

**ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE**

**TÜRKİYE İL-İLÇE MERKEZLERİNDEKİ ÖLÜM ORANLARININ TREND VE  
LEE-CARTER YÖNTEMLERİ İLE TAHMİNİ**

**Yasemin GENÇTÜRK<sup>1</sup>, Tuna GENÇ<sup>2</sup>**

**ÖZ**

Ölüm oranı tahminleri özellikle sosyal güvenlik ile emeklilik sistemlerinin, özel sigorta planlarının gelecekteki finansal durumunun değerlendirilmesinde kullanılmakta, aktüeryal hesaplamaların başlıca bileşeni olarak bu planların finansal istikrarının sağlanmasında önemli bir yer teşkil etmektedir. Oldukça eski bir geçmişe sahip olan ölüm oranı tahmin yöntemleri deterministik ve stokastik yöntemler olarak sınıflandırılabilir. Deterministik modellerin ardından son yıllarda yaşanan demografik değişimle paralel olarak ölümlülük düzeylerinin daha sağlıklı değerlendirilerek, doğru ve güvenilir ölüm oranı projeksiyon modellerinin oluşturulması amacıyla stokastik modellerin ortaya çıktığı görülmektedir. Çalışmada, deterministik ölüm oranı tahmin yöntemlerinden Trend yöntemi ve stokastik yöntemlerden Lee-Carter yöntemi kullanılarak Türkiye il ve ilçe merkezlerinin nüfus ve ölüm istatistiklerine dayanan ölüm oranı tahminleri elde edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ölüm oranı tahmini, Trend yöntemi, Lee-Carter yöntemi.

**MORTALITY FORECASTING OF DEATHS IN PROVINCE - DISTRICT CENTERS  
OF TURKEY USING TREND AND LEE-CARTER METHODS**

**ABSTRACT**

Mortality forecasts are especially used to evaluate the future security of retirement and social security systems, private insurance plans etc. These forecasts are taking an important place providing a financial stability as a principal component of actuarial calculations. Mortality forecasting methods having a considerably old history can be categorized as deterministic and stochastic methods. After deterministic models, it is seen that stochastic models have emerged with a view to constituting a more accurate and reliable mortality forecasting models making a more robust assessment of mortality profile in parallel with the demographic change in recent years. In this study, mortality forecasts based on population and death statistics special to province and district centers of Turkey are obtained using one of the deterministic methods called as Trend method and one of the stochastic methods called as Lee-Carter method.

**Keywords:** Mortality forecasting, Trend method, Lee-Carter method.

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Aktüerya Bilimleri Bölümü, 06800 Beytepe ANKARA.  
e-posta : yasemins@hacettepe.edu.tr.

<sup>2</sup>Sosyal Güvenlik Kurumu, Aktüerya ve Fon Yönetimi Daire Başkanlığı, Balgat ANKARA.

## 1. GİRİŞ

Demografik çalışmalarda ölüm olayları ve belirli yaş grubundaki bireylerin yaşam beklentilerine ilişkin değerlendirmelere sıklıkla yer verilmektedir. Demografik bileşenlerin herhangi birindeki bir değişiklik gelecekteki maliyetleri de ciddi şekilde etkilemektedir. Demografik değişimlerin en önemli etkisi, nüfusun değişik yaş grupları arasındaki dağılımını değiştirmesidir. Bireylerin hayatlarının farklı dönemlerinde farklı tasarruf, harcama ve kazanç eğilimi göstermesi nedeniyle nüfusun yaş dağılımındaki değişim, ekonomideki toplam tasarruf, kazanç ve harcama dengelerinin değişmesine yol açmaktadır. Gelişmekte olan birçok ülkede yapılan araştırmalar, demografik değişimlerin ekonomik büyüme üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Bireylerin ortalama kaç yıl yaşayacaklarını gösteren demografik bir gösterge olan doğuşta hayatta kalma beklentisi, ülkelerin gelişmişlik düzeylerini yansıtmaya açısından önem taşımaktadır. Doğuşta hayatta kalma beklentisi, değişik yaş gruplarında beklenen ortalama ölüm oranları kullanılarak hesaplanmaktadır. Yaşa özel ölüm oranları ise demografik araştırmalar ve nüfus sayımları kullanılarak elde edilmektedir (Sosyal Güvenlik Kurumu, 2007). Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de artış gösteren doğuşta hayatta kalma beklentisinin gelecekteki davranışının değerlendirilmesi sosyal güvenlik sistemleri, hayat sigortası şirketleri gibi kuruluşların finansal istikrarı üzerinde etkin bir rol oynamaktadır.

Hayat tablolarının en temel bileşeni olan ölüm oranlarını etkileyen başlıca faktörler arasında, yaş, cinsiyet, medeni durum, meslek, alkol ve sigara gibi zararlı alışkanlıklar, sosyal ve ekonomik gelişmeler ile yer-zaman yer almaktadır (Şahin, 2006).

## 2. ÖLÜM ORANI TAHMİN YÖNTEMLERİ

Demografi ve aktüerya bilimlerinde oldukça eski bir geçmişe sahip olan ölüm oranı tahminleri genel olarak nüfus ve nakit akım projeksiyonlarının oluşturulmasında, hayat sigortaları ile emeklilik annüitelerinde prim ve rezervlerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Benzer şekilde resmi kuruluşlar da politika belirlemeye yönelik kararların alınmasında ölüm oranı tahminlerinden yararlanmaktadır (Koissi and Shapiro, 2008).

Ölüm oranlarının tahmininde evrensel olarak kabul edilmiş bir yöntem bulunmamakla birlikte, kullanılacak yöntem doğruluk, güvenilirlik, basitlik gibi farklı kriterler göz önünde bulundurularak belirlenmektedir.

Ölüm oranlarına ilişkin en eski modeller deterministik modellerdir. Parametrik fonksiyonlar ya da ölümlülük kanunları olarak da adlandırılan bu modellerde ölümlülük yaşı bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır (Tabeau et al., 2001). Ölüm oranlarının tahmin edilmesinde kullanılan belli başlı deterministik yöntemler De Moivre, Gompertz, Makeham, Weibull, Heligman-Pollard ve Trend yöntemidir.

