SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

SUJEST, c.4, s.3, 2016
SUJEST, v.4, n.3, 2016
ISSN: 2147-9364 (Elektronik)

ÇOKLU REGRESYON METODUYLA ELEKTRİK TÜKETİM TALEBİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ

[1]Coşkun KARACA, [2]Hacer KARACAN

[1]TEDAŞ Genel Müdürlüğü, Çamlıbel Bölge Koordinatörlüğü, 58030, Sivas, Türkiye
[2]Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 06570, Ankara, Türkiye

[1]coskun.karaca@tedas.gov.tr, [2]hkaracan@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 08.07.2015; Kabul/Accepted in Revised Form: 04.03.2016)

ÖZ: Bilindiği üzere üretilen elektriğin makul fiyatlarla tüketiciye sunulabilmesi için ne kadar elektrik tüketileceğinin daha önceden tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu durum 4628 ve 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunlarının yürürlüğe girmesiyle birlikte serbestleşen elektrik piyasasında elektrik arzının talebi karşılaması için yapılan üretim planlarını etkileyen en önemli faktör olmuştur. Talep tahmini için birçok veri analizi yöntemi bulunmaktadır. Bu modellerden bazıları; Yapay Sinir Ağları, Otoregresif Hareketli Ortalamalar ve Basit/Çoklu Regresyondur. Çalışmada elektrik talep tahmini için program geliştirilmiş ve uygulanan yöntemin başarısı çeşitli verilerle test edilmiştir. Geleceğin şebeke yapısı olan akıllı şebekeler için bu konuda yapılan çalışmalar önem arz etmektedir. Çalışmada Basit Regresyon ile yapılan tahminler ile Çoklu Regresyon kullanarak yapılan talep tahminlerinin sonuçları ortaya konulmuştur. Ayrıca, elektrik tüketimine etki etmesi beklenen faktörlerden "Gayri Safi Yurt İçi Milli Hasıla", "Ortalama Yaşam Beklentisi" ve "İnternet Kullanımı"nın tüketime etkileri de gerçeklenen programla incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Regresyon, Elektrik tüketimi talep tahmini.*

Investigation Of Factors Affecting Demand For Electricity Consumption With Multiple Regression Method

ABSTRACT: In order to be presented to consumers at reasonable prices, electricity consumption should be predicted before it is generated. This prediction gained more importance with the enactment of the Electricity Market Law No. 4628 and 6446, which liberalized the electricity market. There are many data analysis methods for the prediction of demand. Some of these models are Artificial Neural Networks, Autoregressive Moving Average and Simple/Multiple Regression. Electricity demand forecast for the success of the program has been developed and tested with a variety of methods used in the study data. studies on this issue for smart grids, which is building the network of the future are important. In this study, an electricity demand forecast program is developed by applying regression model, which uses the past data for deriving a conclusion. In addition, simple regression and multiple regressions demand forecasts are presented while investigating the effects of some factors (Gross Domestic National Product, Average Life Expectancy, and Internet Usage) on electricity consumption.

Key Words: *Regression, Electricity consumption demand forecasting.*

DOI: 10.15317/Scitech.2016320514

GİRİŞ (INTRODUCTION)

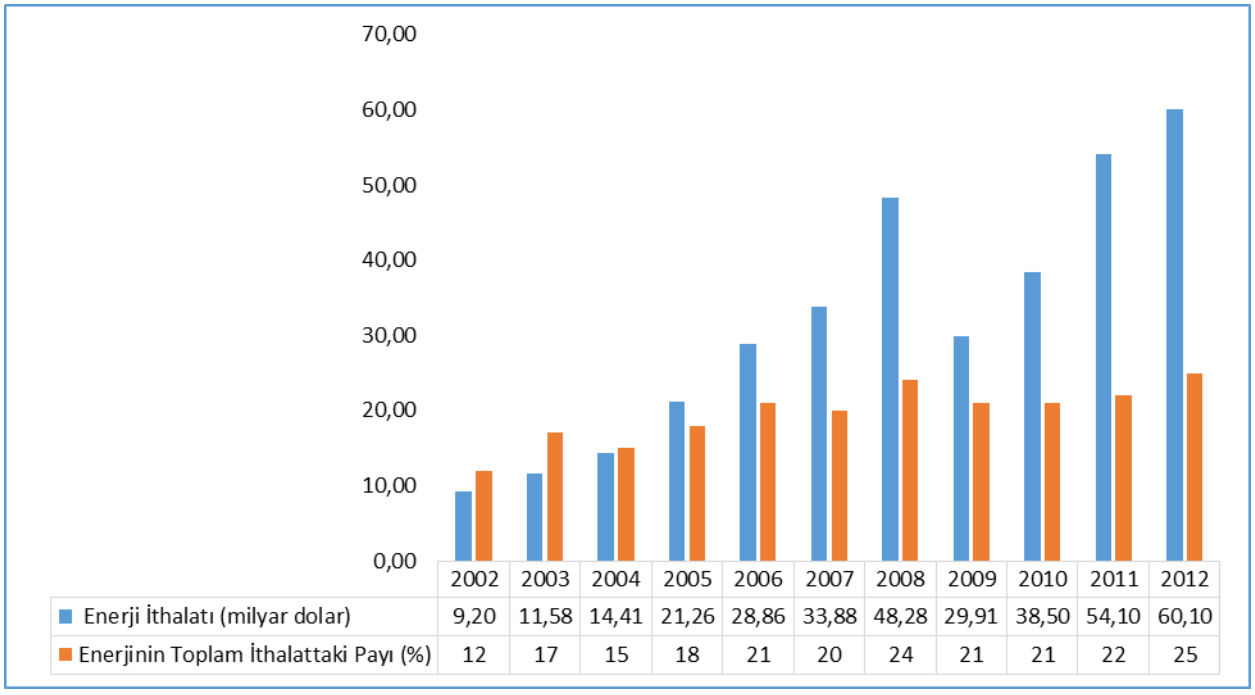
Elektrik enerjisi, günümüzde artık tartışılmaz ve vazgeçilmez bir enerji kaynağı olup her geçen gün bu enerjiye duyulan ihtiyaç artmaktadır. Dünyada heran yaşanan enerji savaşları konunun öneminin açıklanması açısından yeterli olacaktır.

