

KARAYOLLARI DONANIM DURUMUNUN TRAFİK KAZA SONUÇLARINA ETKİSİ

Veysel YILMAZ¹, Sinan SARAÇLI²

¹ Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü,
vyilmaz@ogu.edu.tr

² Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü,
Afyon, ssaracli@aku.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada ilk önce kontenjans tabloları ve söz konusu tabloların analizi hakkında bilgi verilmiş ve daha sonra üç yönlü kontenjans tablolarının analizinde Log-linear modellerin kullanımı ayrıntılarıyla ele alınmıştır.

Çalışmanın uygulama kısmında ise söz konusu modeller yardımıyla şehir içi ve şehir dışı yollarda yolun donanım özelliklerinin (aydınlatma, banket, trafik ışığı, trafik işaret levhası, yaya kaldırımı, yol şerit çizgisi) trafik kaza sonuçlarına etkisi araştırılmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kategorik Veri, Kontenjans Tabloları, Etkileşim, Bağımsızlık, İstatistiksel Model, Log-Linear Model

CONNECTION WITH THE EFFECT OF ROAD CONDITION ON THE RESULTS OF TRAFFIC ACCIDENTS

ABSTRACT

First of all, some informations were given about the analysis of contingency tables. Then, Log-linear models were applied in connection with contingency tables of 3-way in detail.

As an applications for this study the categorical data with traffic accident were analysed using Log-linear models.

Key Words: Categorical Data, Contingency Tables, Interaction, Independent, Statistical Models, Log-Linear Models

1. GİRİŞ

Günümüz toplum bilim araştırmalarının çoğunda incelenen istatistik birimlerinin çeşitli kategorik değişkenler itibariyle gözlenmesi söz konusudur. Bu tür çalışmalarda güdülen amaç, gözlem sonucu elde edilen

kategorik verilerin çeşitli kontenjans tabloları şeklinde düzenlemek ve düzenlenen tablolar üzerinde yapılacak analizlere dayanarak değişkenler arasındaki karmaşık ilişki yapılarını ortaya çıkartmak ve araştırılan konuyla ilgili daha doğru ve daha kapsamlı bilgi sahibi olmaktır. Güdülen bu amacı gerçekleştirmenin bir yolu da kontenjans tablosunun boyutlarını oluşturan değişkenlerin açıklanan değişken üzerindeki ana etkilerini, iki değişkenli etkileşim etkilerini ve üç değişkenli etkileşim etkilerini kestirmek, sınamak ve en uygun log-linear modelle ifade etmektir (Andersen, 1990).

Yolun donanım özelliklerinin trafik kaza sonuçlarına etkisinin araştırılması için uygun veriler sadece Emniyet Genel Müdürlüğü'nün hazırladığı "Trafik İstatistik Yıllığı 1997"de bulunabilmektedir. Söz konusu yılda yolun donanım durumuyla ilgili her bir faktör (aydınlatma, banket, trafik ışığı, trafik işaret levhası, yaya kaldırımı, yol şerit çizgisi) kaza yeri ve kaza sonuçları kategorik değişkenlerine göre ayrı ayrı 3-yönlü kontenjans tabloları şeklinde düzenlenmiştir.

Bu maksatla çalışmada ilk önce üç boyutlu kontenjans tabloları daha sonra log-linear modellerin matematiksel yapısı ve son olarak da söz konusu modeller yardımıyla şehir içi ve şehir dışı karayollarında yolun donanım durumunun kaza sonuçlarına etkisi araştırılmaya çalışılmıştır.

2. ÜÇ BOYUTLU KONTENJANS TABLOLARI

Örneklemdaki her bir birimin üç kategorik değişken üzerinde aynı anda sınıflandırılmasıyla oluşturulan tablolara üç boyutlu kontenjans tablosu denir. Değişkenlerin düzeylerine aynı anda sahip olan istatistik birimlerinin sayısı olan gözlenen sıklıklar, gözlendiği değişkenler itibariyle bir yada daha fazla sıra ve sütun halinde gösterilmesiyle kontenjans tablosu oluşturulmuş olur (Yılmaz, 1996).