Son yıllarda daha doğru ve güvenilir ölüm oranı projeksiyon modellerinin oluşturulması aktüerler ve politika belirleyiciler arasında giderek önem kazanmış, ölüm oranı tahminlerine verilen önemin artması yeni ve daha karmaşık yöntemlerin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Zaman içerisinde pek çok yöntem geliştirilmiş olmakla birlikte, son zamanlarda yapılan çalışmalarda, stokastik modellerin daha güvenilir sonuçlar vermesi nedeniyle tercih edildiği görülmektedir (Koissi and Shapiro, 2008). Lee ve Carter tarafından 1992 yılında geliştirilen yöntem stokastik modeller içerisinde en bilinen yöntem olup literatürde dönüm noktası olarak kabul edilmekte ve diğer yöntemlere göre güncelliğini koruyarak oldukça geniş bir uygulama alanı bulmaktadır (Booth et al., 2006). Lee-Carter yönteminin ölüm oranı tahmininde en çok kullanılan yöntemlerden biri olarak kabul edilmesinin ardından, orijinal yöntemde çeşitli değişiklik ve ilaveler öngören Lee ve Miller (2001), Booth et al. (2002), De Jong ve Tickle (2006), Hyndman ve Ullah (2007) gibi pek çok çalışma ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada, Trend yöntemi ile Lee-Carter yöntemi kullanılarak Türkiye il ve ilçe merkezlerindeki nüfus ve ölüm istatistiklerine dayanan ölüm oranı tahmini yapılacağından bu bölümde, bu yöntemler ayrıntılı olarak incelenecektir.

## 2.1 Trend Yöntemi

Trend yönteminde hem mevcut durumdaki ölümlülük hem de gelecek dönemde ölümlülük düzeyinde meydana gelmesi beklenen değişiklikler dikkate alınmaktadır.

$q(x; t)$   $x$  yaşındaki bir bireyin  $t$  anında ölüm oranını göstermek üzere, her yaş ve cinsiyette ölümlülük eğilimini tahmin edebilmek için trend faktörü olarak da adlandırılan ve geçmiş veriler kullanılarak tahmin edilen bir  $f(x)$  fonksiyonu tanımlanır. Trend faktörü zamandan bağımsız ya da zamana bağlı olabilmektedir.

Trend faktörünün zamandan bağımsız olması durumunda  $x$  yaşındaki bir bireyin  $t+a$  anında ölüm oranı,

$$q(x; t + a) = f(x)^a \cdot q(x; t) \quad (1)$$

biçiminde ifade edilir.

$j$  ölüm oranlarının bilindiği son yılı ve  $p$  ise  $j$  yılına kadar ölüm oranı bilinen yıl sayısını göstermek üzere (1) eşitliğindeki zamandan bağımsız trend faktörü

$$f(x) = \sqrt[p]{\frac{q(x; t)}{q(x; j - p)}} \quad (2)$$

olarak elde edilir.

Dolayısıyla, (2) eşitliği kullanılarak  $t > 0$  olmak üzere  $j + t$  anında ölüm oranı

$$q(x; j + t) = f(x)^t \cdot q(x; j) \quad (3)$$

eşitliğinden tahmin edilir.

$k$  herhangi bir zamanı,  $p$  ise  $k$  anına kadar ölüm oranı bilinen yıl sayısını göstermek üzere zamana bağlı trend faktörü

$$f(x; k) = \sqrt[p]{\frac{q(x; k)}{q(x; k - p)}}, \quad k = 2, 3, \dots, j, j + 1, \dots \quad (4)$$

eşitliğinden hesaplanarak  $k + t$  anında ölüm oranı

$$q(x; k + t) = q(x; k) \cdot \prod_{i=1}^t f(x; k + i) \quad (5)$$

bulunur.

$k$  ile  $k + i$  anındaki trend faktörleri arasındaki ilişki,

$$f(x; k + i) = f(x; k) \cdot e^{i\alpha(x)} \quad (6)$$

biçiminde tanımlandığında (5) eşitliği,

$$q(x; k+t) = q(x; k) \cdot f(x; k)^t e^{\alpha(x)t(t+1)/2} \quad (7)$$

olarak elde edilir (Van Broekhoven, 2002).

## 2.2 Lee-Carter Yöntemi

1992 yılında Ronald Lee ve Lawrence Carter, yaşa özel ölüm oranlarının modellenmesi ve tahmininde yaş ile zaman faktörlerini içeren bir model sunmuştur (Lee and Carter, 1992). Yöntem, geçmişte ölüm oranlarında gözlenen değişiklikleri projekte edilecek modele yansıtan zaman serisi modelini kullanmaktadır. Ölüm oranı ve yaşam beklentisinin tahmini, ölüm oranı düzeyinin zamana bağlı göstergesinin tahmininden elde edilmektedir.

Lee- Carter modeli,

$$\ln(m_{x,t}) = a_x + b_x k_t + \varepsilon_{x,t}, \quad x = 1, 2, \dots, n, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (8)$$

olarak tanımlanmaktadır.

Modelden tek bir sonuç elde edilebilmesi için  $\sum_{x=1}^n b_x^2 = 1$  ve  $\sum_{t=1}^T k_t = 0$  kısıtlarının olduğu varsayılmıştır.

(8) eşitliğinde,

$m_{x,t}$ :  $t$  zamanında  $x$  yaşı için merkezi ölüm oranını,

$a_x$ :  $t = 1, 2, \dots, T$  zamanlarında  $x$  yaşı için merkezi ölüm oranının logaritmasının ortalamasını ya da ölüm oranının yaşa özel örüntüsünün ortalamasını yani  $a_x = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \ln m_{x,t}$

$k_t$ :  $t$  zamanında ölüm oranı değişikliğini ya da ölüm oranının zaman trendini gösteren bileşeni,

$b_x$ : Yaş profilinden sapmanın örüntüsünü ya da ölüm oranındaki değişikliğin yaşa özel örüntüsünü yani yıllar itibarıyla ölüm oranının genel düzeyinin değişmesi durumunda her yaş için ölüm oranının değişme hızını gösteren yaşa özel bileşeni

ve

$\varepsilon_{x,t}$ : Sıfır ortalama ve sabit varyans ile Normal dağılıma sahip hata terimini göstermektedir.

$D_{x,t}$   $x$  yaşında ve  $t$  ayında ölen kişilerin sayısını,  $P_{x,t}$  yıl ortası nüfusu göstermek üzere merkezi ölüm oranı  $m_{x,t} = \frac{D_{x,t}}{P_{x,t}}$  ve  $N_{x,t}$  yılın başındaki nüfusu göstermek üzere ölüm oranı

$$q_{x,t} = \frac{D_{x,t}}{N_{x,t}} = \frac{m_{x,t}}{1 + 0,5 * m_{x,t}} \text{ olarak elde edilir.}$$

Lee-Carter modelinin tahmininde iki aşamalı tahmin yöntemi kullanılmaktadır. Birinci aşamada  $(\ln(m_{x,t}) - a_x)$  matrisine tekil değerlerin ayrıştırılması (Singular Value Decomposition) yöntemi

uygulanarak  $b_x$  ile  $k_t$  parametreleri tahmin edildikten sonra merkezi ölüm oranlarının logaritmasının tahmini,

$$l\hat{n}(m_{x,t}) = \hat{a}_x + \hat{b}_x \hat{k}_t \quad (9)$$

hesaplanır (Wang, 2007).