Elektrik enerjisinin üretildiği anda tüketilmesi gereken bir enerji kaynağı olmasından dolayı bugün için arzu edilen güçte depolanma şansı da bulunmamaktadır. Bu durumda elektrik enerjisinde arzın ve talebin neredeyse birebir örtüşme zorunluluğu bulunmaktadır. 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanununun ilgili maddesinde özellikle elektrik enerjisinin kesintisiz sürekli kaliteli ve taraflar arası ayrım gözetmeksizin kullanıcıya ulaştırılmasına vurgu yapılmaktadır. Bu da hem dağıtım şirketlerine hem üretim şirketlerine çok disiplinli, planlı ve öngörülü bir çalışma yapma zorunluluğu getirmektedir.

Ayrıca sürekli olarak artan enerji maliyetleri ile daha temiz bir çevre için düşürülmesi gereken CO2 salınımı, enerji kaynaklarının doğru yönetilmesi için bir vazgeçilmezlik ifade etmektedir (Cárdenas ve diğ., 2012).

Diğer ülkelere göre ülkemizde enerji pahalı olup bu durum başta sanayi üretimine olumsuz yansımakta ve diğer ülkelerle rekabeti önemli ölçüde zayıflatmaktadır (Durğun, 2013).

Elektrik enerjisi sektörünün sağlıklı gelişimi için arz, talep, iletim, dağıtım ve fiyatlandırma konularında planlar yapılması büyük öneme sahiptir. Ülkemizin yıllık elektrik enerjisi maliyetinin cari açığa katkısı çok ciddi düzeyde olup özellikle doğalgaz kaynaklı üretimden dolayı ülkemize milyarlarca TL'ye mal olmaktadır. Şekil 1'de görüleceği gibi, 2012 yılında toplam ithalat içinde enerjinin payı %25 oranında olmuştur. Bunun rakamsal olarak ifadesi ise 60,10 milyar USD' dir (Tüik, 2013). Enerji maliyetlerinin çok yüksek oluşu çok iyi düzeyde talep tahmini yapma zorunluluğu doğurduğundan iyi bir talep tahmini yapılması ayrı bir uzmanlık ve birikim ihtiyacını ortaya koymuştur.



	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Enerji İthalatı (milyar dolar)	9,20	11,58	14,41	21,26	28,86	33,88	48,28	29,91	38,50	54,10	60,10
Enerjinin Toplam İthalattaki Payı (%)	12	17	15	18	21	20	24	21	21	22	25

Şekil 1. Türkiye'nin enerji ithalatı ve cari açığa etkisi (Tüik, 2013)

Figure 1. *Turkey's energy imports and current deficit impact*

TALEP TAHMİNİ (MODELS OF DEMAND PREDICTION)

Elektrik enerjisi talebi ve elektrik enerjisi tüketiminin tahmini konusunda ilk çalışmalar ülkemizde 1960'larda başlamıştır. Devlet Planlama Teşkilatı elektrik enerjisi tahmini için basit regresyon tekniklerinin kullanımına bu tarihlerde başlamıştır. Benzer çalışmalar, sonradan Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından devam ettirilmiştir (Ünler, 2008).

Enerji sektörünü ekonomiden ayrı bir şekilde tek başına ve detaylı olarak ele alan enerji modelleri; teknoloji planlaması, yatırım planlamasının gerçekleştirilmesi ve talep tahminlerinin üretilmesi gibi işlevlerle birlikte, sektöre özgü bir takım parametrelere yönelik analizlerin yapılmasına da olanak sağlamaktadır (Gültekin, 2009).

Enerji politikalarının yaşamsal bir gerekliliği olan enerji talep tahminlerinin sağlıklı ve güvenilir sonuçlar üretmesi esastır. Tahminlerin dayandırılması gereken temel parametrelerin başlıcaları şunlardır:

- Ekonomik büyüme
- Nüfus (göç, etkin çalışan nüfus, vb.),
- Enerji fiyatları,
- Ekonomik gelişmeler (İthalat,İhracat),
- Enerji politikaları,
- Tüketici davranışları.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi, Enerji tüketimi ile özellikle sosyo-ekonomik ve demografik göstergeler arasında oldukça anlamlı bir ilişki vardır (Sozen ve Arcaklioglu, 2007; Kankal ve diğ., 2011; Saravanan ve diğ., 2015)

Çizelge 1. Bağımsız değişkenler ve elektrik tüketimi arasındaki korelasyon katsayısı (Saravanan ve diğ., 2015)
Table 1. *Correlation coefficient between independent variables and electricity consumption*

Parametreler	Korelasyon
Nüfus	0.978
İthalat	0.887
İhracat	0.895
Yurt İçi GSMH	0.983
Kişi Başı Milli Gelir	0.985

Bu ilişkilerin bilimsel ve gerçekçi yöntemlerle öngörülmesi ve gerek dünyadaki gerekse ülkemizdeki gelişmeler doğrultusunda, sürekli güncelleştirilmesi doğru bir enerji politikasının ön koşuludur (Pamir, 2005).

Elektrik talep tahminlerinin belirlenmesinde kullanılacak tahmin tekniğinin seçimi önemli bir noktadır. Elektrik talep tahminini etkileyen faktörlerin yapısına bağlı olarak bir metot diğerine göre üstünlük gösterebilir. Bu konuda ülkemiz enerji ihtiyacını ön gören, doğrusal Regresyon , çoklu regresyon ve Artificial Neural Networks (Yapay Sinir Ağları-YSA) modelinin karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği çalışmada modellerin karşılaştırmalı sonuçları incelenmiştir (Kankal ve diğ., 2011).

