

TÜRKİYE ÖLÜMLÜLÜĞÜNÜN LEE-CARTER İLE MODELLENMESİ

MODELLING MORTALITY IN TURKEY USING THE LEE-CARTER MODEL

FURKAN YILDIRIM*
MERAL SUCU**

ÖZET

Hayat sigortası ürünlerinde, beklenen yaşam sürelerinin doğru olarak belirlenebilmesi sigorta şirketleri ve sosyal güvenlik kurumları açısından hayati derecede önem taşımaktadır. İnsanların gelecekteki ölümlülük düzeylerinin değişimine ilişkin öngörü yapılabilmesi için geçmiş yaşam ve ölüm kayıtlarının doğru olarak yorumlanması ve modellenmesi gerekmektedir. Modellemelerin doğru yapılması durumunda beklenen yaşam süreleri, projeksiyon yöntemleri yardımıyla belirli hata payları ve varsayımlar çerçevesinde öngörülebilir. Bu çalışmada, 1930-2000 yılları arası cinsiyet ayrımındaki Türkiye genel nüfus sayımları verisi kullanılarak Lee-Carter Yöntemi ile ölüm hızları modellenmiş ve 2000 ile 2020 yılları arası için bir ölümlülük öngörüsünde bulunulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: ölümlülük modelleri, Lee-Carter Modeli, Preston-Bennet Yöntemi, ölüm hızı, model hayat tabloları

ABSTRACT

In life insurance, the correct calculation of expected life times is crucial for insurance companies and social security organizations. To predict future mortality levels, past living and death people records need to be interpreted and modelled correctly. The life expectancies can be estimated using projection methods with some errors and assumptions by accurate modelling. In this study, death rates for Turkish population data between 1930-2000 for both genders have

* Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Aktüerya Bilimleri Bölümü, Beytepe, Ankara.
furkany@hacettepe.edu.tr.

** Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Aktüerya Bilimleri Bölümü, Beytepe, Ankara. msucu@hacettepe.edu.tr.

Makale gönderim tarihi/Received on: 13 Ağustos 2013/August 13, 2013

Makale kabul tarihi /Accepted on: 10 Kasım 2015/November 10, 2015

been modeled using Lee Carter Method and projected for the years between 2000 and 2020.

KEYWORDS: mortality models, Lee-Carter Model, Preston-Bennet Technique, mortality rates, model life tables

GİRİŞ

Belirli bir zaman dilimi içerisinde seçilen bir grup insanın ölüm sıklığı ölçüsü, ölümlülük hızı olarak tanımlanmaktadır. Ölümlülük hızları, yaşam ve ölüm kayıtları kullanılarak demografik yöntemler ile bulunabilir, ancak aynı yaş için farklı zaman dilimlerinde ölçülen ölüm hızları birbirlerinden farklı olabilmektedir. Bu durum, ölümlülüğün zaman içerisinde giderek azaldığı gerçeği ile açıklansa da, bu azalma her yaş grubu için eşit olmamaktadır (Debon vd., 2008). Lee-Carter Modeli, her yaş grubu için yaş indisine bağlı bir a_x parametresine ek olarak ölümlülüğün yıllar içerisindeki değişimini ifade eden yıl indisli bir k_t parametresi ve bu değişimin yaş gruplarına yansıma düzeylerini belirten yaş indisli b_x parametresi ile, yıllar içerisindeki ölümlülüğün farklı yaş grupları için modellenmesine matris bazlı bir çözüm üretmektedir. 1992 yılından bu yana bilimsel çalışmalarda sıklıkla kullanılan Lee-Carter Modeli'nin en önemli iki avantajı, basitliği ve başarılı sonuçlar vermesidir. Modelin basitliği, sınırlı ve az sayıda parametrenin olması yanında kolay bir çözüm yolu sunmasından; başarılı sonuçlar vermesi ise, hem yaşlar hem de yıllar üzerinden ölümlülüğün değişimini dikkate alan başarılı modellemeler ile öngörüler sunmasından kaynaklanmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde ölümlülük hızı ve Lee-Carter Modeli hakkında temel bilgiye, ikinci bölümünde, kullanılan verinin elde edilmesi ve derlenmesine ilişkin açıklamalara ve Lee-Carter Modeli'nin teorisine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, yapılan uygulama ve dördüncü bölümde, ulaşılan sonuçlar verilmiştir.

LEE-CARTER MODELİ

Lee-Carter modeli, yaşa özel ölüm hızları olan $M_{x,t}$ 'nin logaritmasını, zamana göre değişen ve genel ölümlülük düzeyini yansıtan k_t parametresi ile yaşa özel bir bileşen olan ve genel ölümlülük düzeyi değişiminin her bir yaş için ne kadar değiştiğini ifade eden b_x bileşeninin çarpımının, zamandan bağımsız olan ve ortalama yaşama süresini ifade eden a_x değerleri ile toplamı olarak açıklayan bir ölümlülük projeksiyonu yöntemidir (Haberman ve Russolillo, 2005). Bu yöntemde x (yaş) ve t (takvim yılı) değişkenleri ile doğrusal bir yaklaşım önerisinde bulunularak, modeldeki ölüm hızlarının gelecekteki tahmin değerleri, geçmiş dönemlerde gerçekleşmiş olan ölüm hızları verisine dayandırılmaktadır (Yıldırım, 2010).