Üç boyutlu kontenjans tablolarında (KT) sıralar I, sütunlar J ve tabakalar K ile gösterilir. (Agresti a, 1994)

Üç boyutlu KT kullanılan notasyonlar.

n_{ijk}	; (i,j,k) gözesinin gözlenen frekansı
P_{ijk}	; (i,j,k) gözesinin olasılığı
m_{ijk}	; (i,j,k) gözesinin beklenen frekansı
$n_{...}$; KT toplam frekans
$n_{i..}$; i nci. sıranın marjinal frekansı
$n_{.j.}$; j nci. sütunun marjinal frekansı
$n_{..k}$; k nci. tabakanın marjinal frekansı
$P_{i..}$; i nci. sıranın marjinal olasılığı

$P_{.j}$; j nci. sütunun marjinal olasılığı

$P_{..k}$; k nci. tabakanın marjinal olasılığı

I sıra değişkeni, J sütun değişkeni ve K tabaka değişkenini göstermek üzere $i=1,2,\dots,I$; $j=1,2,\dots,J$; $k=1,2,\dots,K$ dir.

3. ÜÇ BOYUTLU KT LOG-LİNEAR MODELLER

İstatistiksel yaklaşımın temel kavramlarından biri de model kavramıdır. Model, bir sistemde bileşenlerin ve bunlar arasındaki ilişkilerin matematiksel ve mantıksal ifadelerle anlatımıdır. Değişkenler arasındaki ilişkilerin en uygun matematiksel modelle gösterilmesi çoğu zaman pek çok araştırmacının esas konusu olmuştur. Log linear analizde de amaç çok değişkenli kategorik verilerin özetlendiği kontenjans tablolarındaki değişkenlerin ve değişkenler arası etkileşimlerin açıklanan değişken üzerindeki etkilerinin uygun bir matematiksel model yardımıyla ortaya koymaktır (Everitt and Dunn, 1991) . Kontenjans tabloları için mümkün Log-linear model sayısı boyut sayısına bağlıdır. n boyut sayısını göstermek üzere KT'daki mümkün log-linear model sayısı 2^{2n-1} formülüyle hesaplanabilir (Darroch Vd.,1980). Örneğin $n=3$ iken mümkün log-linear model sayısı 128 dir. Tüm bu modellerin hepsinin ele alınarak incelenmesi imkansızdır. Bu nedenle benzer özellikleriyle bir araya getirilen modeller tam bağımsızlık, kısmi bağımsızlık, koşullu bağımsızlık ve doymuş model başlıkları altında incelenmesi daha uygundur (Goodman a, 1968).

3.1 Tam Bağımsızlık Modeli

Sıra, sütun ve tabakaların hepsinin birbirinden bağımsız olduğu durumda (i,j,k) gözesi için ortak olasılık ilgili marjinal olasılıkların çarpımına eşittir (Christensen, 1990).

$$M^{(0)}: p_{ijk} = p_{i.} p_{.j} p_{..k} \quad (1)$$

$$\hat{m}_{ijk}^{(0)} = n_{..} \hat{p}_{ijk}^{(0)} = \frac{n_{i..} n_{.j} n_{..k}}{n_{..}^2} \text{ dir.}$$

$\hat{m}_{ijk}^{(0)}$ nın logaritması alındığında,

$$\ln \hat{m}_{ijk}^{(0)} = \ln n_{i..} + \ln n_{.j} + \ln n_{..k} - 2 \ln n_{..} \quad (2)$$

bulunur. i, j ve k için toplam alındığında,

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \ln \hat{m}_{ijk}^{(0)} = JK \sum_{i=1}^I \ln n_{i..} + IK \sum_{j=1}^J \ln n_{.j.} + \sum_{k=1}^K \ln n_{..k} - 2IJK \ln n_{...}$$

elde edilir. τ_i, τ_j, τ_k ve τ_0 aşağıdaki gibi tanımlandığında, (Agresti b, 1990)

$$\tau_i = \ln n_{i..} - \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \ln n_{ijk}$$

$$\tau_j = \ln n_{.j.} - \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \ln n_{ijk}$$

$$\tau_k = \ln n_{..k} - \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \ln n_{ijk}$$

$$\tau_0 = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \ln n_{i..} + \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \ln n_{.j.} + \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \ln n_{..k} + \ln n_{...}$$

(2) nolu eşitlikte yer alan model aşağıdaki şekle dönüşür.

$$\ln m_{ijk}^{(0)} = \tau_0 + \tau_i + \tau_j + \tau_k \quad (3)$$

(3) nolu modeli üç boyutlu KT tüm değişkenlerin birbirinden bağımsız olduğunu, değişkenler arasında hiç bir düzeyde etkileşim olmadığını ifade eden parsimony log-linear modeldir. τ_0 ortalama etkiyi, τ_i sıra etkisini τ_j sütun etkisini ve τ_k da tabaka etkisini göstermektedir.

