Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi
Cilt 6, Sayı:1, 2004

LOGNORMAL DAĞILAN TRAFİK KAZALARI VERİLERİ İLE MÜDAHALE ANALİZİ UYGULAMASI

Esin FİRUZAN[1] **C.Cengiz ÇELİKOĞLU**[2]

ÖZ

Bu çalışma, trafik kazaları verilerinin lognormal dağılıma adapte edilmesi ve trafik kazalarında radar uygulamasının, kazaların oluşumu üzerindeki etkisini araştırma aşamalarından oluşmaktadır. Radar uygulaması, trafik kazaları serisine müdahale olarak ele alınmış ve müdahalenin trafik kazaları serisi üzerindeki niceliksel etkisi araştırılmaya çalışılmıştır. Çalışma, trafik kazaları verileri üzerinde lognormal dağılım ve müdahale analizinin birlikte uygulandığı ilk çalışma olması nedeniyle önemlidir.

Zaman serisinde müdahale analizi, gürültü değişkeni için stokastik bir model, müdahale için dinamik bir model olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Daha sonra en uygun ARIMA modeli belirlenerek model parametreleri tahminlenmeye çalışılmıştır. Bunun için Moment Tahminleme ve Uyarlanmış Moment Tahminleme Yöntemleri kullanılmıştır. Beyaz gürültüden farklı olmadığından emin olunan model artıkları teşhis edilerek müdahalenin seriye etkileri ölçülmeye çalışılmıştır.

Elde edilen sonuçlar, radar uygulamasının yol üzerindeki kazaların meydana gelişinde azaltıcı etki yarattığı yönünde olmuştur.

1. GİRİŞ

Son yıllarda, sosyo-ekonomik şartlarda meydana gelen olumlu değişim, yanında olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Trafik kazaları bu değişimin getirdiği olumsuz sonuçlardan sadece birisidir. Bu sebepten bu çalışmada, ülkemizin toplumsal sorunu haline gelen trafik kazaları üzerinde uygulama alanı olarak trafik kazaları seçilmiştir. Bu çalışmada, yasal değişiklikler yürürlüğe konduğunda, meydana gelen trafik kazaları serisi üzerinde müdahale olaylarının etkilerinin niceliksel ölçümünü elde etmek amaçlanmaktadır.

---

[1] DEÜ, Fen&Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, Öğretim Görevlisi, Dr.
[2] DEÜ, Fen&Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, Öğretim Üyesi, Yard.Doç.Dr.

Çalışma, temelde iki varsayımın geçerliliğine bağlıdır. İlk olarak, 3 noktada akşam meydana gelen trafik kazalarının gündüz meydana gelen trafik kazalarına oranlarının lognormal dağılıma uyacağı varsayımı, ikinci olarak da verilerin müdahaleli zaman serisi biçiminde dağıldıkları varsayımı, çalışmanın temelini oluşturan iki varsayım olmuştur. Box ve Tiao Metodu, bu tür verileri analiz etmek için kullanılmıştır.

İzmir Merkez sınırları içerisinde meydana gelen kazalarda, dış etkenlerin çarpımsal olduğu ve birbirine bağımlılık özelliği nedeniyle birbirine bağlı 3 nokta Yeşildere, Yenişehir ve Karabağlar noktaları belirlenmiştir. Bu noktalar üzerinde 2002 ve 2003 Temmuz ayı sonuna kadar meydana gelen maddi hasarlı ve ölümlü yaralanmalı kazaların istatistikleri incelenmiştir. İzmir Trafik Denetleme Şube Müdürlüğü, bu noktalarda radar uygulaması yapmaktadır. Bu uygulamaları gündüz yapmakta ancak bu uygulama sıklığını akşam en aza indirmektedir. Bu uygulamaların sadece gün durumuna (gündüz veya akşam saatleri) göre yapılması durumunun trafik kazaları serisine müdahale olduğu düşünülmüştür. İzmir Trafik Denetleme Şube Müdürlüğü'nün, bu noktalarda gün durumuna göre radar uygulaması müdahale değişkeni olarak belirlenmiştir.