İlk aşama tahminlerinde ölüm oranlarının logaritmasının kullanılması tahmin edilen ölümlerin gerçek ölümlerden farklı olmasına neden olduğundan, iteratif yöntem kullanılarak  $\hat{k}_t$  yeniden tahmin edilir. Yeniden tahmin edilmiş  $\hat{k}_t$  ' lar için uygun zaman serisi modeli belirlenerek projeksiyon döneminde bu parametreye ilişkin tahminler elde edilir. Bu tahminler kullanılarak ölüm oranı projeksiyonu,

$$m_{x,T+\Delta t} \approx m_{x,T} \exp \left\{ \hat{b}_x (\hat{k}_{T+\Delta t} - \hat{k}_T) \right\} \quad (10)$$

modeli ile bulunur (Haberman and Russolillo, 2005).

### 3. UYGULAMA

Bu bölümde, ülkemizin il ve ilçe merkezlerindeki nüfus ve ölüm istatistiklerine dayanan ölüm oranı tahminini elde etmeye yönelik olarak, ölüm oranı tahmin yöntemlerinden Lee-Carter ve Trend yöntemlerinin uygulanması amaçlanmıştır.

Uygulamada, TÜİK tarafından 1957 yılından itibaren tüm il, ilçe merkezlerini kapsayacak şekilde yayımlanmakta olan yaş ve cinsiyete göre ölümlere ilişkin istatistikler ile nüfus verilerinden yararlanılmış, tek yıllar ve beşerli yaş grupları için cinsiyete göre ölüm oranı tahmin edilmiştir.

İl ve ilçe merkezlerine ilişkin ölüm istatistikleri ve yıl ortası nüfus verilerinin hesaplamada kullanılacak formata uygun biçime dönüştürülmesinin ardından 1960–2000 dönemi için yaşa özel ölüm oranları elde edilmiş, söz konusu verilere Lee-Carter ve Trend yöntemleri uygulanmıştır.

Lee-Carter yöntemine ilişkin olarak öncelikle parametre tahmini yapılmış, modelin kontrolü amacıyla yaş grupları ve yıllar itibariyle hata kare toplamları hesaplanmıştır. Yıllar ve yaş grupları itibariyle hata kare toplamlarının sonuçları doğrultusunda tahmine esas olarak seçilen yaş grupları ve dönemler yeniden değerlendirilmiştir.

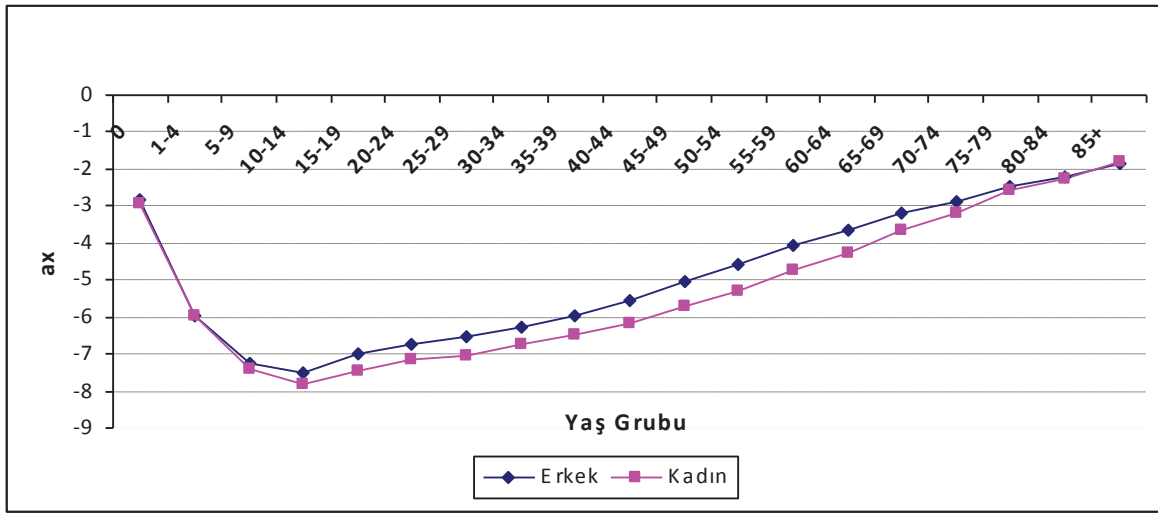
Bu bölümde ayrıca deterministik bir yöntem olan Trend yönteminin uygulamasına yer verilmiştir. 1960–2000 dönemi esas alınarak hesaplanan trend faktörü kullanılarak 2001, 2010 ve 2050 yılları için ölüm oranı projeksiyonu yapılmıştır.

Lee-Carter ve Trend yöntemi ile tahmin edilen ölüm oranlarının karşılaştırılması için 1960–1980 dönemine ilişkin veriler kullanılarak her iki yöntemle ölüm oranlarının beşerli yaş gruplarında, cinsiyete göre 1981–2000 yılları için projeksiyonu yapılmış, bulunan projeksiyon sonuçları, gözlenen ölüm oranları ile karşılaştırılmıştır.