Lee-Carter modelinde bulunan yaşa ve takvim yılına özel parametrelerin kestiriminin yapılabilmesi için ölüm hızı verisi, X yaş grubu

sayısını ve T yıl sayısını ifade etmek üzere, yaş ve takvim yılı satır ve sütunlarına göre ayrıştırılarak,

$$\ln(M_{x,t}) = \begin{bmatrix} \ln(M_{x1t1}) & \ln(M_{x1t2}) & \dots & \ln(M_{x1tT}) \\ \ln(M_{x2t1}) & \ln(M_{x2t2}) & \dots & \ln(M_{x2tT}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \ln(M_{xXt1}) & \ln(M_{xXt2}) & \dots & \ln(M_{xXtT}) \end{bmatrix}$$

biçiminde bir matrise dönüştürülmüştür. Hesaplamalar sonucunda elde edilecek a_x , b_x ve k_t değerleri de

$$a_x = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_X \end{bmatrix}$$

$$b_x = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_X \end{bmatrix}$$

$$k_t = [k_1 \quad k_2 \dots k_T]$$

gibi $(X \times 1)$ ve $(1 \times T)$ boyutlu vektörler olacaklardır.

Lee-Carter modeli,

$$\ln(M_{x,t}) = a_x + b_x k_t + \varepsilon_{x,t} \quad (2.1)$$

eşitliği ile ifade edilir. Burada

- x : Yaşı,
- t : Takvim yılını,
- $M_{x,t}$: x yaşı ve t yılı için ölüm hızını,
- a_x : Yaşa özel ortalama ölümlülük hızını,
- b_x : x yaşı için ölümlülük değişimini,
- k_t : t yılı için genel ölümlülük düzeyini,
- $\varepsilon_{x,t}$: x yaşı ve t yılı için artık terimi ifade etmektedir.

Bu modelin zaman bileşeni olan k_t , logaritmik ölçekte tüm yaşların ölümlülük hızlarının zaman içerisindeki değişimini yansıtmaktadır. Ölümlülük hızlarının her yaş için aynı düzeyde değişmemesinden dolayı, yaş bileşeni olan b_x parametresi ile ölümlülük düzeyi değişiminin hangi yaş için ne kadar etkisi olduğu belirlenmektedir. Örneğin; su çiçeği hastalığının tedavisinin bulunması, çocuk nüfus ölümlülüğünün büyük oranda azalmasına neden olabilir; ancak yaşlı nüfusun ölümlülüğünün değişimine hiçbir etkisi olmayabilir. Dolayısıyla genel ölümlülük eğrisinin azalışının her

yaşa etkisi farklı olacaktır. Bu nedenle, her x yaş grubu için oluşturulacak b_x parametresi ile genel ölümlülük düzeyinin her yaş grubuna etkisi modele eklenmektedir. Mevcut olduğu varsayılan, her yaş grubu için yıllar üzerinden ortalama alınarak hesaplanan ve sadece x parametresine bağlı olan yaşa özel ölümlülük düzeyi ise a_x parametresi ile ifade edilmektedir. Sıfır ortalama ve sabit varyansa sahip olduğu varsayılan hata terimi $\varepsilon_{x,t}$ ise, model tarafından yakalanamamış artık değerleri yansıtır.

Lee-Carter Modeli'nde tahmin edilecek a_x ve b_x parametreleri ile bilinmeyen k_t indeks parametresi bulunduğundan, bu modelin regresyon çözümü ile bir sonuca ulaşamamaktadır. Ölüm hızlarından, zaman boyutu üzerinden ortalama alınarak bulunabilecek logaritmik yaşa özel ölüm hızları çıkartıldıktan sonra elde kalacak logaritmik matrisin en küçük kareler çözümünü bulmak için Tekil Değer Ayrıştırma Yöntemi (TDA) kullanılabilir (Haberman ve Russolillo, 2005).

TDA ile yapılan ilk aşama kestirimler ölüm hızlarının kendileri yerine logaritmik dönüşümleri ile yapıldığından, gerçek ölüm sayıları ile tahmin edilen ölüm sayıları arasında ölçülebilir farklar oluşabilmektedir. Modeli gerçekleştiren ölüm sayılarının tamamını yansıtacak düzeye getirebilmek için a_x ve b_x parametreleri sabit tutularak k_t parametresi yeniden tahmin edilmelidir.

Ekstrapolasyon yöntemine dayalı modelleme teknikleri, gelecekte gerçekleşecek ölüm hızlarının, geçmişte gözlenen hızlara benzeyeceği varsayımına dayanmaktadır (Booth, 2006). Bu varsayım altında, geçmişte gözlenen hızlar ile modelleme sonucu elde edilen hızların birbirine olan uyumu ne kadar yakın düzeyde olursa, geleceğe ilişkin yapılacak tahminlerin o derece başarılı olacağı varsayılır.

Ekstrapolasyon yöntemine dayanan Lee-Carter Modeli'nin avantajlarından biri, verinin modele uydurulmasından ve a_x , b_x ve k_t vektörleri değerlerinin elde edilmesinden sonra öngörü yapılabilmesi için yalnızca k_t değerlerinin kestirimlerinin yapılmasının yeterli olmasıdır. Her t yılı için hesaplanmış olan k_t değerlerinin oluşturduğu vektör, Box-Jenkins yöntemleri ile modellenerek, geleceğe ilişkin ölümlülük hızları tahmin edilebilir.

Lee ve Carter (1992), tek değişkenli $ARIMA(0,1,0)$ zaman serileri modelini kullanarak öngörü değerlerini hesaplamış, ancak farklı veri için diğer $ARIMA$ modellerinin de tercih edilebileceğini göstermişlerdir. Yapılan uygulamalarda k_t 'nin öngörülmesi için, sabit terimli rastgele yürüyüş modeli de kullanılmaktadır (Wang, 2007).