3.2 Kısmi Bağımsızlık Modelleri

Bir değişkenin diğer iki değişkenden bağımsız olduğu modellerdir. KT üç değişken olduğunda üç adet kısmi bağımsızlık modelinden bahsetmek mümkündür (Goodman b,1984).

1. Sıra değişkeninin sütun ve tabaka değişkeninden bağımsız olduğu model

Bu modelde sütun ve tabakalar arasındaki ilişki hakkında hiçbir şey söylenemez. Birbirlerinden bağımsızda olabilir bağımlı da olabilirler. Eğer

bağımlı iseler bağımsızlıktan ayrılışları ayrıca araştırılabilir. Sıra değişkeninin sütun ve tabaka değişkeninden bağımsız olduğu model,

$$M^{(1)} : p_{ijk} = p_{i..} p_{.jk} \quad (4)$$

şeklindedir.

$$\hat{m}_{ijk}^{(1)} = n_{...} \hat{p}_{ijk}^{(1)} = n_{...} \frac{n_{i..} n_{.jk}}{n_{...} n_{...}} = \frac{n_{i..} n_{.jk}}{n_{...}} \text{ dir.}$$

$\hat{m}_{ijk}^{(1)}$, nin logaritması alınıp benzer işlemler yapıldığında model,

$$\ln m_{ijk}^{(1)} = \tau_0 + \tau_i + \tau_j + \tau_k + \tau_{jk} \quad (5)$$

şeklini alır. (5) modeline sıra değişkeninin sütun ve tabaka değişkeninden bağımsız olduğu log-linear model denir.

2. *Sütun değişkeninin sıra ve tabaka değişkeninden bağımsız olduğu model*

$$M^{(2)} : p_{ijk} = p_{.j.} p_{i.k} \quad (6)$$

$M^{(2)}$ modeli için $M^{(1)}$ modelinde yapılan benzer işlemler yapıldığında (6) eşitliği aşağıdaki log-linear forma dönüşür.

$$\ln m_{ijk}^{(2)} = \tau_0 + \tau_i + \tau_j + \tau_k + \tau_{ik} \quad (7)$$

3. *Tabaka değişkeninin sıra ve sütun değişkeninden bağımsız olduğu model*

$$M^{(3)} : p_{ijk} = p_{..k} p_{ij.} \quad (8)$$

(4) ve (6) eşitliklerinde yer alan modeller için yapılan işlemler (8) modeli içinde tekrarlandığında,

$$\ln m_{ijk}^{(3)} = \tau_0 + \tau_i + \tau_j + \tau_k + \tau_{ij} \quad (9)$$

Tabaka değişkenin sıra ve sütun değişkeninden bağımsız olduğu log-linear model elde edilmiş olur. (5), (7) ve (9) nolu eşitliklerde yer alan τ_{jk} , τ_{ik} ve τ_{ij} simgeleri sırasıyla sütun tabaka etkileşim parametresi, satır tabaka etkileşim parametresi ve satır sütun etkileşim parametresini ifade eder.

3.3 Koşullu Bağımsızlık Modelleri

Bir değişkenin ilgili düzeyleri bilindiğinde diğer iki değişken koşullu bağımsız olabilir. Koşullu bağımsızlık modeli iki değişkenin bağımsızlığını üçüncü değişkenin kontrolünde izin verir. Örneğin tabaka k bilindiğinde i. Sıra ve j. Sütunun koşullu bağımsızlığı,

$$P(\text{satır} = i, \text{sütun} = j / \text{tabaka} = k) = \frac{P(\text{satır} = i, \text{sütun} = j, \text{tabaka} = k)}{P(\text{tabaka} = k)} = \frac{P_{ijk}}{P_{..k}}$$