#### 3.1 Lee-Carter Yönteminin Uygulanması

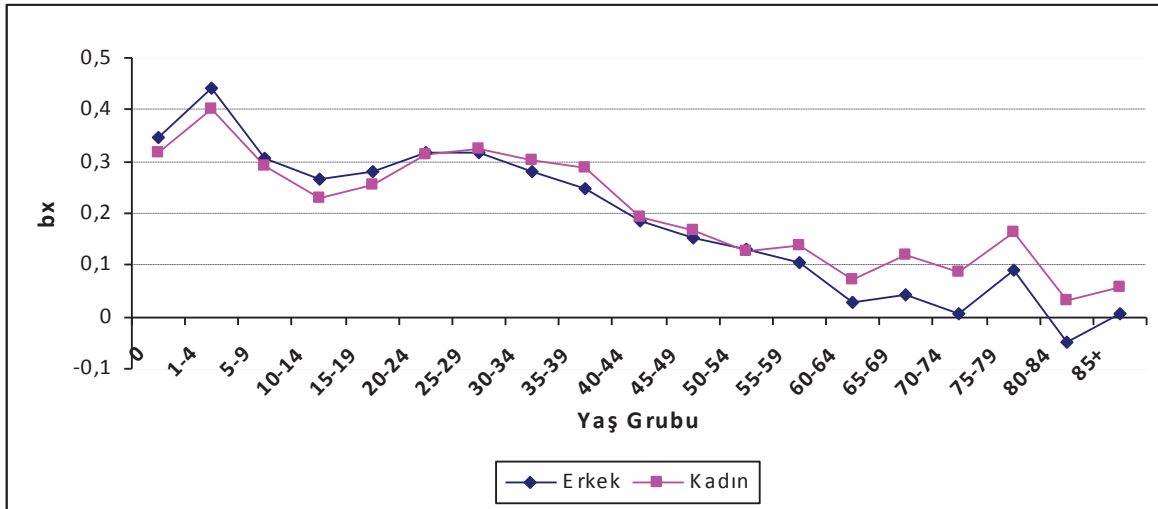
Bu bölümde, stokastik modeller içerisinde en bilinen yöntem olan ve zaman içerisinde pek çok ülke tarafından da uygulanan Lee-Carter yönteminin ülkemiz il ve ilçe merkezi verilerine uyarlanması amaçlanmıştır.

1960–2000 dönemine ilişkin veriler kullanılarak merkezi ölüm oranı hesaplandıktan sonra, ölüm oranının yaşa özel genel örüntüsü  $a_x = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \ln m_{x,t}$  bulunmuştur. Yıllar itibariyle cinsiyete göre, beşerli yaş grupları için  $\ln(m_{x,t})$  ve  $a_x$  değerlerinin bulunmasının ardından Lee ve Carter tarafından orijinal çalışmalarında da kullanılmış olan iki aşamalı tahmin yöntemi uygulanmıştır. Birinci aşamada,  $(\ln(m_{x,t}) - a_x)$  matrisi oluşturulmuş ve Microsoft Excel Programına eklenen Biplot fonksiyonu ile tekil değerlerin ayrıştırılması yöntemi kullanılarak  $k_t$  ve  $b_x$  parametrelerinin tahminleri elde edilmiştir. 1960–2000 dönemi verileri baz alınarak bulunan model parametrelerinin tahmin sonuçları Şekil 1, 2 ve 3’ de verilmiştir.



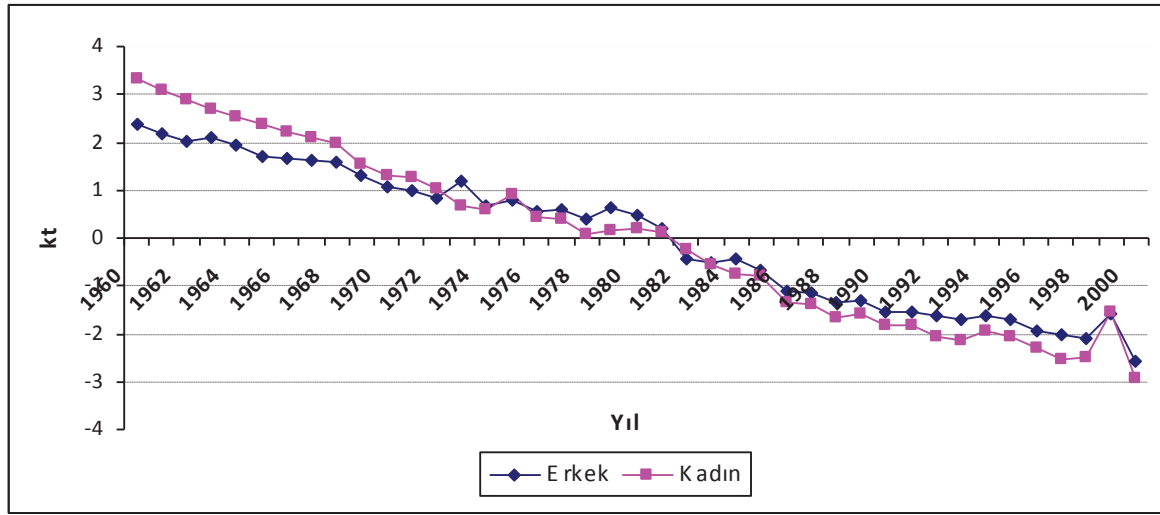
Şekil 1. Erkekler ve Kadınlar İçin Yaş Gruplarına Göre  $a_x$  Değerleri

Ölüm oranının genel yaş biçimi hakkında fikir veren  $a_x$  parametresine ilişkin Şekil 1’ den, her iki cinsiyet için ölüm oranının genç yaşlarda ileri yaşlardakinden daha düşük olduğu ve özellikle 10–14 yaş grubundan itibaren yükseliş trendi gösterdiği görülmektedir.



Şekil 2. Erkekler ve Kadınlar İçin Yaş Gruplarına Göre  $b_x$  Değerleri

Şekil 2' den  $k_t$  parametresindeki değişimin yaşa özel örüntüsü olarak tanımlanan  $b_x$  parametresinin yaşla beraber genel olarak azalış eğiliminde olduğu, genç yaşlar için ölüm oranlarının ileri yaşlara göre çok daha hızlı bir düşüş kaydettiği görülmektedir. Her iki cinsiyet için  $b_x$  parametresinin değişkenlik gösterdiği, erkeklerde 80–84 yaş grubu için negatif değer aldığı gözlenmektedir. Negatif  $b_x$  değerleri, zaman trendinin de negatif ya da azalış eğiliminde olması durumunda ölüm oranlarının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca örneğin 85+ yaş grubundaki erkekler için  $b_x$ 'in sifıra çok yakın bir değer alması belirtilen yaş grubuna ilişkin ölüm oranı tahminlerinin çalışma dönemi boyunca hemen hemen sabit kalması sonucunu yaratmaktadır.