Temelde ekstrapolasyon ve korelasyon olmak üzere iki tahmin metodu vardır. Ekstrapolasyon, geçmiş verilerin ve bu verileri etkileyen güçlerin geçmişte olduğu gibi gelecekte de aynı oranda artacağı varsayılarak yapılan tahmindir. Pek çok ekstrapolasyon yöntemi vardır. Bunların bazıları matematiksel büyüme eğrilerinin yorumlanmasından oluşur. Bazıları ise geçmiş yıllardaki büyüme ortalamalarının, ileri ki yıllar için kullanılmasıdır. Korelasyon, yüklerin diğer faktörlere bağlanmasıyla gerçekleşen tahmindir. Korelasyonun en önemli avantajı büyümeyi etkileyebilen faktörleri önemlerine göre değerlendirmesidir. Korelasyon metodu aynı zamanda tahminlerin gerçek değerlerden sapması

durumunda sebebin belirlenmesinde yardımcıdır (Şener, 2005). Günümüzde yük tahmini için en çok kullanılan yöntemleri söyle sıralayabiliriz (Alfares ve Nazeeruddin, 2010; Öztemel, 2006):

- Çoklu regresyon
- Üstel yumuşatma
- İteratif yeniden ağırlıklandırmalı en küçük kareler yöntemi
- Adaptif yük tahmini
- Genetik algoritmalara dayalı ARMAX modelleri
- Yapay sinir ağları,
- Bulanık mantık,
- Uzman sistemler

Tüm bunlara ilaveten yöntemlerin birlikte kullanımıyla karma bir yöntem de uygulanabilir. Bu çalışmada istatistiksel metodlardan biri olan regresyon modeli ile talep tahmini yaparak sonuçları incelenmiştir. Regresyon metodunun tercih edilmesinin temel sebebi bu konuda Yapılan literatür araştırmaları neticesinde elektrik talep tahminlerinde oldukça başarılı sonuçlar vermesidir. Elektrik talep tahminleri ile ilgili farklı metodlarla yapılan talep tahmin çalışmalarının sonuçları ve başarısı Çizelge 2' de ki tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 2. Elektrik talep tahmininde kullanılan metodların hatalarının değerlendirildiği çalışmadan
Table 2. *The evaluation study error of the methods used in electricity demand forecast (Anderson, 1995)*

		Projeksiyonların Mutlak Yüzde Hataları										
	Gerçek Enerji Talebi	**AR(2)**		**Regresyon Model 2**		**CRM**		**MAED**		**Ekono metrik Model**	**Yeni FLN Modeli**	
Yıllar	**(TWh)**	**1996**	**2000**	**1996**	**2000**	**1996**	**2000**	**1996**	**2000**	**2000**	**1996**	**2000**
1997	103	4,5%		1,1%		1,3%		0,2%			2,8%	
1998	111	15,5%		1,5%		1,0%		0,2%			3,2%	
1999	116	22,4%		2,2%		1,5%		4,4%			5,4%	
2000	125	29,7%		5,7%		4,6%		4,7%			4,6%	
2001	123	30,0%	5,5%	1,0%	6,0%	0,4%	5,5%	15,2%	9,4%	10,9%	12,8%	8,0%
2002	129	34,6%	0,4%	3,7%	1,8%	1,9%	0,8%	19,4%	14,2%	9,3%	12,6%	7,0%
2003	141	40,5%	8,6%	9,4%	5,4%	7,4%	6,7%	21,2%	17,0%	9,9%	8,7%	2,6%
2004	151	45,0%	14,9%	13,8%	11,1%	11,6%	12,5%	23,1%	20,1%	8,7%	5,8%	0,8%
2005	162	49,2%	21,0%	18,5%	16,1%	16,1%	18,3%	24,1%	22,3%	7,3%	2,3%	4,5%
MAPE		30,16%	10,08%	6,32%	8,08%	5,09%	8,76%	12,50%	16,60%	9,22%	6,47%	4,58%

Ancak bu noktada göz ardı edilmemesi gereken bir diğer nokta farklı metodların brbirine kullanım yerlerine göre de üstünlük sağlayabildiğidir. Örneğin Tayvan da yapılan elektrik yük tahmininde ANFIS yöntemiyle en iyi elektrik yük tahminin yapıldığı gözlenmiştir (Ying ve Pan, 2008).

REGRESYON ANALİZİ (REGRESSION ANALYSIS)

İki değişken arasında bir ilişki bulunup bulunmadığı ve eğer varsa bu ilişkinin derecesinin saptanması istatistiksel çözümlemelerde sık sık karşılaşılan bir sorundur. Değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesinde regresyon ilk akla gelen tekniktir. İstatistiksel anlamda iki değişken arasındaki ilişki, bunların değerlerinin karşılıklı değişimleri arasında bir bağlılık şeklinde anlaşılır. Gerçekten X değişkeninin değerleri değişirken buna bağlı olarak Y değişkeninin değerleri de değişiyorsa, bu ikisi arasında bir ilişki bulunduğu söylenebilir. Regresyonda değişkenlerin bağımlı değişken ve bağımsız değişken(ler) olarak iki gruba ayrılması bir zorunluluktur. Bağımlı değişken, bağımsız değişken (ler)

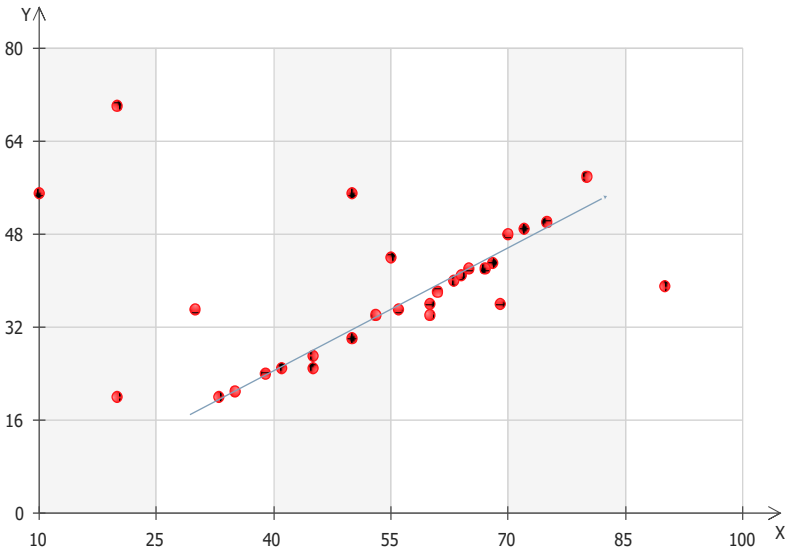
tarafından açıklanmaya çalışılan değişkendir. Regresyonda bağımlı değişken Y ve bağımsız değişken (ler) de X ile gösterilir (Şener, 2005; Chang ve diğ., 2011).