UYGULAMA

Uygulamanın Amacı ve Açıklaması

Bir nüfusa ilişkin geçmiş ölümlülük hızları, o ülkeye ait nüfus sayımlarından ve ölüm kayıtlarından hesaplanabilir. Ülkemizde 1927 yılından itibaren yapılan periyodik nüfus sayımları ile il ve ilçelerde yaşayan kişi sayıları

belirlenmiştir. Aynı ölçekli, diğer bir deyişle tüm il ve ilçeleri kapsayan ölüm kayıtları ise 1957 yılından itibaren derlenmiştir. Çalışmada, yaşayanların sayısı ile ölen sayıları aynı topluluk için olmadığından, ölüm kayıtları kullanılmamış ve ölüm hızları demografik yöntemlerle oluşturulan model hayat tablolarından elde edilmiştir.

Ölüm kayıtları verisinin bulunmadığı ya da kullanılmadığı durumlarda, gerekli ölümlülük hızlarının elde edilebilmesi için dolaylı yöntemler geliştirilmiştir. Bu teknikler, farklı toplumdaki ölümlülüklerin yaş yapısındaki benzerlikleri gözlemlenerek hazırlanmıştır. Bu benzerlikler, eşdeğer sosyo-biyolojik özellikler gösteren komşu ülkelerin ölümlülük yapılarına basitçe uyarladan, karmaşık demografik modellerin kullanımına kadar geniş bir yelpazede yer almaktadır (Murray vd., 2001). Hazırlanan bu yaşam tablolarına model hayat tabloları adı verilmektedir.

Çalışmanın bu bölümünde, Türkiye İstatistik Kurumundan alınan, Türkiye nüfusuna ilişkin cinsiyet ayrımında ve beşerli yaş grupları için 1935, 1940, 1945, 1950, 1955, 1960, 1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990 ve 2000 yıllarında yapılan genel nüfus sayımlarının (TÜİK, 2008) verisi derlenerek 1938-1995 yılları arası ölüm hızları hesaplanmış ve bulunan değerler Lee-Carter Yöntemi ile modellenmiştir. Yapılan hesaplamalarda Matlab, SPSS, Java, R ve Microsoft Excel yazılımları kullanılmıştır.

Bu çalışmada tutarlı sonuçlar bulunabilmesi için 2007 yılı ve sonrasında uygulanmaya başlanmış olan Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verisi dikkate alınmamış, 1935-2000 yılları arasında yapılan nüfus sayımları verisi kullanılmıştır. Bunun nedeni, nüfus sayımı verilerinden elde edilen doğuştan beklenen yaşam süreleri ile ADNKS'den elde edilen doğuştan beklenen yaşam süreleri arasındaki büyük farklılıktır.

Model hayat tablosu olarak, nüfus yapıları ve coğrafi özelliklerinin benzerliği nedeniyle, diğer model hayat tablolarına göre Türkiye nüfus yapısını daha iyi yansıttığı düşünülen Batı Modeli Coale-Demeny Model Hayat Tabloları kullanılmıştır. Bununla beraber, Shorter ve Macura (1982), hangi model hayat tablosu kullanılırsa kullanılsın sonucun çok fazla değişmeyeceğini ifade etmiştir.

Nüfus sayım aralığına dayanan geleneksel ölümlülük hesaplama teknikleri, bu aralığın tamsayı olmaması veya beşin katı olmaması durumlarında kullanışlı olamamaktadır. Preston ve Bennett (1983), ardışık iki sayımın yaş dağılımlarından yararlanarak yetişkin ölümlülüklerinin tahmini için, sayımların eşit aralıklı yapılmış olma varsayımından bağımsız olarak kullanılabilen bir yöntem geliştirmişlerdir. Çalışmada, ara yıllara ilişkin yaşam verisi ve ölüm hızlarının belirlenmesinde Preston-Bennett yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile belirlenen düzeyler kullanılarak ilgili model hayat tablosu verilerine erişilmiştir.

Ham Verinin Derlenmesi

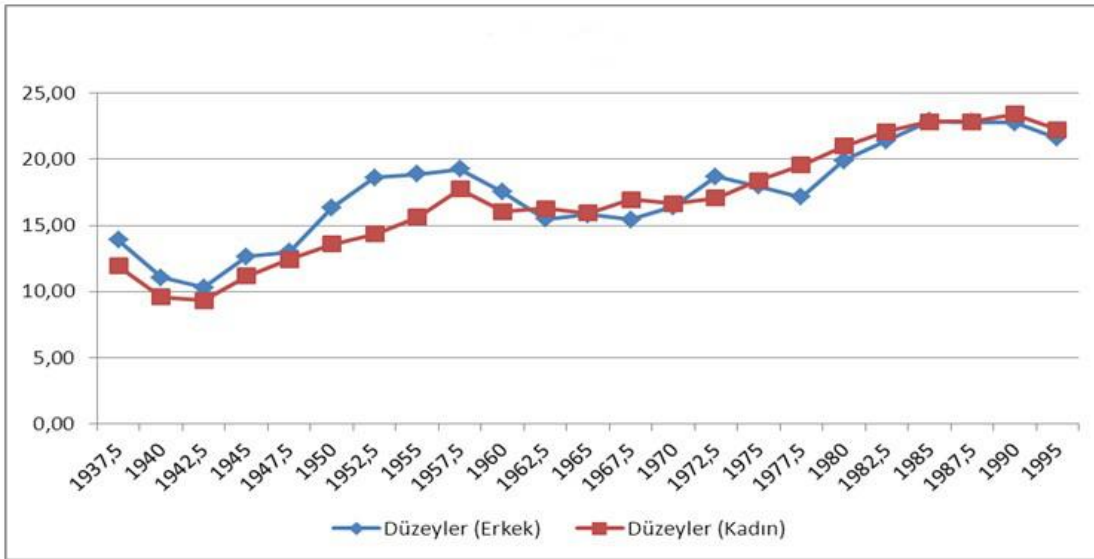
Uygulamanın ilk aşamasında ham nüfus sayımı verisinden ölüm hızları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Nüfus büyüklüklerinin birer yıllık aralıklar ile, yaş aralıklarının ise 0 ve 1-4 yaş grupları dışında beşerli yaş aralıkları (0, 1-4, 5-9, ..., 80-84) için bulunması amaçlanmıştır. Verinin güvenilirliğini artırmak amacıyla 85 yaş ve üzeri verinin kullanımından kaçınılmıştır.