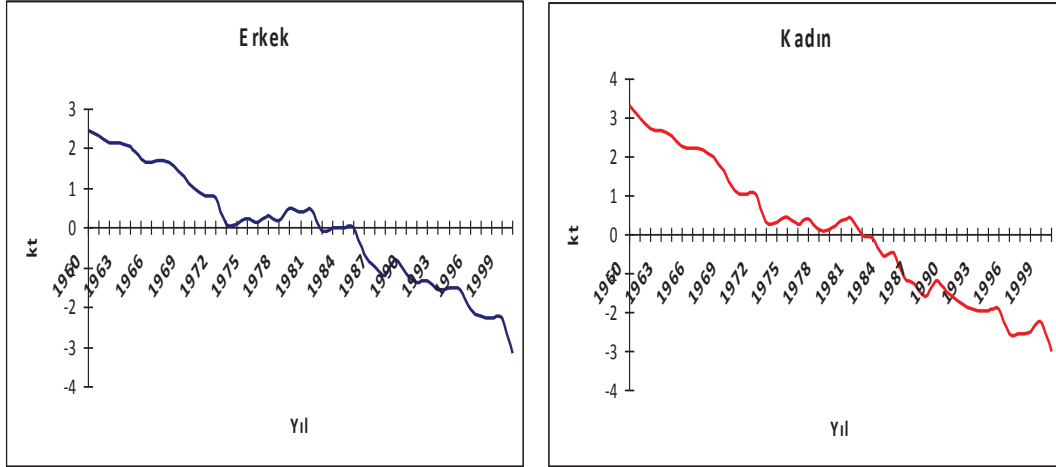


Şekil 3. Erkekler ve Kadınlar İçin Yıllara Göre  $k_t$  Değerleri

Ölüm oranlarının zaman trendini gösteren  $k_t$  parametresine ilişkin Şekil 3 incelendiğinde,  $k_t$ 'nin erkekler ve kadınlar için benzer bir görüntü sergilediği görülmektedir. 1960'lı yıllarda yüksek olan  $k_t$  değerlerinin zaman içerisinde dalgalanmalar göstermekle birlikte genel olarak azalış eğiliminde olduğunu söylemek mümkündür. Modelin verilere uygunluğu  $k_t$  ve  $b_x$  parametreleri ile değerlendirilebilir. Zaman trendi doğrusal olarak azalırken  $b_x$  parametresinin de yaşla birlikte azalması modelin verilere iyi uyum sağladığının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir.

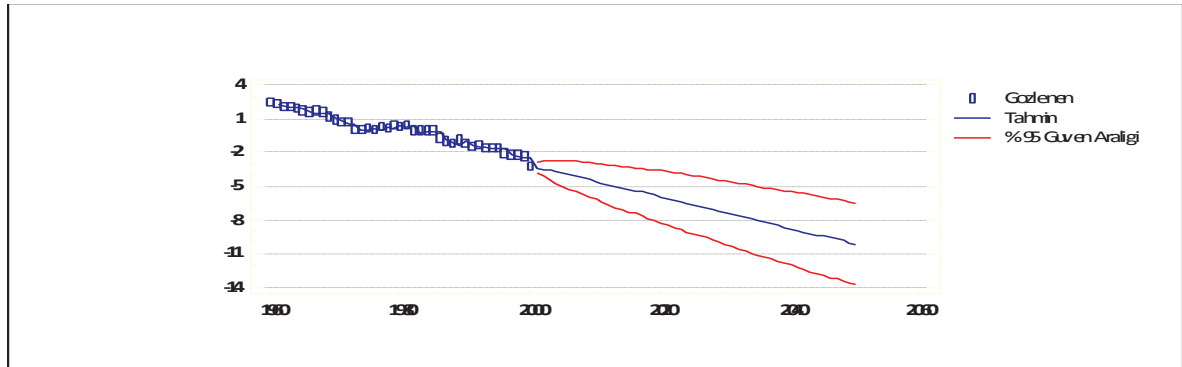
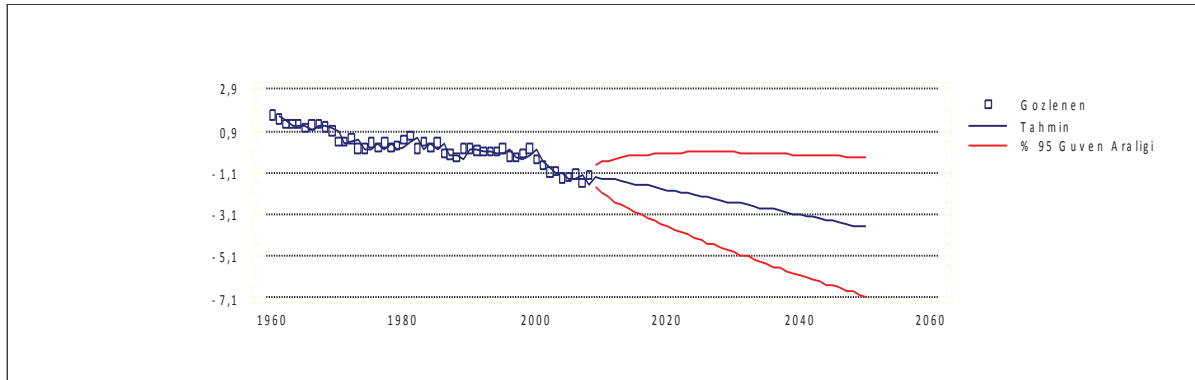
Ölüm oranlarının logaritmasına dayanan birinci aşama tahminleri, tahmin edilen ölümler ile gözlenen ölümler arasında farklılık yarattığından  $\hat{k}_t$  yeniden tahmin edilmiştir.  $\hat{k}_t$  için yeni düzeltilmiş tahmin değerleri, her yıl toplam gözlenen ölümleri toplam beklenen ölümlere eşitlemeyi amaçlayan iterasyon yönteminin uygulanması sonucu bulunmuştur. Söz konusu iterasyon yönteminin aşamaları için Visual Basic Scripting Edition (VBScript) programında bir algoritma oluşturulmuş, iterasyon sayısı 2000 alınarak  $\hat{k}_t$ 'ye ilişkin yeni tahmin değerleri elde edilmiştir.

1960–2000 dönemi için yeniden tahmin edilen  $\hat{k}_t$  değerlerine ilişkin Şekil 4 incelendiğinde,  $\hat{k}_t$ 'nin erkek ve kadınlarda düzensiz bir yapıya sahip olduğu, genel olarak azalış eğiliminde olmakla birlikte özellikle 1985 yılından itibaren giderek düşüş gösterdiği, söz konusu düşüşün erkeklerde kadınlara oranla daha fazla olduğu gözlenmektedir.

Şekil 4. Yeniden Tahmin Edilen  $\hat{k}_t$  Değerleri

Yeniden tahmin edilen  $\hat{k}_t$  değerlerine zaman serisi modellerinden  $ARIMA(0,1,0)$  modelinin uygun olduğu tesbit edilmiş, bu model kullanılarak geleceğe yönelik tahminler Statgraphics Plus programından elde edilmiştir.