Regresyon analizi ile eldeki verilerden gelecekteki bilinmeyen değişkenlerle ilgili olarak tahminler yapılabilir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki kurulduktan sonra, bağımsız değişkenin sonucu bilindiğinde bağımlı değişkenin sonucu öngörülebilir (Günaşdı, 2014).

Regresyon analizinde temel olarak, bir bağımlı değişkenin bir ya da birden fazla açıklayıcı değişkene istatistiksel bağımlılığı belirlenmektedir. Burada amaç, bağımsız değişkenlerin bilinen ya da değişmeyen değerlerine dayanarak bağımlı değişkenin değerini tahmin etmektir. Burada başarı uygun ve güvenilir veri setinin bulunabilmesine bağlıdır.

Regresyon analizinde x_i bağımsız değişkenleri ile y_i bağımlı değişkenleri arasındaki ilişki matematiksel bir fonksiyon olarak ifade edilir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki dağılım diyagramının çizilmesiyle iki değişken arasında bir bağlantının kurulup kurulamayacağına, eğer kuruluyorsa nasıl bir fonksiyonun ele alınacağına karar verilir. Aslında öncelikle yapılması gereken iş örneği Şekil 2' de gösterilen bir serpilme diyagramı çizmektir. Bu serpilme diyagramı, ilişki ve ilişkinin fonksiyonu hakkında bilgi verecektir.

Örneğin Y ile X arasında $Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i$ (i=1,2,3,...,) gibi doğrusal bir ilişki öngörülüyorsa ilk adım modelin bilinmeyen α ve β parametrelerinin tahmin edilmesidir. Modelin bilinmeyen parametreleri tahmin edildiğinde bağımsız değişken (ler)'in farklı değerleri için bağımlı değişkenin alacağı değeri tahmin etmek regresyonda bir diğer amaçtır. Bağımsız değişken (ler)'in her farklı değer(ler)'i için bağımlı değişkenin değeri sabit ise ortada araştırılacak bir problem yoktur (Şener, 2005).



Şekil 2. Serpme diyagramı örneği (Kaynar ve diğ., 2009)
Figure 2. *Scatter diagram example*

Regresyon analizi, değişken sayısına göre;

- Basit regresyon analizi (Tek değişken)
- Çoklu regresyon analizi (Çoklu değişken)

Verilerin dağılımına göre;

- Doğrusal regresyon analizi
- Doğrusal olmayan regresyon analizi

Verilerin kaynağına göre;

- Ana kütle verileriyle regresyon analizi

- Örnek verileri ile regresyon analizi
- Zaman serilerinde regresyon analizi (Eşleştirilmiş zaman serileri) şeklinde gruplandırılır.

Bu çalışmada elektrik talep tahminini etkileyen verilerin dağılımı serpme diyagramlarında bir doğrusallık arz ettiğinden doğrusal regresyon metoduyla işlemler yapılmıştır. Bununla beraber bağımsız değişken sayısının bir olması durumunda da talep tahmini yapılıp sağlıklı sonuçlar alınabileceğinden hem basit doğrusal regresyon hem de çoklu doğrusal regresyon metodu kullanılarak talep tahmini işlemi ele alınıp değerlendirilmiş ve sonuçları ortaya konmuştur.

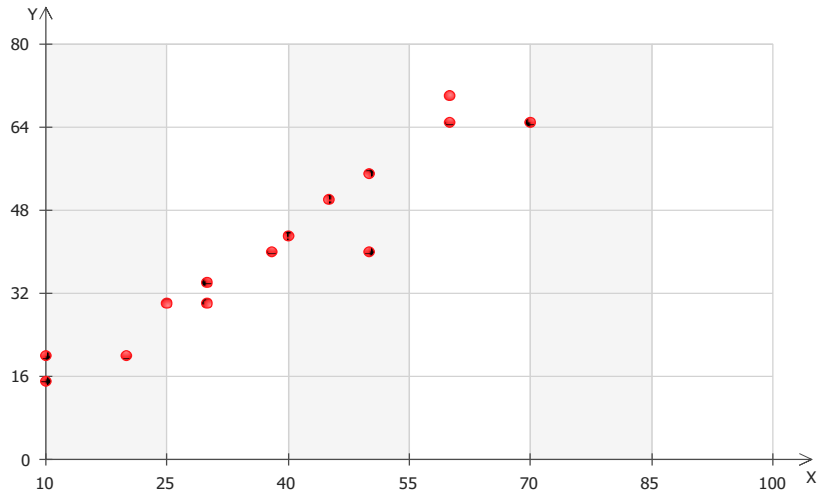
Çoklu doğrusal regresyon analizi (Multiple linear regression analysis)

Basit doğrusal regresyon analizinde, Y bağımlı değişkeninin tek bir bağımsız değişken X ile arasındaki ilişkinin doğrusal fonksiyonla ifade edilmesine dayanmaktadır. Geçmişteki elektrik tüketim değerlerinin yıllara göre ele alınması buna bir örnektir. Burada basit doğrusal regresyon ilişkisini elde etmek için Y bağımlı değişkenine geçmiş yıllardaki veriler girilmekte, X bağımsız değişkeni için ise yıl değeri ele alınmaktadır. Basit doğrusal regresyon modeli, aşağıdaki formül ile açıklanmaktadır;

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon i \qquad (1)$$

Eşitlik (1) de α ve β parametrelerini bulmak için X serbest değişkeni, Y bağlı değişkeni ve ε hata terimi ile ilgili gözlemlere gerek duyulur. Ana kütle içinde birer α ve β değeri varken, bu ana kütleden çekilen her bir örneklem için ayrı birer $\hat{\alpha}$ ve $\hat{\beta}$ elde edilmektedir. İşte bu $\hat{\alpha}$ ve $\hat{\beta}$ normal bölünmeye sahip olup beklenen değerleri sırasıyla α ve β dır. Uygulamada tek bir örneklem alınmakta ve bu örneklem yardımıyla ana kütle parametreleri tahmin edilmektedir. α doğrusal fonksiyonun sabitidir. X= 0 olduğunda regresyon doğrusunun dikey eksen olan Y ile kesiştiği noktayı göstermektedir.