Her bir tabaka için sıra ve sütunların koşullu bağımsızlığı ise,

$$P(\text{satır} = i, \text{sütun} = j / \text{tabaka} = k) =$$

$$P(\text{satır} = i / \text{tabaka} = k) P(\text{sütun} = j / \text{tabaka} = k) = \frac{P_{i.k} P_{.jk}}{P_{..k} P_{..k}}$$

şeklinde yazılabilir. Bulunan iki eşitlik birbirine eşitlendiğinde tabaka değişkenini her bir düzeyinde sıra ve sütun değişkenleri arasındaki koşullu bağımsızlık modeli,

$$M^{(4)} : p_{ijk} = \frac{p_{i.k} p_{.jk}}{p_{..k}} \quad (10)$$

şeklinde yazılabilir. Üç boyutlu tablolarda üçüncü değişkenin düzeylerine göre diğer iki değişkenin koşullu bağımsızlığı için olası üç model vardır. Birincisi tabalar bilindiğinde sıra ve sütunlar arasındaki koşullu bağımsızlık (10), ikincisi sütunlar bilindiğinde tabakalar ve sıralar arasındaki koşullu bağımsızlık (11),

$$M^{(5)} : p_{ijk} = \frac{p_{ij.} p_{.jk}}{p_{.j.}} \quad (11)$$

ve sıralar bilindiğinde sütun ve tabakalar arasındaki koşullu bağımsızlık (12),

$$M^{(6)} : p_{ijk} = \frac{p_{ij} p_{i.k}}{p_{i..}} \quad (12)$$

yazılabilir. (10), (11) ve (12) deki üç modelde yer elan olasılıkların Maksimum Benzerlik Kestirimleri (MBK) birbirine benzerdir. $M^{(4)}$ için MBK,

$$\hat{p}_{ijk}^{(4)} = \frac{\hat{p}_{i.k} \hat{p}_{.jk}}{\hat{p}_{..k}} = \frac{\binom{n_{i.k}}{n_{..}} \binom{n_{.jk}}{n_{..}}}{\binom{n_{.k}}{n_{..}}} \quad (13)$$

dir. $M^{(4)}$ modeli altında beklenen sıklığın MBK ise,

$$\hat{m}_{ijk}^{(4)} = n_{..} \hat{p}_{ijk}^{(4)} = \frac{n_{..} \hat{p}_{i.k} \hat{p}_{.jk}}{\hat{p}_{..k}} = \frac{n_{i.k} n_{.jk}}{n_{.k}} \quad (14)$$

şeklindedir.

Yukarıda ifade edilen koşullu bağımsızlık modellerini log-linear model parametreleriyle de ifade etmek mümkündür (Choulakian, 1988).

$$M^{(4)} : \ln m_{ijk} = \tau_0 + \tau_i + \tau_j + \tau_k + \tau_{ik} + \tau_{jk} \quad (15)$$

$$M^{(5)} : \ln m_{ijk} = \tau_0 + \tau_i + \tau_j + \tau_k + \tau_{ij} + \tau_{jk} \quad (16)$$

$$M^{(6)} : \ln m_{ijk} = \tau_0 + \tau_i + \tau_j + \tau_k + \tau_{ij} + \tau_{ik} \quad (17)$$

Ayrıca bunlara ek olarak tüm ana etkiler, tüm iki değişkenli etkileşim ve üç değişkenli etkileşimi içeren doymuş log-linear model,

$$M^{(7)} : \ln m_{ijk} = \tau_0 + \tau_i + \tau_j + \tau_k + \tau_{ij} + \tau_{ik} + \tau_{jk} + \tau_{ijk} \quad (18)$$

şeklinde yazılabilir. (15), (16), (17) ve (18) modellerinde yer alan ortalama etki, ana etki ve etkileşim parametrelerinin kestirimleri aşağıdaki formüller yardımıyla yapılır (Andersen, 1990).