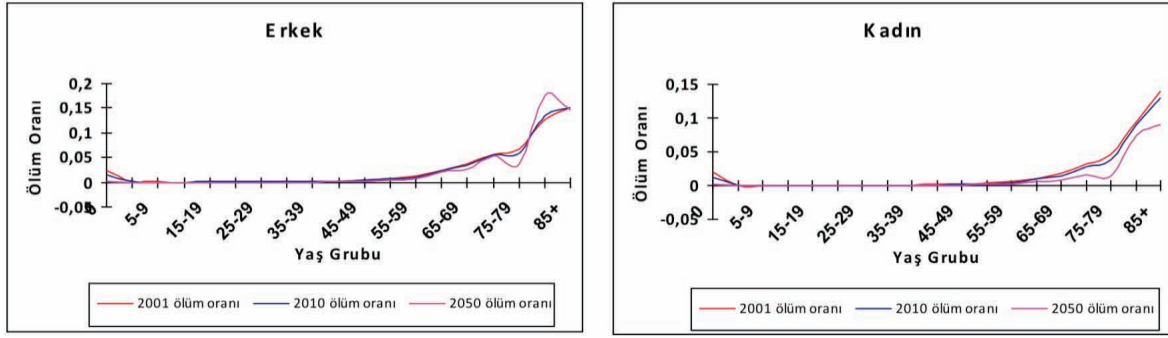
Kadın ve erkekler için 1960–2000 yılları temel alınarak yeniden tahmin edilmiş  $\hat{k}_t$  parametresi ve 2050 yılına kadar projeksiyon değerleri Şekil 5 ve 6’ da verilmiştir.

Şekil 5. Erkekler İçin 1960–2000 Dönemi İçin  $\hat{k}_t$  Değerleri ile 2050 Yılına Kadar Projeksiyon SonuçlarıŞekil 6. Kadınlar İçin 1960–2000 Dönemi İçin  $\hat{k}_t$  Değerleri ile 2050 Yılına Kadar Projeksiyon Sonuçları



Şekil 5 ve 6 incelendiğinde, 2001–2050 yıllarına ait projeksiyon sonuçlarının 1960–2000 dönemi ile uyumlu olduğu, azalış trendinin projeksiyon dönemi boyunca da devam ettiği ve tahminlerin % 95 güven aralığı içerisinde yer aldığı görülmektedir.

$\hat{K}_t$ 'nin ileriye dönük tahminleri elde edildikten sonra kadın ve erkekler için beşerli yaş grubunda 2001,2010 ve 2050 yıllarına ilişkin ölüm oranı projeksiyonu yapılmış ve projeksiyon sonuçları Şekil 7' de verilmiştir.



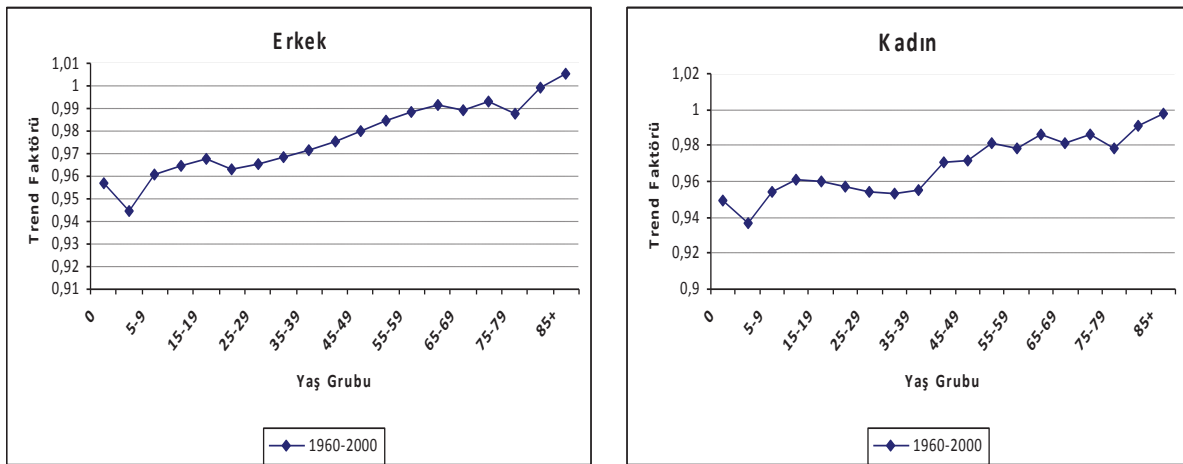
Şekil 7. 2001, 2010 ve 2050 Yıllarına İlişkin Ölüm Oranı Projeksiyon Sonuçları

1960–2000 dönemi verileri baz alınarak yapılan projeksiyon sonuçları incelendiğinde, 2001 ve 2050 yıllarında erkeklerde 1–4 yaş grubundan 75–79 yaş grubuna kadar kadınlarda ise 1–4 yaş grubundan 65–69 yaş grubuna kadar olan yaş grupları için, 2010 ve 2050 yıllarında ise erkeklerde 1–4 yaş grubundan 75-79, kadınlarda 1–4 yaş grubundan 65–69 yaş grubuna kadar olan yaş grupları için ölüm oranlarının oldukça yakın değerler aldığı ve tüm yaş gruplarında erkeklerin ölüm oranlarının kadınların ölüm oranlarından daha yüksek olduğunu söylenebilmektedir.

### 3.2 Trend Yönteminin Uygulanması

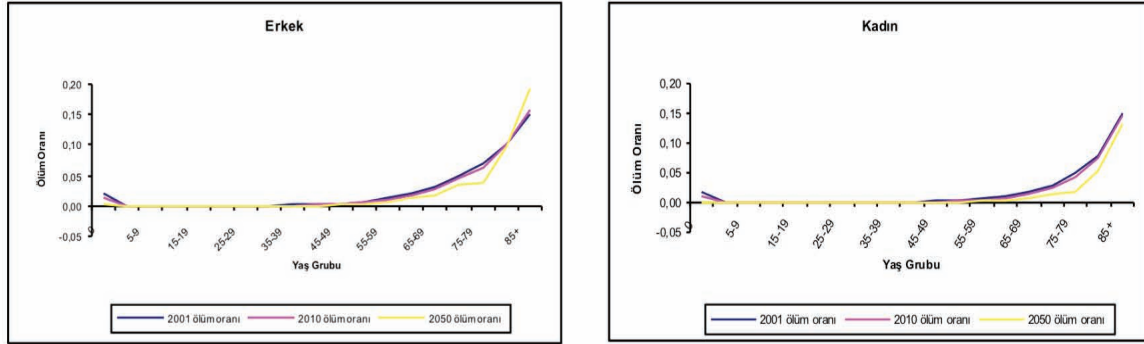
1960–2000 dönemi esas alınarak, yaş ve cinsiyete göre ölümlülük eğilimini tahmin etmek amacıyla kullanılan trend faktörü hesaplandıktan sonra beşerli yaş grubunda ve cinsiyet bazında geleceğe yönelik ölüm oranı tahmini yapılmıştır.