β (β_{yx} ile de gösterilebilir) ise doğrusal fonksiyonun eğimidir. Regresyon analizinde bağımsız değişken X deki bir birimlik değişmenin bağımlı değişken Y'de (Y cinsinden) ne kadarlık bir değişim yarattığını gösteren regresyon katsayısıdır. Fonksiyon tipinin belirlenmesi için regresyon analizine serpilme diyagramı çizilerek başlanır.



Şekil 3. Doğrusal regresyon serpilme diyagramı
Figure 3. *Linear regression scatter diagram*

Şekil 3'te ki serpilme diyagramında gözlem noktalarının dağılımının doğrusal bir eğilimde olduğu açıkça görülmektedir. Sıfır (0) dan farklılık ise iki değişken arasında belirli bir ilişkinin varlığını ifade etmektedir. Regresyon katsayısının alt sınırı (0) vardır, ancak belirli bir üst sınırı yoktur. Bu nedenle regresyon doğrusuna bakarak ilişkinin gücü hakkında kesin bir şey söylemek mümkün değildir (Öztemel, 2006).

Regresyon modeline açıkça dahil edilemeyen diğer değişkenleri temsil etmek üzere $Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i$ modelinde yer verilen ε hata terimini gözlemek hiçbir zaman mümkün olmaz. Dolayısıyla ε hata terimi hakkında aşağıda değineceğimiz bazı varsayımları yapmak zorunlu hale gelir.

"Y ve X arasındaki gerçek ilişki" ; $Y = \alpha + \beta X_i + \varepsilon$ iken "gerçek regresyon doğrusu" : $E(Y_i) = \alpha + \beta X_i$ eşitliğidir. Öte yandan, "Tahmin edilen ilişki":

$\hat{Y}_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta} X_i + e_i$ şeklinde gösterilmektedir. Tahmin edilen regresyon doğrusu ise şudur: $\hat{Y}_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta} x_i$ eşitliklerde :

Y değişkeninin gözlenen değerini,
X değişkeninin belli bir değeri veri iken Y değişkeninin tahmin edilen değerini,
α gerçek kesim noktasının tahminini,
β gerçek parametresinin tahminini,
ε hata teriminin gerçek değerinin tahminini ifade eder .

En küçük kareler yöntemiyle ulaşılan regresyon denklemlerinin kestirimlerde yararlanılabilmesi için katsayılarının anlamlı olmasından başka aşağıda belirtilen şartları taşıması uygun olacaktır.

- Hata terimleri arasında otokorelasyonun bulunmaması
- Hata terimlerinin varyanslarının aynı olması
- Hata terimlerinin normal dağılım göstermesi
- Bağımsız değişkenlerin birbirleriyle çoklu doğrusal bağlantısının bulunmaması (Can, 2009).

UYGULAMA (APPLICATION)

Bu çalışmada Elektrik talep tahmini için geliştirilen program için Visual C# 2010 Express program geliştirme ortamı kullanılmıştır. Programın ve uygulanan yöntemin başarısı çeşitli verilerle test edilmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir. Öncelikle Türkiye'nin kişi başı elektrik tüketimi ile yıllar arasındaki ilişki ortaya konularak sonuçlar ele alınmıştır.

Ayrıca programın yalnızca elektrik talep tahmini için değil regresyonla tahmin yapılabilecek tüm uygulama alanlarında kullanılabilmesine özen gösterilerek, genel bir arayüz tasarımı yapılmıştır.

Veri seti olarak 2003-2009 yılları arasındaki Dünya Bankası verileri kullanılmıştır (Worldbank, 2003-2009).

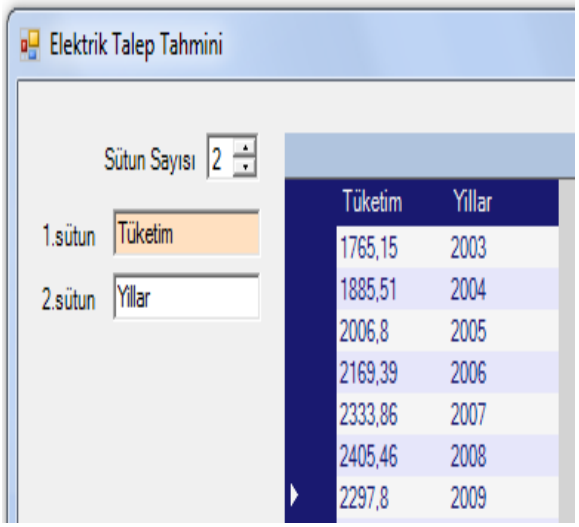
Tüketimin Tahmini (Consumption Forecast)

Çizelge 3. Yıllara göre Türkiye kişi başı elektrik tüketimi kWh (Worldbank, 2003-2009)

Table 3. *Turkey electricity consumption kWh per capita by year*

YILLAR	Kişi Başı Elektrik Tüketimi kWh
2003	1765,15
2004	1885,51
2005	2006,8
2006	2169,39
2007	2333,86
2008	2405,46
2009	2297,8

Öncelikle Talep Tahmini programı çalıştırıldıktan sonra Çizelge 3'teki iki adet veri setimize ait değerleri ilgili alanlara programda girmekteyiz.