Türkiye genel nüfusunu kapsayacak ölüm verisi bulunmadığından, bu uygulamada Preston-Bennett Yöntemi ile her yaş grubuna ilişkin beklenen yaşam süresi bulunmuş ve elde edilen tahmin değerleri kullanılarak ikişer buçuk yıllık aralıklarla 1937,5 ile 1995 yılları arasındaki beşerli yaş gruplarında model hayat tablosu düzeyleri elde edilmiştir. Batı modeli hayat tablosu kullanılarak bulunan model hayat tablosu düzeyleri ile yaş ve cinsiyet ayırımında ölüm hızları elde edilmiştir.

5, 10, 15 ve 20 yıl aralıklarla uygulanan Preston-Bennett Yöntemi ile elde edilen model hayat tablosu düzeylerinin ortalaması, o yıla ilişkin düzey olarak seçilmiştir.

Erkek ve kadınlar için elde edilen model hayat tablosu düzeyleri, Şekil 1'de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Şekil 1 Cinsiyet ayırımında nüfusa ilişkin batı modeli hayat tablosu düzeyleri



Şekil 1 incelendiğinde, 1937 ile 1995 yılları arası iki buçuk yıl aralıklar ile elde edilen kadınlara ve erkeklere ilişkin model hayat tablosu düzeylerinin oldukça benzer olduğu gözlemlenmiş ve aralarındaki ilişki katsayısının (korelasyon) %92,9 olduğu görülmüştür. 1937 ile 1965 yılları arasındaki erkeklere ilişkin düzeyler, kadınlara ilişkin düzeylerin üzerinde seyrederken, 1975 yılı ve sonrasında tersi bir durum gözlenmektedir. Dönemsel azalmalar gözardı edildiğinde, düzeylerin genel olarak arttığı söylenebilir.

Preston-Bennett Yöntemi ile elde edilemeyen ara yıllara ilişkin model hayat tablosu düzeylerinin tahmini için, belirlenen düzeylerin regresyon

analizleri yapılmış, en uygun model kullanılarak 1938-1995 arasındaki yıllara ilişkin model hayat tablosu düzeyleri tahmin edilmiştir. SPSS 16.0 Advanced yazılımı ile yapılan regresyon analizi için doğrusal, logaritmik, kuadratik, kübik, bileşik, lojistik ve üstel regresyon modelleri sınanmış, ara yıllara ilişkin model hayat tablosu düzeylerine ilişkin hem erkek hem de kadın nüfusu için en uygun regresyon modelinin,

$$Y = AX^B \quad (3.1)$$

biçimindeki üstel regresyon modeli olduğu görülmüştür.

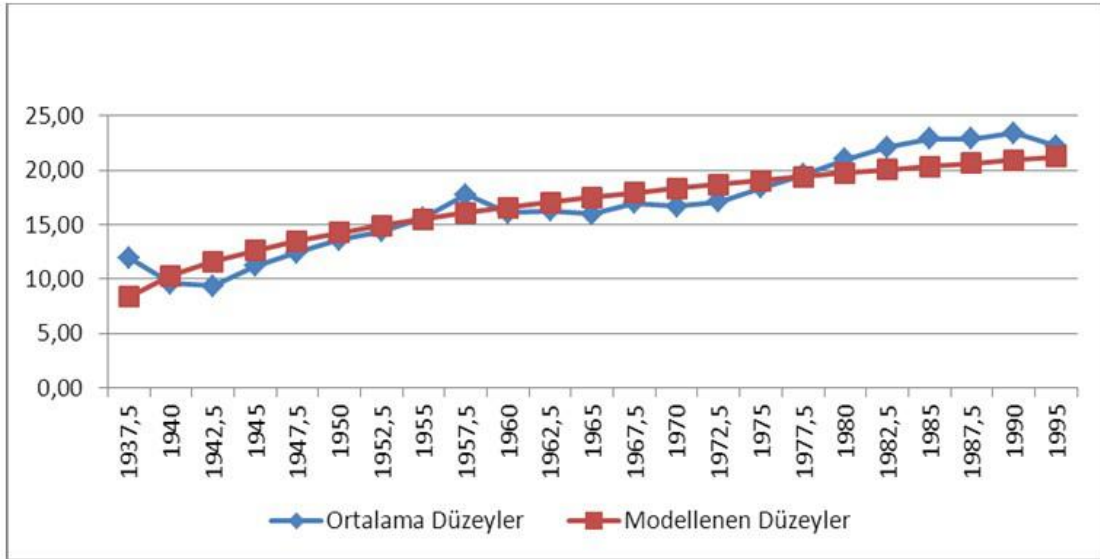
Yıllar bağımsız, düzeyler ise bağımlı değişken olarak alındığında kadınlara ilişkin üstel regresyon modeli,