Erkek ve kadınlara için hesaplanan trend faktörü değerlerine Şekil 8'de yer verilmiştir. Şekil 8' den yaş ilerledikçe ölümlülüğün artış eğilimi gösterdiğini söylenebilir.



Şekil 8. Yaş Grupları İtibariyle Trend Faktörü Değerleri

Hesaplanan trend faktörleri kullanılarak ölüm oranının 2001, 2010 ve 2050 yılları için projeksiyonu yapılmıştır, sonuçlar Şekil 9’ da verilmiştir.

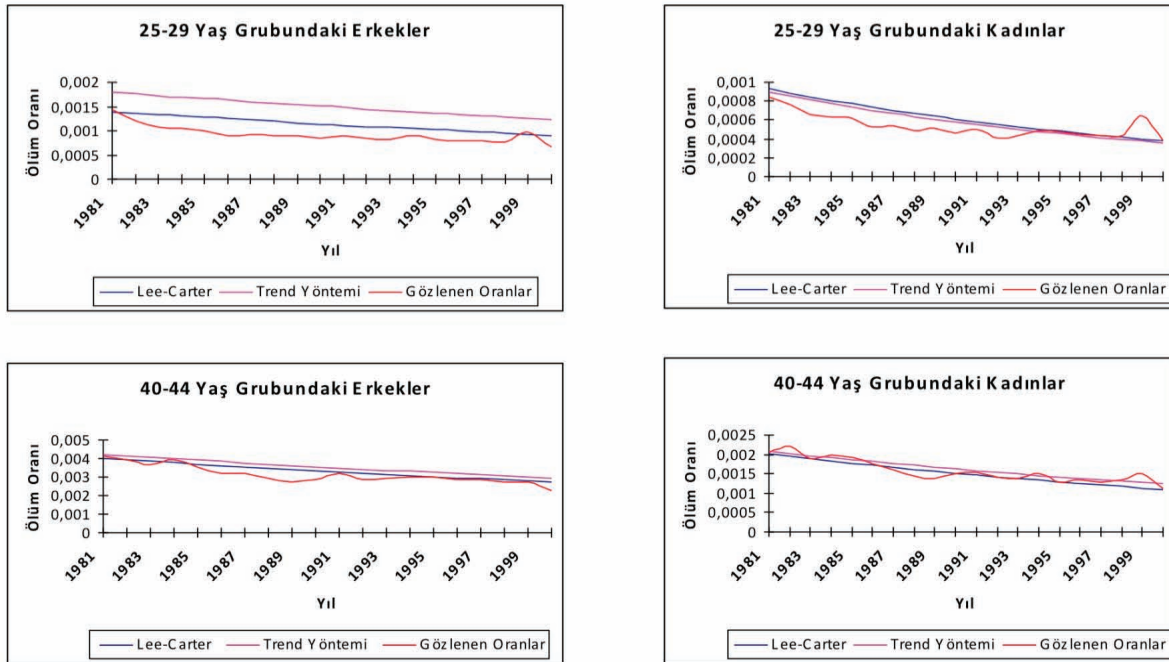


Şekil 9. 2001, 2010 ve 2050 Yıllarına İlişkin Ölüm Oranı Projeksiyon Sonuçları

1960–2000 dönemi verileri baz alınarak yapılan projeksiyon sonuçları incelendiğinde, 2001 ve 2050 yıllarında erkek ve kadınlarda 1–4 yaş grubundan 65–69 yaş grubuna kadar olan yaş grupları için, 2010 ve 2050 yıllarında ise erkek ve kadınlarda 1–4 yaş grubundan 65–69 yaş grubuna kadar olan yaş grupları için ölüm oranlarının çok yakın değerler aldığı gözlenmektedir. Hem 2001, 2010 hem de 2050 yılı projeksiyon sonuçları, tüm yaş gruplarında erkeklerin ölüm oranlarının kadınların ölüm oranlarından daha yüksek olduğunu göstermektedir.

### 3.3 Lee-Carter ile Trend Yönteminin Projeksiyon Sonuçlarının Karşılaştırılması

Uygulamanın bu bölümünde iki yöntemin projeksiyon sonuçları açısından bir arada değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, ilk olarak 1960–1980 dönemi verileri kullanılarak her iki yöntemle ölüm oranlarının beşerli yaş gruplarında 1981–2000 yılları için projeksiyonu yapılmış ve projeksiyon sonuçları ile gözlenen ölüm oranları karşılaştırılarak modellerin performansları üzerinde durulmuştur. Tüm yaş grupları için benzer sonuçlar elde edildiğinden burada sadece 25–29 ile 40–44 yaş grubundaki erkek ve kadınlara ilişkin bulunan sonuçlara yer verilmiştir.



Şekil 10. 25–29 ve 40–44 Yaş Grubu İçin 1981–2000 Dönemi Projeksiyon Sonuçları

Şekil 10 incelendiğinde, projeksiyon dönemi boyunca ölüm oranlarının iki yöntemde azalış trendine sahip olduğu görülmektedir. Projeksiyon sonuçları gözlenen oranlarla karşılaştırıldığında, erkeklerde 25–29 yaş grubu için iki yöntemle bulunan sonuçların genel olarak gözlenen oranların üstünde olmakla birlikte sıçrama yaşanan yıllar haricinde benzer bir trende sahip olduğu, 40–44 yaş grubu için ise projeksiyonla bulunan oranların genel olarak gözlenen oranların üzerinde kaldığı, gözlenen oranların Lee-Carter yöntemi ile bulunan oranlarla daha uyumlu olduğu gözlenmiştir. Kadınlara ilişkin projeksiyon sonuçları 25–29 yaş grubu açısından değerlendirildiğinde 1994 yılına kadar projeksiyon değerleri gözlenen oranlardan daha yüksek iken, 1994–1998 döneminde her iki yöntem ile bulunan oranların gözlenen oranlarla hemen hemen aynı değerleri aldığı görülmüştür. Ekstrem bir yıl olan 1999 yılında gözlenen oranlarda görülen sıçrama ne Lee-Carter ne de Trend yöntemi ile yakalanamamıştır.