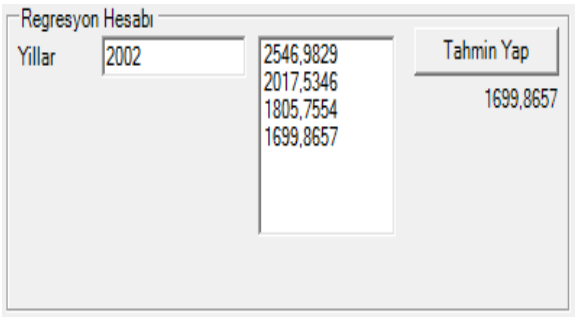


Şekil 4. Veri giriş ekranı
Figure 4. *Data input screen*

Şekil 4'deki örneğimizde iki değişken söz konusu olduğundan (bir bağımsız ve bir bağımlı değişken) elde edilen regresyon formülü aşağıdaki basit regresyon formülü olacaktır;

Y=-210291,1993+(105.8896*Yıllar) (2)

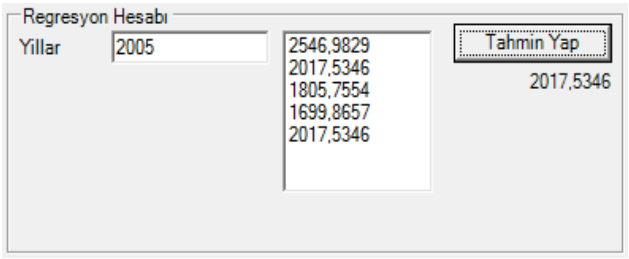
Eşitlik (2) kullanılarak artık geleceğe yönelik tahmin yapmak mümkündür. Ayrıca mevcut regresyon verileri üzerinden de gidilerek oluşturulan formülün başarısı incelenebilecektir.



Şekil 5. Formülün kullanılmasıyla yapılan tahmin
Figure 5. *Estimates made by the use of the formula*

Şekil 5'ten-görüldüğü gibi burada Yıllar etiketi için farklı veri girişleri yapılarak tahminler yapılmıştır. En son 2002 yılı için programın tahmin yapması istenmiş ve 1699,8657 kWh tüketim değeri elde edilmiştir. Regresyon formülünü oluşturmak için kullanılan veri setinde 2002 yılı tüketim değeri bulunmamaktadır. Bu değerin doğruluğu için Dünya Bankası verilerinde 2002 yılına ilişkin Türkiye Kişi Başı Elektrik Tüketim değeri alınmış ve aşağıdaki karşılaştırma yapılmıştır. İlgili verilerden 2002 yılı Türkiye Kişi Başı Elektrik Tüketim değeri 1659,7 kWh olarak gerçekleşmiştir. Regresyon formülü ile yapılan hesaplama da ise bu değer 1699,8657 kWh olarak hesaplanmıştı. Aradaki fark = 1699,8657 - 1659,7 = 40,1657 kWh lik bir fark oluşmuştur. Bu farkın gerçekleşen tüketime yüzde oranı ise;
(40,1657 / 1659,7) * 100 = % 2,42 dir.

Başka bir yıl için formülü test etmeye devam edildiğinde örneğin 2005 yılı için Şekil 6'da ki sonuçlar elde edilmiştir;



Şekil 6. Yapılan tahmine ait veriler
Figure 6. *The estimate datas*

Aşağıda 2005 yılı için 2017,5346 kWh olarak hesaplanan değerin gerçekleşen değer 2006,8 kWh değeri ile mukayese edilmesi gösterilmiştir. Aradaki fark = 2017,5346 – 2006,8 = 10,73 kWh lik bir fark oluşmuştur. Bu farkın gerçekleşen tüketime yüzde oranı ise (10,73 / 2006,8) * 100 = % 0,53 tür.

Burada elde edilen tahmin değeri oldukça tatmin edici seviyededir. Veri setindeki verilerin güvenilirliği ve daha çok değerlendirme verisinin elde olması ve bunun regresyon hesabında kullanılması daha sağlıklı neticeler vermesi bakımından önemlidir. Diğer taraftan daha önceden de bahsedildiği üzere elektrik talep tahmini yalnızca geçmişteki verilerden yararlanılarak yapılmayabilir. Elektrik talep tahminini etkileyen başka birçok faktör vardır ve bunlarda çoklu regresyon formülü ile değerlendirilmelidir. Bu örneği çoklu regresyon ile değerlendirmek için Çizelge 4'te ki Gayri Safi Milli Hasıla değerleri de veri setine eklenecektir.

Çizelge 4. Yıllara göre Türkiye GSMH (Worldbank, 2003-2009)
Table 4. *Turkey GDP by year*

YILLAR	GSMH Milyar USD
2003	303
2004	392,16
2005	482,97
2006	530,9
2007	647,15
2008	730,33
2009	614,55



Şekil 7. Yeni veri setinin eklenmesi
Figure 7. *The addition of new data sets*

Şekil 7'de gösterilen veri setleriyle elde edilen çoklu regresyon formülü şu şekildedir;

Y=-45502.1263+(23.3986*Yıllar)+(1.3011*GSMH) (3)

Eşitlik (3) deki katsayıları yorumlamak gerekirse elde edilen doğrusal regresyon formülünde -45502,1363 değeri başlama noktasını oluşturmaktadır. Yıllar değerinin 1 birimlik artışı Tüketim değerine 23,3986 lık bir artışa neden olmaktadır. GSMH nin 1 birimlik etkisi ise 1,3011 lik bir katkı tüketime yansımaktadır. Bu formül için yine gerçekleşen 2002 değerini ve hesaplama neticesinde elde edilen veriyi incelediğimizde;

İlgili verilerden 2002 yılı Türkiye Kişi Başı Elektrik Tüketim değeri 1659,7 kWh olarak gerçekleşmiştir. Regresyon formülü ile yapılan hesaplama da ise bu değer 1644,4408 kWh olarak hesaplanmıştır.

Aradaki fark = 1644,4408 - 1659,7 = - 14,62 kWh lik bir fark oluşmuştur. Bu farkın gerçekleşen tüketime yüzde oranı ise;

(14,62 / 1659,7) * 100 = % 0,88 dir.

Bu oran daha önce basit regresyon ile elde edilen (GSMH hesaba katılmamışken) oran olan % 2,42 değerinden çok daha iyidir. Verileri ve programın güvenilirliğini test etmeye devam etmek için 2004 yılı verileri esas alınacaktır.