2. Trafik Kazaları Verilerinde Lognormal Dağılım

GGN_{it} , belirlenen 3 noktada, 83 haftada gündüz gerçekleşen maddi hasarlı ve ölümlü yaralanmalı kazalara ait verilerin geometrik ortalamasını (i=1,2,3), GAK_{it} de akşam gerçekleşen maddi hasarlı ve ölümlü yaralanmalı kazalara ait verilerin geometrik ortalamalarını göstermede kullanılacak simgelerdir. Akşam oluşan trafik kazaları ile gündüz oluşan trafik kazaları arasında $R_{it}= GAK_{it}/GGN_{it}$ oranı elde edilmiştir. Şu ana kadar incelenen trafik kazaları istatistiklerinde akşam meydana gelen kazaların daha fazla olacağı düşünülmekte, gündüz ise radar ve kontrol uygulamaları nedeniyle daha az kaza olacağı düşünülmektedir. Bu üç noktanın da aynı yol üzerinde bağlantılı olmasından dolayı, bu noktalardan herhangi birinde meydana gelen kazanın bir önceki kaza ile bağımlı ve çarpımsal olduğundan, bunun yanısıra dış etkenlerden (sürücü hatası, yolun geometrik özellikleri, ehliyetin alındığı yıl gibi) etkilendiği düşünüldüğü için lognormal dağılıma uyacağı varsayılmaktadır. Bundan dolayı, t zamanında i.nci noktadaki R_{it} oranı ile ilgili aşağıdaki gibi bir ilişki elde edilebilir.

$$R_{it}=L_iR_{i-1,t} \qquad i = 1,2,3; \qquad t = 0, 1, 2,...,83$$

Burada (L_1, L_2, L_3) pozitif rassal vektördür. Böylece,

$$R_{3t}=R_0 \prod_{i=1}^{3} L_i \qquad t = 0, 1, 2,...,83 \qquad (1)$$

Burada R_0, bu oranların ilk değeridir. Notasyonumuzda, R_{3t} i.nci nokta için son oran değeri olduğundan $R_{it}=R_t$ olacaktır. Dolayısıyla, R_t oranı, tekrar yazılmaya çalışıldığında,

$$R_t=R_0 \left[\prod_{i=1}^{3} L_i^{\,1/3} \right]^3 = \mathrm{R}_0 \, [G_3]^3 \qquad t = 1, 2,..,83 \qquad (2)$$

Burada G_3 , L_1, L_2, L_3 (G_3 = $\sqrt[3]{\prod_{i=1}^{3} L_i}$) için geometrik ortalamadır. Denklem (2)'deki ilişkiden dolayı, R_t oranının, 3 nokta boyunca oluşan kazaların oranlarının geometrik ortalamasının çarpımsal olduğu sonucu çıkarılabilir.

İlgilenilen modelin eklemeli yerine çarpımsal hatalar üreteceğine inanmak daha mantıklı olmuştur. Bu varsayımlar altında, R_t aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$R_t=R_0 \prod_{i=1}^{3} (1+\delta_i) \qquad t = 1, 2,...,83 \qquad (3)$$

Burada $\{\delta_i\}$ birbirinden bağımsız ve ayrık, dağılımı tanımlı ve $|\delta_i|<1$ olan rassal değişkenlerdir. $L_i = 1+\delta_i$ kullanılarak, Denklem (1)'den yola çıkarak Denklem (3)'deki ilişki elde edilebilir. $ln\ (1+\delta_i\ )$ nin Taylor dönüşümü kullanılarak, ayrıca eklemeli merkezi limit teoremi ile $ln\ R_t$ asimtotik olarak normal dağılır. (Crow &Schimuzu, 1988, s.5)

$$ln\, R_t = ln\, R_0 + \sum_{i=1}^{3} \delta_i$$

Eğer rassal değişken $Y= ln(R-\gamma)$, $R > \gamma$ olduğu durumlarda, normal dağılıyorsa, R_t rassal değişkeninin, üç parametreli lognormal dağılım $R\sim\ \Lambda(\gamma,\ \mu,\ \sigma)$ göstermektedir. R rassal değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$f(r;\gamma,\mu,\sigma)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}(r-\gamma)}\exp\frac{-1}{2\sigma^2}[\ln(r-\gamma)-\mu]^2 \qquad \gamma<r<\infty \qquad \sigma>0 \quad (4)$$

Geometrik ortalamaların oranları için soldan kesilmiş üç parametreli lognormal dağılımın kullanılması uygun görülmüştür. Bu, γ location (threshold) parametreli olasılık modellerinin kesilmiş bir parçası için dağılım ayarlaması olarak düşünülmüştür. Burada γ, başlangıç (threshold) parametresidir.

Trafik kazası verilerinin lognormal dağılıma uygun olup olmadığını belirlemek için, trafik kazaları verilerinin histogramı ve lognormal olasılık dağılımı (probability paper) çizdirilmiş ve yol üzerinde gündüz ve akşam meydana gelen trafik kazalarının geometrik ortalamalarının lognormal dağılıma uygun olduğunu görülmüştür.