Projeksiyon dönemi boyunca gözlenen ölüm oranları ile Lee-Carter ve Trend yöntemi kullanılarak yapılan projeksiyon sonuçları, ortalama mutlak hata kriterlerine göre de değerlendirilerek karşılaştırılmış, sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. 1981-2000 Yılları Gözlenen ile Projekte Edilen Ölüm Oranlarının Ortalama Mutlak Hata Açısından Karşılaştırılması

	<b>Kadın</b>	<b>Erkek</b>
<b>Lee-Carter (0,1,0)</b>	0.1707	0.2052
<b>Trend Yöntemi</b>	0.1408	0.1842

Kadın ve erkeklerde gözlenen ve projekte edilen ölüm oranları arasındaki farklılık ortalama mutlak hata açısından değerlendirildiğinde, gözlenen ölüm oranlarına Trend yöntemi ile bulunan sonuçların, Lee-Carter yöntemi ile bulunan sonuçlardan daha iyi uyum sağladığı görülmektedir.

#### 4. Sonuçların Değerlendirilmesi

Demografi ve aktüerya bilimlerinde oldukça eski bir geçmişe sahip olan ölüm oranı tahminlerinden, nüfus projeksiyonları ile politika belirlemeye yönelik olarak yapılan aktüeryal hesaplamaları da içeren pek çok alanda yararlanılmaktadır. Ölüm oranları, hayat tablolarının başlıca bileşeni olup güvenilir aktüeryal hesaplamalar yapılabilmesi için her ülkenin kendi yapısına özgü nüfus ve ölüm istatistiklerine dayanan ölüm oranı tahminlerinin yapılması önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, deterministik bir yöntem olan Trend yöntemi ile stokastik bir yöntem olan Lee-Carter yöntemine ilişkin bilgi verilerek, Türkiye’nin il ve ilçe merkezlerindeki nüfus ve ölüm istatistiklerine dayanan ölüm oranı tahminleri elde edilmiştir.

Trend ve Lee-Carter yöntemi kullanılarak yapılan projeksiyon sonuçlarından, tüm yaş gruplarında erkeklerin ölüm oranlarının kadınların ölüm oranlarından daha yüksek olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Türkiye il ve ilçe merkezleri ölüm verileriyle yapılan uygulama sonuçları dikkate alındığında, 1999 yılı başta olmak üzere sıçrama yaşanan yıllar ile bazı yaş grupları dışında Lee-Carter ve Trend yöntemlerinin gözlenen ölümlerle genel olarak benzer eğilime sahip olduğu, ancak kadınlara ilişkin veriye her iki yönteminde daha iyi uyum sağladığı görülmüştür.

Bilindiği gibi, ülkemizde ölümlerin saptanmasında yaşanan sorunlar ile ölümlerin ülke düzeyinde değerlendirebileceği bir kayıt sisteminin olmayışı gibi nedenler ölüm verilerinin sayısal olarak yetersiz olmasına yol açmaktadır. Ölüm verilerinin sadece il ve ilçe merkezleri düzeyinde kalarak ülkenin tamamına ilişkin bilgiyi içermemesi, il ve ilçe bazında yapılan bildirimlerin eksik olması, hali hazırda yayımlanmakta olan verilerin de gerçeği yansıtmaması gibi nedenlerle ülkemizde ölüm istatistikleriyle ilgili nicelik ve nitelik açıdan yeterli verinin varlığından söz etmek mümkün olmamaktadır. Dolayısıyla uygulama sonuçları ve ortaya çıkan sapmalar, Türkiye’de ölüm istatistikleri ile ilgili önemli bilgi eksikliğinin bulunduğu ve ara yıllar ile yıl ortası il ve ilçe merkezi nüfus verilerinin tahmini olarak elde edildiği göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.

Daha sağlıklı tahminlerin yapılabilmesi için öncelikle mevcut ölüm istatistiklerinin nitelik ve nicelik eksikliklerinin giderilerek, yeterli, tam ve doğru bilgilerin tutulmasına imkan verecek bir kayıt sisteminin geliştirilmesi, sadece il ve ilçe merkezleriyle sınırlı olan ölüm verilerinin bucak ve köyleri de içerecek şekilde ülke genelini kapsamı sağlanmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Booth, H., Maindonald, J. and Smith, L. (2002). Age-Time Interactions in Mortality Projection: Applying Lee-Carter to Australia, ANU, Demography and Sociology Program, Research School of Social Sciences, Working Papers No. 85.
- Booth, H., Hyndman, R.J., Tickle, L. and De Jong, P. (2006). Lee-Carter Mortality Forecasting: A Multi-Country Comparison of Variants and Extensions, ANU, Demography and Sociology Program, Research School of Social Sciences, Working Papers No. 101, 2-3.
- Haberman, S. and Russolillo, M. (2005). Lee-Carter Mortality Forecasting: Application to the Italian Population, Cass Business School, Faculty of Actuarial Science and Statistics, Actuarial Research Paper No. 167, London, 6-16.
- Hyndman, R.J. and Ullah, M.S. (2007). Robust Forecasting of Mortality and Fertility Rates: A Functional Data Approach, *Computational Statistics and Data Analysis* 51(10), 4942-4956.
- De Jong, P. and Tickle, L. (2006). Extending Lee-Carter Mortality Forecasting, *Mathematical Population Studies* 13(1), 1-18.
- Koissi, M.C. and Shapiro, A.F. (2008). The Lee-Carter Model Under The Condition of Variables Age-Specific Parameters, *Actuarial Research Conference, Regina, Canada*, 2.
- Lee, R. and Miller, T. (2001). Evaluating the Performance of Lee-Carter Mortality Forecasts, *Demography* 38(4), 537-549.
- Lee, R.D. and Carter, L. (1992). Modeling and Forecasting U.S. Mortality, *Journal of the American Statistical Association* 87, 419.
- Sosyal Güvenlik Kurumu, (2007). *Sosyal Güvenlik Reformu: Uygulama Öncesi Yeni Yaklaşım*, Ankara, 32.
- Şahin, P. (2006). Mortalite Tabloları Üzerine Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 5-9.
- Tabeau, E., Van Den Berg Jeths, A. and Heathcote, C. (2001). *Forecasting Mortality in Developed Countries Insights From A Statistical*, Demographic and Epidemiological Perspective, Kluwer Academic Publishers, London, 3,5,7.
- Van Broekhoven, H. (2002). Market Value Of Liabilities Mortality Risk: A Practical Model, *North American Actuarial Journal* 6(2), 97-99.
- Wang, J.Z. (2007). *Fitting and Forecasting Mortality for Sweden: Applying the Lee-Carter Model*, Stockholm University 8-11, 27-29.