$A=2,12275$ ve $B=0,297143$ katsayıları ile

$$\hat{Y} = 2,12275X^{0,297} \quad (3.2)$$

olarak bulunmuştur. Modelin açıklama katsayısı $R^2 = \%82$ 'dir. Bu model kullanılarak tahmin edilen düzeylerin, gözlenen düzeylerle olan uyumu Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2. Regresyon modelinin gözlenen düzeylere uyumu - Kadın



Regresyon modelinin genel olarak artan bir yapıda olmasından dolayı 1937-1942 ve 1957-1960 yıllarında gerçekleşen azalmalar, tahmin değerlerinde artan seyirini korumuştur. Düzeylerde 1980 yılından sonra gerçekleşen ani artışın dışında, regresyon modelinin düzey değerlerinin üzerinde seyrettiği söylenebilir.

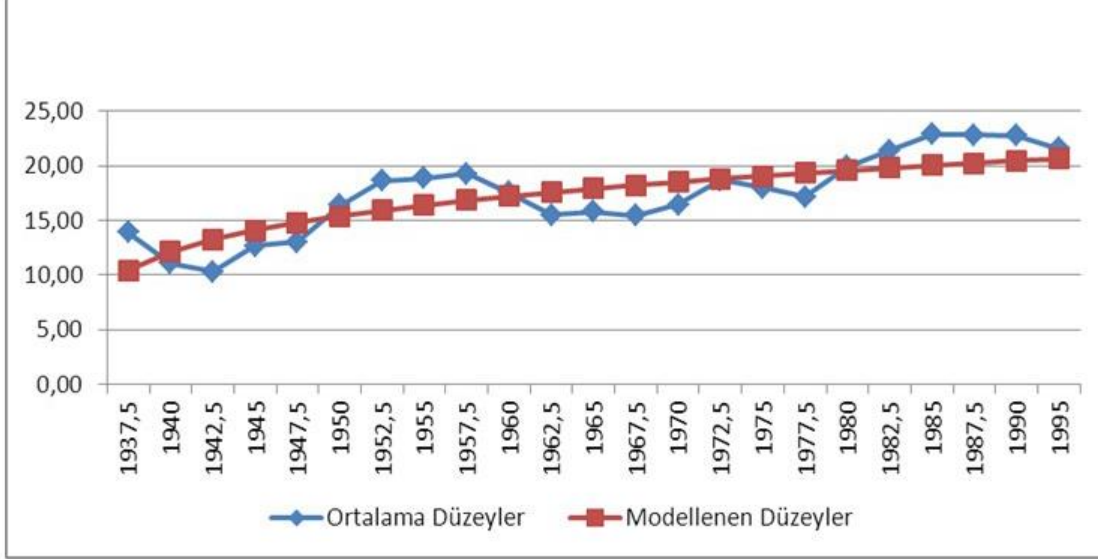
Erkekler için elde edilen üstel regresyon modeli ise,

$A=2,344338$ ve $B=0,217512$ katsayıları ile

$$\hat{Y} = 2,344338X^{0,218} \quad (3.3)$$

olarak elde edilmiştir. Modelin açıklama katsayısı $R^2 = \%64$ 'dir. Bu model kullanılarak tahmin edilen düzeylerin gözlenen düzeylerle olan uyumu Şekil 3'te verilmiştir:

Şekil 3 Regresyon modelinin gözlenen düzeylere uyumu – Erkek



Kadınlar için gözlenmiş olan düzeylere göre daha inişli çıkışlı bir yapı gösteren erkek model hayat tablo düzeyleri, regresyon modeli ile daha düşük bir açıklayıcılık göstermiştir. 1937-1942 ve 1957-1962 yıllarında sert düşüşler gözlenen düzey değerlerine ilişkin regresyon modelinde bu düşüşler model tarafından gözardı edilmiş ve sürekli artan bir seyir göstermiştir.

Üstel regresyon modeli ile tahmin edilen kadın ve erkeklere ilişkin model hayat tabloları düzey tahminlerinde %99,94129 gibi yüksek bir ilişki gözlemlenmiştir. A katsayısı daha yüksek olan erkek düzeylerinin 1972 yılına kadar kadın düzeylerinin üzerinde kaldığı, sonraki yıllarda ise kadın düzeylerinin daha yüksek değerlere sahip olduğu gözlemlenmektedir.

Regresyon modeli ile belirlenen 1938-1995 yılları arasında ilişkin düzeyler, Batı Modeli hayat tabloları ile 58 yıla ilişkin beklenen yaşam süreleri, ölüm hızları, yaşayan kişi-yıl sayıları ve ölen kişi sayıları bulunmuştur.

Regresyon çözümlemesi ile elde edilen doğuştan beklenen yaşam süreleri, hem kadın hem erkekler için 1938 yılında yaklaşık 40 yıl olarak belirlenmişken, beklendiği gibi kadınlara ilişkin doğuştan beklenen yaşam süreleri 1950 yılından sonra erkek doğuştan beklenen yaşam sürelerinden daha yüksek olarak tahmin edilmiştir. Son tahmin değeri olan 1995 yılında tahmin edilen doğuştan beklenen yaşam süreleri, kadın nüfusu için 70,5 yıl ve erkek nüfusu için ise 65 yıl olarak bulunmuştur.

