetişkin grubunda yer alan nüfusun mortalite oranının belirleyici bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Aynı araştırmada bölgesel farklılıkların da bu sürenin belirlenmesinde etkili bir faktör olduğunun üzerinde durulmuştur. Doğumda beklenen yaşam süresi üzerinde bölgesel farklılıkların etkili olduğunu belirten Cheret ve diğ. (1996) Avrupa ülkelerini ele alarak bölgesel farklılıkların ve nüfus dinamiklerinin belirleyici olduğunu belirtmişlerdir.

Sağlık ekonomisi konusunda yapılan birçok araştırmada ise doğumda beklenen yaşam süresi üzerinde ülkelerin genel sağlık harcamalarının belirleyici rol oynadığı yönünde bulgulara ulaşılmıştır. Bu araştırmalarda vurgulanan noktalardan birisi de 65 yaş üzerindeki yetişkin nüfus artış hızının sağlık harcamalarında artışı beraberinde getirdiği olmuştur (Matteo, 2005:23). Dünyada yaşam beklentisi ve içsel büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmalarda doğumda beklenen yaşam süresinin düşük gelir grubunda yer alan ülke ekonomileri üzerinde etkili bir faktör olduğu görülürken gelir düzeyi yüksek ülkelerde aynı ölçüde etkili bir faktör olmadığı yönünde bulgulara ulaşılmıştır (Croix ve Licandro, 1999: 263). Bu bulguların tersine bu araştırmada oluşturulan karar ağacı modelinde bağımsız değişkenler arasında yer alan ve genel olarak farklı ülkelerde sağlık alanına yapılan harcamaları ifade eden ekonomik göstergelerin doğumda beklenen yaşam süresinin tahmin edilmesinde etkili olduğuna ilişkin bir sonuç bulunmamıştır.

Bu araştırmanın temel kısıtlılık noktalarından birisi çalışma kapsamına dahil edilen değişkenlerin büyük bir kısmı 2010 yılına ait olmakla birlikte yıllar arasında farklılıkların mevcut olmasıdır. Bu nedenle Anderson ve Hussey (2001:230) tarafından da belirtildiği gibi karşılaştırılabilirliği yüksek verilere ve gerçekte sağlık sisteminin genelinde kalite iyileştirmesine katkıda bulunacak verilerin tutulmasına (Arah ve diğ., 2003:377) ihtiyaç duyulmaktadır.

Veri madenciliği yöntemleri kullanılarak farklı ülkelerin doğumda beklenen yaşam süresi bakımından sınıflandırıldığı bu araştırmada farklı veri madenciliği yöntemlerinin genel performans sonuçlarının oldukça yüksek olduğu görülmüş olup bundan sonra yapılacak



araştırmalarda farklı değişkenler de modele dahil edilebilecektir. Ayrıca bu çalışmada 5 katlı çapraz geçerlilik kullanılmış olup gelecekte oluşturulacak modellerde çapraz geçerlilik sayısının artırılması önerilmektedir. Elde edilen sonuçların tüm dünya genelinde farklı ülke sağlık sistemlerinin performans değerlendirmesinde yararlanılan temel göstergelerden birisi olan doğumda beklenen yaşam süresinin etkin ve etkili bir şekilde yönetimi için küresel sağlık yöneticilerine yarar sağlayabileceği düşünülmektedir.

## **KAYNAKÇA**

Akman, M. Genç, Y. Ankaralı, H. (2011) ‘Random Forest Yöntemi ve Sağlık Alanında Bir Uygulama’, Türkiye Klinikleri Dergisi, 3(1):36-48.

Alpar R. (2010). Uygulamalı İstatistik ve Geçerlik-Güvenlik. Detay Yayıncılık, Ankara.

Anderson G., Hussey P.S. (2001) ‘Comparing Health System Performance In OECD Countries’, Health Affairs, 20(3):219-232.

Anell A., Willis M. (2000) ‘International Comparison of Health Care Systems Using Resource Profiles’, Buletin of The World Health Organization, 78(6):770-778.

Arah O.A., Klazinga N.S., Delnoij D.M.J., Ten Absroek A.H.A., Custers T. (2003) ‘Conceptual Frameworks for Health Systems Performance: A Quest for Effectiveness, Quality and Improvement’, International Journal of Quality In Health Care, 15(5):377-398.

Bauer D.T., Ameringer C.F. (2010) ‘A Framework for Identifying Similarities Among Countries To Improve Cross-National Comparisons of Health Systems’, Health&Place, 16 (6):1129-1135.

Breiman, L. Friedman, J.H. Olshen, R.A. Stone, C.J. (2005). Classification and Regression Trees. Chapman&Hall/CRC. U.S.A.



Chattamvelli, R. (2009). *Data Mining Methods*. Alpha Science International Ltd.. U.K. Oxford.

Chenet, L. Mckee, M. Fulop, N. Bojan, F. Brand, H. Hort, A. Kalbarczyk, P. (1996) 'Changing Life Expectancy in Central Europe: Is There A Single Reason?', *Journal of Public Health*, 18(3), 329-336.

Coşgun E. Karağaoğlu E. (2011) 'Veri Madenciliği Yöntemleriyle Mikrodizilim Gen ifade Analizi' *Hacettepe Tıp Dergisi*, 42:180-189.

Croix, D. Licandro, O. (1999) 'Life Expectancy and Edogenous Growth', *Economic Letters*, 66(2), 263-266.

Emel G.G. Taşkın Ç. (2005) 'Veri Madenciliğinde Karar Ağaçları ve Bir Satış Analizi Uygulaması', *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2):221-239.

Hertz E., Hebert J.R., Landon J. (1994) 'Social and Environmental Factors and Life Expectancy, Infant Mortality and Maternal Mortality Rates: Results of A Cross-National Comparison', *Social Science & Medicine*, 39(1):106-114.

Hozo, S.P. Djulbegovic, B. Hozo, I. (2005) 'Estimating The Mean and Variance From The Median, Range and The Size of A Sample', *BMC Medical Research Methodology*, 5(13): 1-10.

Judge K. (1996) 'Income Distribution and Life Expectancy: A Critical Appraisal', *British Medical Journal*, 311 (7015):1282-1285.

Kruk E. M., Freedman L.P. (2008) 'Assessing Health Systems Performance In Developing Countries: A Review Of The Literature', *Health Policy*, 85(3):263-276.

Matteo, L.D. (2005) 'The Macro Determinants of Health Expenditure In the United States and Canada: Assessing The Impact of Income, Age Distribution and Time', *Health Policy*, 71: 23-42.



Orange Data Mining <http://orange.biolab.si>

Tan, P.N. Steinbach, M. Kumar, V. (2006). Introduction To Data Mining. Pearson Education, Inc, Boston.

Tomak L. Bek Y. (2010) 'İşlem Karakteristik Eğrisi Altında Kalan Alanların Karşılaştırılması', Deneysel ve Klinik Tıp Dergisi, 27:58-65.

Woods L.M. Rachet B. Riga M., Stone N. Shah A. Coleman M.P. (2005) 'Geographical Variation In Life Expectancy At Birth In England and Wales In Largely Explained By Deprivation, Journal of Epidemiology & Community Health, 59(2), 115-120.

World Population Prospects The 2010 Revision Volume I: Comprehensive Tables [http://esa.un.org/wpp/Documentation/pdf/WPP2010\\_Volume-I\\_Comprehensive-Tables.pdf](http://esa.un.org/wpp/Documentation/pdf/WPP2010_Volume-I_Comprehensive-Tables.pdf).