Verilerin lognormal dağılıma uyduğu görüldükten sonra, üç parametreli lognormal dağılımın γ, μ ve σ parametre değerleri çeşitli tahmin yöntemleri kullanılarak tahminlenebilir. (Cohen etal., 1988, s.75)

Parametre değerleri şöyle elde edilmiştir:

$\bar{r} = 8.825$ $s^2 = 21.59$ $s = 4.6464$

$r_1 = 1.5683$ $J = 0.5515$ $\hat{\sigma} = 0.53$

Moment dağılımın momentleri için uygun eşitlikler kullanılarak; $\hat{\mu} = 1.9587$, $\hat{\gamma} = 0.666$ parametre değerleri elde edilmiştir. Sonuç olarak, trafik kazalarının geometrik ortalamalarının oranları $R \sim \Lambda(0.666,\ 1.9587,\ 0.53)$ üç parametreli lognormal dağılıma uymaktadır.

Çalışmada, ayrıca Moment Tahminleme (Moment Estimator) ve Uyarlanmış Moment Tahminleme Yöntemleri (Modified Moment Estimate) kullanılarak tahminleyiciler de elde edilmiştir. Sonuçlar Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Oranlar için lognormal dağılımın parametre tahminleri

Estimator	$\hat{\gamma}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\mu}$	$\hat{E}(R)$	$\sqrt{\hat{V}(R)}$	$\hat{\alpha}_3(R)$	$\hat{\alpha}_4(R)$
ME	0.7454	0.3364	1.900	7.825	5.999	1.0798	5.1406
MME	0.6839	0.4813	2.092	9.780	4.646	1.6650	8.3028

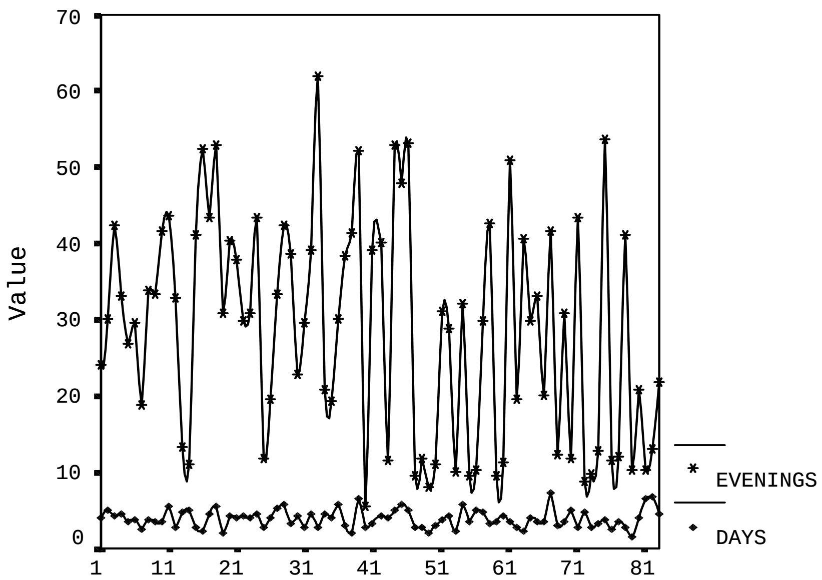
En çok olabilirlik tahminleyicisi elde edilemediğinden dolayı, asimtotik standart sapmalar uygulanamamıştır. Merkezi Limit Teoreminden $\hat{\sigma}_{\bar{x}} = 0.51017$ elde edilir.

Dönüştürülen *ln(R-γ)* değişkeninin Normal dağılması gerektiği düşünülmüştür. Yapılan analizler sonucunda, *ln(r-gamma)* değişkeninin normal dağılıma uyduğu görülmüştür. Bu noktadan sonra, (*r-gamma*) değişkeninin lognormal dağıldığı sonucuna varılmıştır.

3. Zaman Serisinde Müdahale Etkisinin Ölçülme Süreci

Bu bölümde, müdahalenin başarısı, mevcut verilerin ölçülmesi ve istatistiksel öneminin görülmesi açısından test edilmiştir. Radarın belirlenen yol üzerindeki trafik kazalarına etkisi modellenmiştir.

83 hafta boyunca Yeşildere, Yenişehir ve Karabağlar bağlantılı yolunda gündüz ve akşam meydana gelen trafik kazalarının geometrik ortalamalarının grafiği Şekil 1'de görülmektedir. Gündüz ve akşam meydana gelen trafik kazalarında coğrafik konumun ve atmosferik şartların aynı olduğu varsayılmıştır.