Ölümlülüğün Lee-Carter Yöntemi ile Modellenmesi

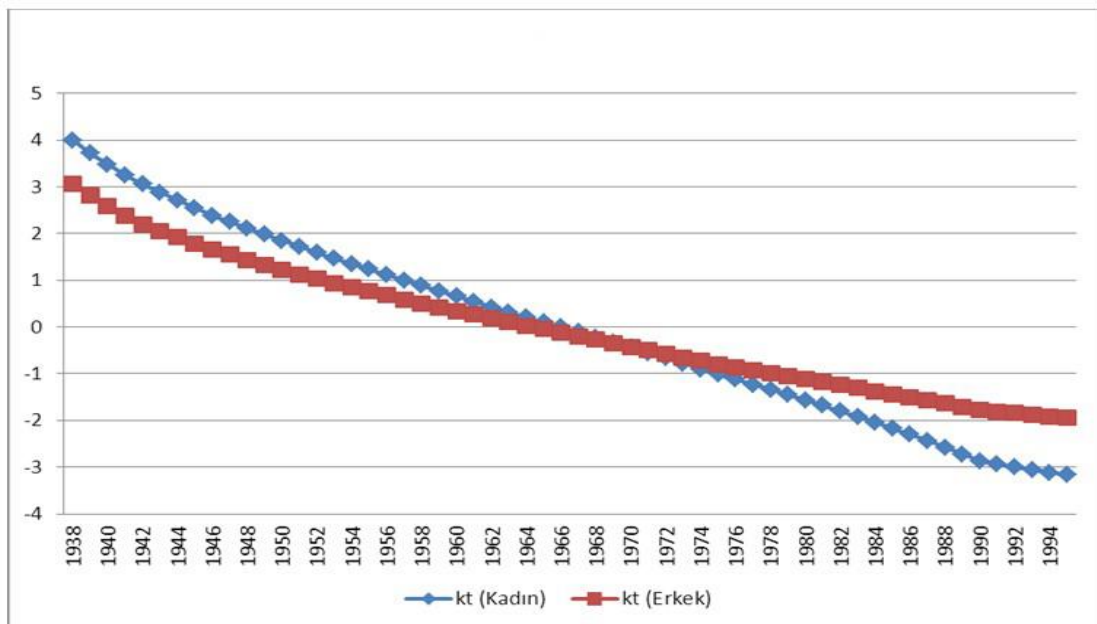
Bu bölümde, verdiği sonuçlar açısından literatürde en başarılı stokastik modellerden biri olduğu ifade edilen ve geçtiğimiz yıllarda birçok ülke için uygulaması yapılmış olan Lee-Carter Modeli, ülkemiz nüfus verisine uygulanmıştır.

1938-1995 yılları arası Türkiye ölüm hızlarının cinsiyet ayrımında 1-84 yaşları arasındaki değerlerinin logaritmik dönüşümleri bulunduğundan sonra, yıl değerleri kolonları, yaş değerleri de satırları oluşturacak şekilde elde edilen veri matrisi yapısına dönüştürülmüştür. Bu matrisin satırlarının ortalaması her yaş grubunun yıllar içerisindeki ortalamasını vereceğinden, Eş. 3.2 kullanılarak \hat{a}_x kestirim değerleri elde edilmiştir.

Ölümlülüğün yaşa özel ve takvim yılından bağımsız örüntüsü olan \hat{a}_x değerleri incelendiğinde, ölümlülüğün her iki cinsiyet için de 0 yaşından 10-14 yaş grubuna kadar beklediği gibi azalan bir seyir izlediği, daha sonra giderek arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, erkeklere ilişkin takvim yılından bağımsız olan ölümlülüğün, tüm yaş grupları için kadın ölümlülüğünden daha fazla olduğu görülmektedir.

Yıllara göre değişen ölümlülüğün yaşa özel örüntüsü olan b_x ve ölümlülüğün yıllara göre değişimini gösteren k_t parametrelerinin kestirimi için, logaritmik ölüm hızları matrisinden a_x vektörü çıkarılarak $Z_{x,t}$ matrisi elde edilmiştir. Yapılan uygulamada, b_x ve k_t vektörlerinin bulunmasında Lee ve Carter'ın orjinal çalışmalarında kullanmış olduğu TDA yöntemi ile iki aşamalı kestirim yöntemi kullanılmıştır. İlk aşama olarak $Z_{x,t}$ matrisine TDA yöntemi uygulanarak b_x ve k_t değerleri elde edilmiştir. Bu ayrışım işlemi, Microsoft Excel programına eklenti olarak hazırlanan Biplot yazılımı ve Matlab programı kullanılmıştır.

Şekil 4 Cinsiyet ayrımında k_t parametrelerinin karşılaştırılması



Lee-Carter Modeli'nde ölüm hızı göstergesi olan k_t , tüm yaşlar için ölüm hızlarının yıllar boyunca gerçekleşen değişimini göstermektedir. TDA sonucu elde edilen ilk aşama k_t kestirim değerleri Şekil 4'te gösterilmiştir.

Ölümlülüğün yıllar içerisindeki seyrini ifade eden k_t parametresinin ilk aşama kestirim değerleri, Türkiye nüfusunun ölümlülüğünün, hem kadın hem de erkekler için yıllar itibarıyla azaldığını göstermektedir. Elde edilen seride dönemselleşme ya da çıkışların bulunmaması, ham verinin derlenmesi aşamasında kullanılan regresyon modellerinden kaynaklanmaktadır.