$$\begin{aligned}
\hat{\tau}_0 &= \frac{1}{IJK} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \ln n_{ijk} \\
\hat{\tau}_i &= \frac{1}{JK} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \ln n_{ijk} - \hat{\tau}_0 \\
\hat{\tau}_j &= \frac{1}{IK} \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \ln n_{ijk} - \hat{\tau}_0 \\
\hat{\tau}_k &= \frac{1}{IJ} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \ln n_{ijk} - \hat{\tau}_0 \\
\hat{\tau}_{ij} &= \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \ln n_{ijk} - \hat{\tau}_i - \hat{\tau}_j + \hat{\tau}_0 \\
\hat{\tau}_{ik} &= \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \ln n_{ijk} - \hat{\tau}_i - \hat{\tau}_k + \hat{\tau}_0 \\
\hat{\tau}_{jk} &= \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \ln n_{ijk} - \hat{\tau}_j - \hat{\tau}_k + \hat{\tau}_0 \\
\hat{\tau}_{ijk} &= \ln n_{ijk} - \hat{\tau}_i - \hat{\tau}_j - \hat{\tau}_k - \hat{\tau}_{ij} - \hat{\tau}_{ik} - \hat{\tau}_{jk} + \hat{\tau}_0
\end{aligned} \tag{19}$$

Modellerde yer alan parametreler için aşağıdaki koşullar geçerlidir,

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^I \tau_i &= \sum_{j=1}^J \tau_j = \sum_{k=1}^K \tau_k = 0 \\
\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \tau_{ij} &= \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \tau_{ik} = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \tau_{jk} = 0 \\
\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \tau_{ijk} &= 0
\end{aligned} \tag{20}$$

3.4 Uygun Model Seçimi

Kontenjans tablosundaki veriler için en uygun log-linear modelin bulunmasında dört temel yaklaşım vardır. Bunlardan birincisi K-yönlü etkilerin anlamlılığının sınanması, ikincisi değişkenler arasındaki kısmi ki-kare değerlerinin anlamlılığının sınanması, üçüncüsü geriye doğru veya ileriye eleme (Backward, Forward Elimination), sonuncusu da doymuş

modelde etki ve etkileşim parametrelerinin anlamlılık sınavıdır (Benedetti and Brown, 1978).

SPSS gibi hazır istatistiksel paket programlar söz konusu bu yaklaşımlardan elde edilen sonuçları ayrıntılı olarak verdiği için analizler paket programlar yardımıyla yapılabilmektedir (Spss For Windows, 1992).

3.5 Modellerin Uygunluğunun Sınanması

Ele alınan modelin veriye uygunluğunu sınavması gözlenen ve ele alınan modele göre hesaplanan beklenen sıklık arasındaki farka dayanan Pearsen ki kare veya benzerlik oran istatistikleri yardımıyla yapılır. $\hat{m}_{ijk}^{(*)}$ ele alınan modele dayanarak hesaplanan beklenen sıklıkları gösterdiğinde söz konusu istatistikler,

$$X^2 = \sum_i \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \frac{(n_{ijk} - \hat{m}_{ijk}^{(*)})^2}{\hat{m}_{ijk}^{(*)}} \quad ; \quad G^2 = 2 \sum_i \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K n_{ijk} \ln(n_{ijk} / \hat{m}_{ijk}^{(*)}) \quad (21)$$

şeklinde (Rao And Scott, 1984).

Bu istatistikler ilgili model altında belirli serbestlik dereceleriyle ki kare dağılır.

4. TÜRKİYE'DEKİ KARAYOLLARI DONANIM DURUMUNUN TRAFİK KAZA SONUÇLARINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Karayolu üzerinde hareket halinde olan bir veya birden fazla aracın karıştığı ölüm, yaralanma ve zararlı sonuçlanmış olay olarak tanımlanan trafik kazaları tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Trafik kazaları itibarıyla ülkemizin dünya üzerindeki yerini görme bakımından 100.000 araca düşen ölü sayılarını incelemek yerinde olacaktır. 1997 yılı itibarıyla Norveç 9, Japonya 11, Finlandiya 13, İtalya 14, Hollanda 17, Almanya 18, A.B.D 21, İspanya 28, İsrail 31, Slovenya 40, Macaristan 50, Hırvatistan 63, **TÜRKİYE 67**, G.Afrika 156, Ürdün 188 ve Fas 211 dir (Trafik İstatistik Yıllığı, 1997). Bu verilerden de anlaşılacağı gibi Avrupa Birliğine girme aşamasında olan Türkiye trafik kazalarından kayıpları itibarıyla Avrupa ülkelerinin ön sıralarındadır.