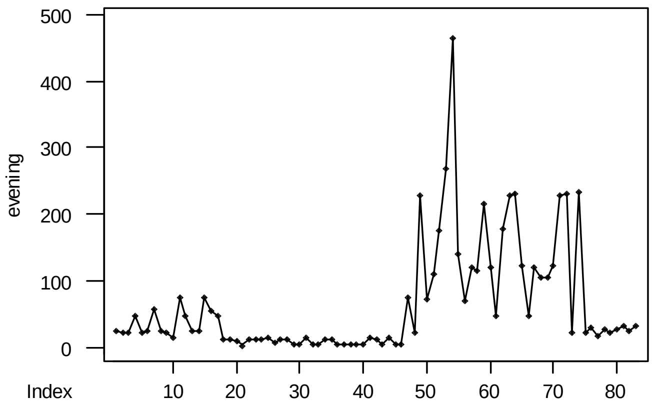


Şekil 1. Verilerin geometrik ortalamalarının zaman serisi grafiği

Gündüz meydana gelen trafik kazalarının radarın etkisi ile az olduğu düşünüldüğünden, müdahale öncesi ya da müdahalesiz diye nitelendirilen seri akşam meydana gelen trafik kazaları serisidir. Bu nedenle müdahale öncesi analizler akşam meydana gelen trafik kazası verilerine uygulanacaktır.

3.1. Müdahale Öncesi Tek Değişkenli Model Yaklaşımı

Akşam meydana gelen trafik kazaları serinin zaman serisi gösterimi Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Akşam meydana gelen trafik kazalarının zaman serisi grafiği

Yeni seri W_t, mevsimsel olmayan entegre hareketli ortalama ARIMA(0, 1, 1) modelinin seriye uygun olduğu kararına varılmaktadır. ARIMA(0, 1, 1) modelinin genel gösterimi aşağıda görülmektedir.

$$W_t = (1 - \theta_1 B)\, a_t \tag{5}$$

Uyum iyiliği test sonuçlarına göre, ARIMA(0, 1, 1) modelinin yeterli olduğu kararına varılmıştır.

3.2. Tek Değişkenli Müdahale Analizi Varsayımları

Müdahalenin etkisinin özelliğini yitirmediği tek değişkenli bir model geliştirmeden önce, çalışmada ele alınan önemli varsayımlardan bahsedilmesi gerekli görülmüştür. Çalışma boyunca,

1. Belirlenen güzergahın trafik yoğunluğunun değişmediği,
2. Sürücülerin tavırlarının derecelerinin aynı kaldığı,
3. Belirlenen güzergah, belirlenen tarihlerde başka bir müdahalenin olmadığı
4. Tek değişkenli modelin gürültü yapısının müdahale öncesi ve müdahale sonrası aynı kaldığı

varsayımları geçerli olmuştur.

3.3. Müdahalenin Modellenmesi

Akşam meydana gelen trafik kazalarının zaman serisi için gürültü modeli N_t aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$N_t = (1 - 0.5247B)\, a_t \tag{6}$$

Serinin ikinci kısmı olan müdahaleli kısımda müdahalenin etkisini ölçmek için trafik kazaları serisinin, aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$Z_t = R(B) + (1 - 0.5247B)a_t \tag{7}$$

4.dereceden polinomla Taylor dönüşümü kullanıldığında aşağıdaki denklem elde edilir:

$$K(B)Z_t = K(B)R(B)\xi_t + a_t \tag{8}$$

Burada K(B) = (1 + 0.5247B + 0.2753B^2 + 0.1445B^3 + 0.0.76B^4) dördüncü dereceden polinomdur.

Artıkların ACF ve PACF'sine bakıldığında, standart hataların sınırını aşan bacakların varolmaması, modelin uygun olduğuna ve artıkların da beyaz gürültü özelliği taşıdığında işarettir.

Portmentau test sonuçlarına göre, belirlenen ARIMA modelinin müdahale değişkeni ile birlikte sistemde meydana gelen bütün sistematik varyasyonu kontrol ettiği ve artıkların da beyaz gürültü olduğu sonucuna varılır.

3.4. Regresyon Denklemine Uyarlama

Denklem 8, doğrusal regresyon denklemi olarak yazılabilir:

$$Y_t = \beta X_t + a_t \tag{9}$$

Burada, $Y_t = K(B)Z_t$ $X_t = K(B)\xi_t$ $\beta = R_t(B)$ olarak alınmıştır. Aynı güzergah üzerinde aynı zamanlarda meydan gelen trafik kazaları ele alındığından dolayı, atmosferik koşulların da aynı olduğu düşünüldüğünden müdahale öncesi ve müdahale sonrası a_t beyaz gürültü etkilerinin aynı olduğu varsayılmıştır.