Lee-Carter Yöntemi hesaplamalarında, logaritması alınmış değerler kullanıldığından modelden elde edilen parametreler ile gözlemlenen ölüm sayıları birbirlerini desteklememektedir. Bundan dolayı ikinci adımda k_t parametresi yeniden tahmin edilmiştir.

k_t indeks parametrelerinin yeniden kestirimi, Microsoft Excel yazılımında hazırlanan makrolar kullanılarak Eş. (2.1)'in sağlanabilmesi kriteri altında iterasyon yapılarak bulunmuştur. Hem kadın hem de erkek ölümlülüğüne ilişkin hesaplanan ikinci kestirim k_{t2} değerleri, ilk aşama kestirim değerlerine çok benzer olmakla birlikte küçük değişimlerin dışında çok ciddi bir sapma gözlenmemiştir.

Gelecek Yıllara İlişkin Ölümlülük Tahminleri

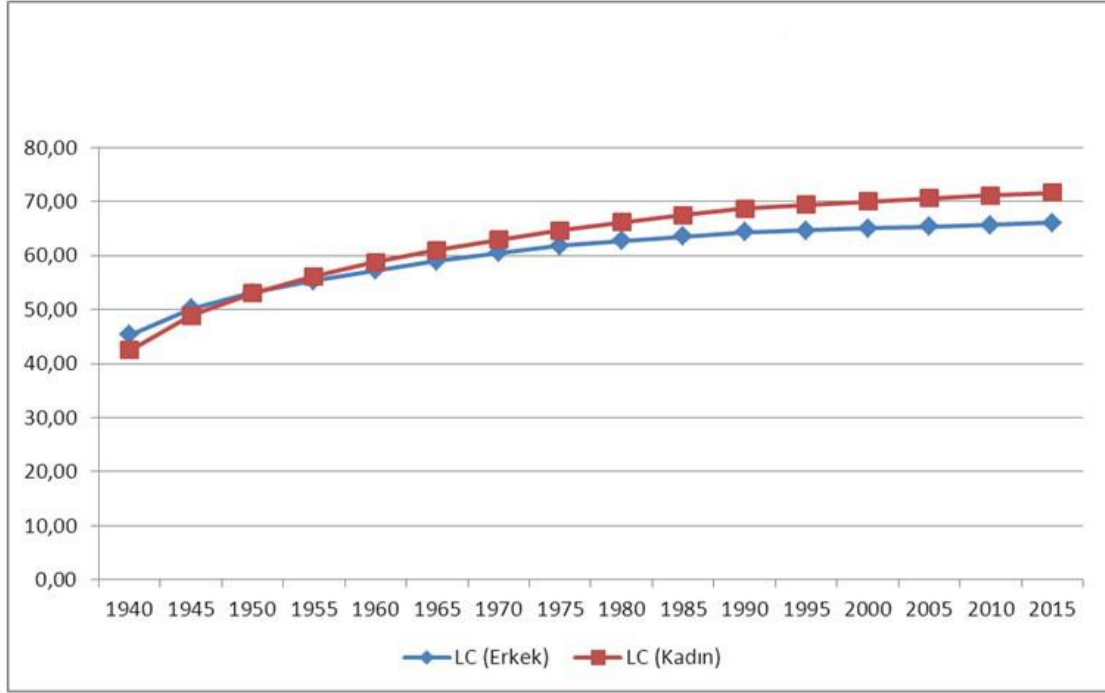
Çalışmanın bu bölümünde, 1938-1995 yılları arasındaki 43 yıllık veri kullanılarak Lee-Carter Yöntemi ile modellenen ölümlülüğün, 2015 yılına kadar öngörüsü yapılmıştır.

Daha önce de bahsedildiği gibi Lee-Carter Modeli'nin en önemli iki avantajı, basitliği ve modelleme aşamasında ürettiği başarılı sonuçlardır. R yazılımı kullanılarak yapılan en uygun $ARIMA(p, d, q)$ modelinin araştırılması çalışması sonucunda, her iki cinsiyet için de en uygun modelin $ARIMA(1,1,0)$ olduğu görülmüştür. Lee ve Carter'ın (1992) çalışmalarındaki projeksiyon uygulamalarında en uygun modelin $ARIMA(0,1,0)$ olarak bulunması nedeniyle literatürdeki birçok çalışmada, en uygun model olmasa dahi sabit terimli rastgele yürüyüş modeli kullanılarak öngörü çalışmaları yapılmıştır. Türkiye ölümlülüğünün modellenmesinde $ARIMA(1,1,0)$ modelinin daha uyumlu sonuçlar vermesi nedeniyle sabit terimli rastgele yürüyüş modeli kullanılmamıştır.

Ham veriden elde edilen regresyon modelinin sonucu olan pürüzsüz yapıdan dolayı öngörü değerleri de dalgalanmalar içermemektedir.

Yapılan öngörü çalışmalarının daha iyi yorumlanabilmesi ve geleceğe ilişkin daha net bilgiler verebilmesi için 2015 yılına kadar doğuşta beklenen yaşam süreleri de hesaplanmıştır. Doğuşta beklenen yaşam sürelerinin bulunması çalışmalarında, geçmiş için elde edilen ve gelecek için öngörülen parametreler ile ölüm hızları hesaplanmış ve model hayat tablolarında olduğu gibi başlangıç değerleri (radix) 100.000 olarak seçilen hayat tabloları 1940 yılından 2015 yılına kadar bu değerler için hazırlanmıştır. Yapılan beklenen yaşam süresi öngörülerini, her iki cinsiyet için de Şekil 5'te verilmiştir.