İlgili verilerden 2004 yılı Türkiye Kişi Başı Elektrik Tüketim değeri 1885,51 kWh olarak gerçekleşmiştir. Çoklu regresyon formülü ile yapılan hesaplama da ise bu değer 1898,9393 kWH olarak hesaplanmıştır.

Aradaki fark = 1898,9393 - 1885,51 = - 14,62 kWh lik bir fark oluşmuştur. Bu farkın gerçekleşen tüketime yüzde oranı ise;

(14,62 / 1659,7) * 100 = % 0,71 dir.

Elde edilen bu sonuçta oldukça tatminkârdır. Çoklu regresyon için kullanacağımız veri setini biraz daha genişleterek uygulamanın ve metodun test etmeye devam ettiğimizde;

Bu kez elektrik tüketiminde etkili olabileceğini düşündüğümüz ancak daha önceden herhangi bir etkisinin olduğuna dair bilgimizin bulunmadığı ülkemiz internet kullanıcılarının yıllara göre değişim yüzdesini inceleyelim.

Çizelge 5. Yıllara göre Türkiye internet kullanımı (Worldbank, 2003-2009)
Table 5. *Turkey internet usage by year*

YILLAR	İnternet Kullanıcıları %
2003	12,33
2004	14,58
2005	15,46
2006	18,24
2007	28,63
2008	34,37
2009	36,4

Çizelge 5'de ki verileri de programımıza bir başka sütun ilave ederek girdiğimizde Şekil 8'de ki görüntü elde edilir;



Şekil 8. Veri setine bir sütun daha ekleniyor
Figure 8. *One column is added to the data set*

Elde edilen regresyon formülü aşağıdaki gibi olmuştur;

Y=-67413.5087+(34.3485*Yıllar)+(1.3109*GSMH)+(-2.5921*İntern) (4)

Eşitlik (4) için yine gerçekleşen 2007 değerini ve hesaplama neticesinde elde edilen veriyi inceleyelim. İlgili verilerden 2007 yılı Türkiye Kişi Başı Elektrik Tüketim değeri 2333,86 kWh olarak gerçekleşmiştir. Çoklu regresyon formülü ile yapılan hesaplama da ise bu değer 2298,0581 kWH olarak hesaplanmıştır.

Aradaki fark = 2333,86 - 2298,0581 = 35,80 kWh lik bir fark oluşmuştur. Bu farkın gerçekleşen tüketime yüzde oranı ise;

(35,80 / 2298,0581) * 100 = % 1,53 tür.

Çoklu regresyon formülümüzdeki bağımsız parametre sayısını şimdi 4 e çıkaralım ve sonuçlarını görelim. Çizelge 6 da gösterilen yeni veri seti bu kez Beklenen Yaşam Süresi dir. Bu veri setinin, elektrik tüketimiyle yakın bir ilişkisi olacağı ve bu ilişkinin elektrik tüketimini artıracağı yönünde bir beklenti vardır.

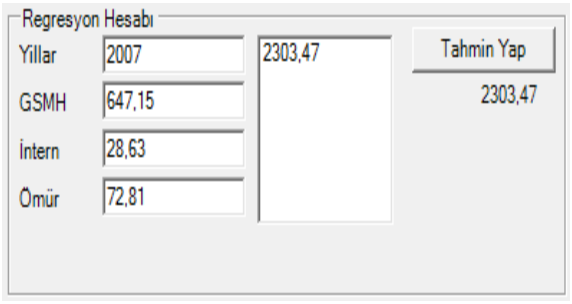
Çizelge 6. Yıllara göre beklenen yaşam süresi (Worldbank, 2003-2009)
Table 6. *Expected lifetime by years*

YILLAR	Beklenen Yaşam Süresi
2003	71,17
2004	71,65
2005	72,08
2006	72,46
2007	72,81
2008	73,13
2009	73,42

Bu verileri programda yerine koyup sonuçlarını incelemek için elde edilen çoklu regresyon formula aşağıdaki gibi olmuştur.

Y=84887.6305+(-49.1251*Yıllar)+(1.1368*GSMH)+ (1.0946*İntern)+(209.3531*Ömür) (5)

Eşitlik (5) için yine gerçekleşen 2007 değerini ve hesaplama neticesinde elde edilen Şekil 9'da ki veriyi inceleyelim. İlgili verilerden 2007 yılı Türkiye Kişi Başı Elektrik Tüketim değeri 2333,86 kWh olarak gerçekleşmiştir. Çoklu regresyon formülü ile yapılan hesaplama da ise bu değer 2303,47 kWH olarak hesaplanmıştır.



Şekil 9. Yeni tahminlere ait ekran görüntüsü
Figure 9. *Screenshot of the new forecasts*

Aradaki fark = 2333,86 - 2303,47 = 30,39 kWh lik bir fark oluşmuştur. Bu farkın gerçekleşen tüketime yüzde oranı ise;

(35,80 / 2298,0581) * 100 = % 1,30 dur.

Elde edilen bu değer 3 tane bağımsız değişkenli değerden çok daha iyi bir sonuç vermiştir. Aynı çoklu regresyon formülünü 2004 yılı için de değerlendirelim;

Bu formül için yine gerçekleşen 2004 değerini ve hesaplama neticesinde elde edilen veriyi inceleyelim. İlgili verilerden 2004 yılı Türkiye Kişi Başı Elektrik Tüketim değeri 1885,51 kWh olarak gerçekleşmiştir. Regresyon formülü ile yapılan hesaplama da ise bu değer 1604,58 kWh olarak hesaplanmıştı. Aradaki fark = 1885,51 – 1902,74 = 17,23 kWh lik bir fark oluşmuştur. Bu farkın gerçekleşen tüketime yüzde oranı ise;

(17,23 / 1885,51) * 100 = % 0,91 dir.