SONUÇ

Trafik kazaları üzerinde hem lognormal dağılım teorisinin hem de müdahale analizinin birlikte uygulandığı bu çalışma, elde ettiği sonuçlar ile pek çok çalışmaya ışık tutacaktır.

Trafik kazaları üzerinde yapılan bu çalışma iki farklı alanı birleştirmeye çalışan bir yaklaşım üzerine kurulmuştur. Lognormal dağıldığı gösterilen trafik kazaları verileri üzerinde müdahale analizi uygulanmıştır.

Uygulama sonuçlarına göre, dönüştürülen trafik kazaları verileri kullanıldığında, *β*'nin en küçük kareler tahmini -37.223'tür. *β* için *t*-değeri (19.77), 160 serbestlik dereceli *t* tablo değerinden daha büyüktür. Ayrıca *p*-değerine bakıldığında katsayıların anlamlı olduğu ve müdahalenin etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir. Dolayısıyla belirlenen yol boyunca belirli zamanda yapılan radar uygulaması trafik kazalarının azalmasında önemli bir rol oynamıştır. Müdahale değişkeni, belirlenen yol boyunca trafik kazaları meydana gelme seviyesinde yaklaşık olarak 37.223 birim azalan yönde adım değişimine sebep olmuştur.

Ayrıca, Denklem 9'daki basit regresyon modeli için ANOVA'da *F* değerine (390.90) bakıldığında (p =0), denklem oldukça anlamlı çıkmıştır. Tek müdahale değişkeni ve gürültü modelinden uyarlanan regresyon modeline bakıldığında, müdahale değişkeninin trafik kazalarındaki toplam değişimin % 71'ini açıklayabildiği görülmüştür.

KAYNAKÇA

Abraham, B., (1987). Application of intervention analysis to a road fatality series in Ontario. Journal of Forecasting, 6, 211-219

Abraham, B.,& Ledolter J., (1986), Statistical Methods For Forecasting, Wiley Series, USA

Al-Khalidi, A.S, (2002), Measuring water sources pollution using intervention analysis in time series and lognormal model, Environmetrics, 13, pp:693-710

Box, G. E. P., & Tiao, G. C. (1975). Intervention analysis with applications to economic and environmental problems. Journal of the American Statistical Association. 70, 70-79

Box, G. E. P., Jenkins, G. M., & Reinsel G. C. (1994).Time Series Forecasting and Control. (3rd ed.) New Jersey: Prentice Hall: Englewood Cliffs.

Cauley, J., Im E. I. (1988). Intervention policy analysis of skyjacking and other terrorist incidents. American Economic Review, 78, 27-31

Chatfield, C. (1999). The Analysis of Time Series (5th ed.). USA: Chapman & Hall.

Cohen, A. C., &Whitten B. J. (1980). Estimation in the three-parameter lognormal distribution. Journal of the American Statistical Association, 75, 399-404

Cohen, A. C.,& Whitten B. J. (1988). Parameter estimation in reliability and life span models. New York: Marcel Dekker

Crow, E. L.,& Shimizu, K. (1988). Lognormal Distributions: Theory and Application New York: Marcel Dekker

Guerrero, V. M., Pena D.,& Poncela P. (2003). Measuring intervention effects on multiple time series subjected to linear restrictions: A banking example. Journal of the American Statistical Association, 98, 121-137

Haque, M. O. (1990). Preliminary evaluation of the Vitorian zero blood alcohol time An Australian case study in intervention analysis.

Mélard, G., &Pasteels, J. M. (2000). Automatic ARIMA modeling including interventions, using time series expert software. International Journal of Forecasting. 16, 497 – 508

Özmen, A., (1986), Zaman Serisi Analizinde Box-Jenkins Yöntemi ve Banka Mevduat Tahmininde Uygulama Denemesi, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir

Pole, A., West M., &Harrison J. (1999). Applied Bayesian Forecasting and Time Series Analysis. (2nd ed.). USA: Chapman & Hall.

Rao, T. S.(1993).Development in Time Series Analysis. Chapman & Hall.

Ross S. (1993). Probability Models. (5th ed.). London: Academic Press

Shen, W. (1998).Estimation of parameters of a lognormal distribution. Taiwanese Journal of Mathematics, 2, 243-250

Tiao,G. C.,& Box, G. E. (1981). Modeling multiple time series with applications. Journal of the American Statistical Association, 76, 802-816

Wei, W. S. (1990). Time series analysis: univarite and multivariate methods. Addison-Wesley, Redwood City.

Yaffee, R.,&McGee M., (2000), Time Series Analysis and Forecasting, Academic Press, New York