Şekil 5 Lee-Carter modeli ile hesaplanan beklenen yaşam süreleri



Kadınların beklenen yaşam sürelerinin erkeklere göre daha uzun olduğu, yapılan birçok bilimsel çalışma ile doğrulanmıştır; ancak Lee-Carter Yöntemi ile yapılan hesaplamalarda 1940 yılı ile 1950 yılları arasındaki sonuçlar, erkeklere dair beklenen yaşam sürelerinin daha yüksek olduğunu göstermiştir. Ülkemiz koşulları dikkate alındığında 1940-1950 yılları arasındaki bu durum beklentilerle uyuşmamaktadır. 1955 yılından itibaren ise kadınlara ilişkin beklenen yaşam süreleri, düşünüldüğü gibi, erkek beklenen yaşam sürelerinin üzerindedir. Son gözlem değeri olan 1995 yılına ilişkin beklenen yaşam süreleri, erkekler için 64,69 kadınlar için ise 69,36 yıl olarak tahmin edilmiştir. Günümüzü yansıtmaması beklenen 2010 yılı tahmin değerleri ise erkekler için 65,71; kadınlar için ise 71,13 yıl olarak hesaplanmıştır. Son kestirim değeri olan 2015 yılına ilişkin tahminler ise, erkekler için 66,03; kadınlar için ise 71,65 yıl olarak bulunmuştur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Lee-Carter Modeli, sunulduğu 1992 yılından bugüne kadar birçok kaynak tarafından en başarılı model olarak gösterilmiş ve geçtiğimiz yıllarda birçok ülkenin ölümlülük yapısının modellenmesinde kullanılmıştır (Li ve Chan, 2007).

Modelleme ve öngörü çalışmalarında geleceğe ilişkin tutarlı tahminlerin bulunması, kullanılan yöntem ile elde edilen modelin veriye olan uyum iyiliğine bağlı olduğu kadar, çalışmada kullanılan verinin ne derece doğru ve açıklayıcı olduğuna da bağlıdır. Dolayısıyla Türkiye genel nüfus

ölümlülüğünün daha doğru tahmin edilebilmesi için, ölümlülük göstergelerine ilişkin verinin temini büyük önem taşımaktadır.

Çalışmada, il ve ilçelerde yaşayan kişi sayıları 1935 yılından itibaren yapılan nüfus sayımlarından elde edilmiştir. Ölüm hızları ise, demografik yöntemlerle oluşturulan model hayat tablolarından elde edilmiştir.

Türkiye nüfusunun ölümlülüğü stokastik bir model olan Lee Carter ile modellenmiştir. Ölümlülüğün yıllar içerisindeki değişiminin hangi yaşa ne oranda yansıdığını ifade eden b_x parametresi sonuçları yorumlandığında, negatif bir değerle karşılaşılmadığı gözlenmiştir. Bu durum, ölümlülüğün tüm yaşlar için azaldığını, ölümlülük yapısının değişimine göre hiçbir yaş aralığında ölümlülüğün artmayacağını göstermektedir. Mevcut çalışma sonuçları, gelecek yıllarda ölümlülüğün azalmasının en çok 1-4 yaş grubundaki nüfusta etkili olacağını ve bu yaş grubundaki nüfusun ölümlülüğünün daha hızlı bir oranla azalacağını göstermektedir. İlerleyen yaş gruplarında ise azalan b_x değerleri, ölümlülük değişiminin yaşlar arttıkça etkisinin azalacağını göstermektedir. Bu etki cinsiyet ayrımında incelenecek olunursa, 5-24 yaş aralığında kadınlar için, sonraki yaşlarda ise erkekler için ölümlülük değişiminin daha etkili olduğu gözlemlenmektedir.

Gerek tıbbi gelişmeler, gerekse iyileşen yaşam koşulları ile birlikte insanların yaşam sürelerinin artan bir yapıda olduğu birçok bilimsel araştırma tarafından doğrulanmıştır. Bu çalışmada Lee-Carter Modeli ile ulaşılan sonuçlar da insanların beklenen yaşam sürelerinin artmakta olduğunu göstermiştir.

KAYNAKÇA

- Booth, H., (2006). Demographic forecasting: 1980 to 2005 in review, *International Journal of Forecasting*, 22, 571-581.
- Debon, A., Montes, F., Puig, F., (2008). Modelling and forecasting mortality in Spain, *European Journal of Operational Research*, 189, 624-637.
- Haberman, S., Russolillo, M., (2005). Lee-Carter mortality forecasting: application to the Italian population, *City University – Actuarial Research Paper No. 167.*, 22s.
- Li, S.-H., Chan, W.-S., (2007). The Lee-Carter Model for forecasting mortality, revisited, *North American Actuarial Journal*, 11, 68-89.
- Murray, C.J., Ahmad, O.B., Lopez, A.D., Salomon, J.A., (2001). WHO system of model life tables, *Global Programme on Evidence for Health Policy Discussion Paper Series*, 8, World Health Organization.
- Preston, S.H., Bennett, N.G., (1983). A census-based method for estimating adult mortality, *Population Studies*, 37, 91-104.
- Shorter F., Macura M., (1982). *Trends in Fertility and Mortality in Turkey: 1935-1975*, National Academic Press, Washington DC
- TÜİK, 2008, istatistik göstergeler 1923-2007.
- Wang, J.Z., (2007). Fitting and forecasting mortality for Sweden: applying the Lee-Carter model, *Working paper*, Stocholm, 51s.
- Yıldırım, F., (2010). Türkiye ölümlülük yapısının Lee-Carter ve Bulanık Lee-Carter ile modellenmesi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Aktüerya Bilimleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.