Elde edilen bu değer tek başına oldukça başarılı bir tahmini ifade ederken iki parametreli % 0,88 oranına göre daha başarısızdır. Bu durum bize elektrik talep tahmininin (burada hep tüketim tarafı ele alınmıştır) birçok parametreye bağlı olduğunu ve denemelerle en etkili parametreleri bulup buna göre tahmin yapmamıza işaret etmektedir. Örneğin Hindistanda yapılan elektrik talep tahmini çalışmasında, CO_2 emisyonu elektrik talep tahminde etkili bir veri seti olarak kullanılmıştır (Saravanan ve diğ., 2012).

Farklı değişken ve modellerle yapılan tahminlerin ortalaması alınarak tahmin yapılmasının, yapılan hata ve dolayısıyla yanılgıyı, genele yayacağı için daha iyi bir sonuç vereceği düşünülmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada, Türkiye'deki elektrik tüketimi ve üretimini etkilediği düşünülen ve literatürde etkilediği açıkça gösterilen veriler, Çoklu regresyon metodu kullanılarak hazırlanan program aracılığıyla değerlendirilmiştir. Yapılan analizlerin sonucunda ilk olarak elektrik tüketimi ile gayri safi yurt içi hasıla arasında çok önemli bir ilişkinin var olduğu ve gayri safi yurt içi hasılada meydana gelen değişimin elektrik tüketimini pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca insan ömrü, internet kullanımı gibi bağımsız değişkenlerin elektrik tüketimine etkisi de ele alınarak konu farklı bir açıdan da ele alınmıştır.

Yapılan çalışmada tek bir etkili değişken yerine, güçlü ilişkisi olduğu düşünülen veri setlerinin birlikte Çoklu regresyon yöntemiyle ele alınmasının daha sağlıklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca Çoklu regresyon yöntemiyle Yapılan Tahmin çalışmalarının sonuçları gerçekleşme değerleriyle kıyaslanmış ve oldukça başarılı ve tatminkâr sonuçlar elde edilebildiği sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, elektrik tüketimi/üretimi ile gayri safi yurt içi hasıla miktarı arasında tek yönlü (gayri safi yurt içi hasıla → elektrik tüketim miktarı) ve güçlü bir ilişki bulunduğu ve ekonomik büyüme politikalarının Türkiye'deki elektrik enerjisi tüketimi, talep tahmini, üretim programları ve yatırımlarını doğrudan belirleyicisi faktörlerden birisi olmasıyla birlikte bu verinin başka ilişkili olabilecek veri setleriyle birlikte kullanılarak elde edilen sonuçların değerlendirilmesinin daha iyi bir talep tahmini yapılmasına yardımcı olacağı ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Anderson, J. A., 1995, An Introduction to Neural Networks, MA: MIT Press. Cambridge.

Can, M., 2009, İşletmelerde Zaman Serileri Analizi ile Tahmin, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Cárdenas, J.J., Romeral,J. Garcia,A., Andrade,F., 2012, "Load Forecasting Framework of Electricity Consumptions for an Intelligent Energy Management System in the User-side", MCIA Research Group, Universitat Politècnica de Catalunya, Rambla Sant Nebridi, Edifici GAIA, Terrassa 08222, Spain, Vol. 39, Issue 5, pp. 5557–5565.

Chang,P.C., Fan,C.Y., Lin,J.J., 2011, "Monthly Electricity Demand Forecasting Based on a Weighted Evolving Fuzzy Neural Network Approach", Electrical Power and Energy Systems, Vol. 33(1), pp. 17-27.

Durğun, B. 2013, Elektrik Tüketimi İle Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Diyarbakır.

Gültekin, Ö, 2009, Bursa İli Orta Dönem Elektrik Talep Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütayha.

Günaşdı, N.E., 2014, Çok Değişkenli Çoklu Doğrusal Regresyon Analizinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Erzurum.

Hesham, K.A., Nazeeruddin, M., 2002, "Electric Load Forecasting: Literature Survey and Classification of Methods", International Journal of Systems Science, Vol. 33(1), pp. 23-34.

Kankal, M., Akpınar, A., Kömürcü, M.İ, Özşahin,T.Ş., 2011, "Modeling and Forecasting of Turkey's Energy Consumption Using Socio-economic and Demographic Variables", Applied Energy, Vol. 88, No. 5, pp. 1927-1939.

Kaynar, O., Taştan S., Demirkoparan F., 2011, "Yapay Sinir Ağları ile Doğalgaz Tüketim Tahmini", 10. Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 25, ss.463 – 474.

Öztemel, E., 2006, Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, 2.Baskı, İstanbul, pp. 29-57,

Pamir N., 2005, Enerji Politikaları ve Küresel Gelişmeler, Turan-SAM Stratejik Analiz Dergisi, Ankara pp. 68-74.

Saravanan, S., Kannan S., Thangaraj, C., 2015, "Prediction Of India's Electricity Demand Using Anfis", Ictact Journal on Soft Computing, Vol. 05, ISS: 03, pp. 985-990.

Saravanan, S., Kannan S., Thangaraj, C., 2012, "India's Electricity Demand Forecast Using Regression Analysis And Artificial Neural Networks Based On Principal Components", Ictact Journal On Soft Computing, Vol. 02, ISS: 04, pp. 365-370.

Sozen A., Arcaklioglu E., 2007, "Prediction of Net Energy Consumption Based on Economic Indicators (GNP and GDP) in Turkey", Energy Policy, Vol. 35, ISS: 10, pp. 4981-4992.

Şener F., 2005, Yük Tahmin Yöntemleri ve Ankara Merkez Metropol Alan İçin Regresyon Analizi Yöntemi Kullanılarak Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Türkiye İstatistik Kurumu, TÜİK Raporu. TÜİK, Ankara, (2013).

Ünler A., 2008, "Improvement of Energy Demand Forecasts Using Swarm Intelligence: The Case of Turkey with Projections to 2025". Energy Policy, Vol. 36, ISS: 6, pp. 1937–1944.

Ying, L.C., Pan, M.C., 2008, "Using Adaptive Network Based Fuzzy Inference System to Forecast Regional Electricity Loads", Energy Conversion and Management, Vol. 49, ISS: 2, pp. 205–211.

Dünya Bankası Verileri [online] http://data.worldbank.org/country/turkey/turkish [Erişim Tarihi: 3 Ağustos 2014].