Dünya ülkeleri bu sorunu eğitim, alt yapı ve denetim hizmetlerine geliştirerek çözmeye çalışmıştır. Çalışmamızda da özellikle karayollarının

aydınlatma, banket, yaya kaldırımı, trafik ışığı, yol şerit çizgisi ve yol işaret levhası gibi alt yapı ve donanım özelliklerinin kaza sonuçlarını nasıl etkilediğini araştırmaya çalışarak karayollarının donanım özelliklerinin önemini ortaya koymak amaçlanmıştır.

Analiz için veriler “Emniyet Genel Müdürlüğü’nün yayınladığı Trafik İstatistik Yıllığı 1997” den derlenmiştir. Söz konusu yılda yolun donanım özellikleriyle ilgili her bir faktör kaza yeri ve kaza sonucu değişkenlerine göre ayrı ayrı üç yönlü tablolar şeklinde düzenlenmiştir. Bu nedenle analizler yolun donanım özelliklerinin her biri için ayrı ayrı yapılmıştır.

4.1 Karayolunun Aydınlatma Durumu Ve Kaza Sonuçlarına Etkisi

Değişkenler

A=Kaza Yeri (i=1→Şehir İçi ;i=2→Şehir Dışı)

B=Aydınlatma (j=1→Var;j=2→Yok)

C=Kaza Sonucu (k=1→Ölümlü Kaza Sayısı; k=2→Yaralanmalı Kaza Sayısı;k=3→Maddi Hasarlı Kaza Sayısı)

Ana etkiler (T=1), iki değişkenli etkileşim etkileri (T=2) ve üç değişkenli etkileşim etkileri (T=3) istatistiksel olarak anlamlıdır. Bunun anlamı modelde ana etki parametrelerinin, iki ve üç değişkenli etkileşim parametrelerinin yer alması gerektiğidir.

Uygun model seçimi için kısmi ilişkiler yaklaşımıyla ilgili elde edilen sonuçlardan tüm ana etkiler ve iki değişkenli etkileşim etkileri istatistiksel olarak anlamlı olduğu ortaya çıkmıştır.

Modelde ana etkiler, iki değişkenli etkileşim etkileri ve üç değişkenli etkileşim etkileri yer almalıdır. Uygun bulunan log-linear modelin matematiksel ifadesi aşağıda verilmiştir.

$$\ln x_{ijk} = \tau_0 + \tau^{Kz.yeri} + \tau^{Aydınlatma} + \tau^{Kz.sonucu} + \tau^{Kz.yeri*Aydınlatma} + \tau^{Kz.yeri*Kz.sonucu} + \tau^{Aydınlatma*Sonuç} + \tau^{Kz.yeri*Aydınlatma*Kz.sonucu}$$

Analiz sonucu elde edilen model bize sadece kontenjans tablosunun boyutlarını oluşturan değişkenler aralarındaki istatistiksel olarak anlamlı veya anlamlı olmayan ilişkiler hakkında fikir verir. Bu sonuçlar konu hakkında geniş yorumlar yapabilmek için yeterli değildir. Değişkenler arasındaki karmaşık ilişki yapılarını sayısal olarak ifade ederek ilişkinin yönü ve derecesi hakkında geniş yorumlar yapabileceği imkanı veren Log-

linear model etkileşim parametre kestirimlerinin hesaplanmasına ihtiyaç vardır (Kotze, 1982).

Aydınlatma, trafik kazasının olduğu yer ve kaza sonucu verilerinin ana etki ve etkileşim parametre kestirimlerinin incelenmesinden elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir

Bulgular

- Üç değişkenli etkileşim, iki değişkenli etkileşim ve tüm ana etkiler 0,05 anlam düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır.
- Aydınlatma daha çok şehir içinde söz konusudur.
- Şehir dışındaki yollarda aydınlatmanın var olması ölümlü ve yaralanmalı kaza sayılarını azaltmada etkilidir.

4.2 Karayollarında Kaldırım Durumunun Kaza Sonuçlarına Etkisi

Değişkenler

A=Kaza Yeri (i=1→Şehir İçi ;i=2→Şehir Dışı)

B=Kaldırım (j=1→Var;j=2→Yok)

C=Kaza Sonucu (k=1→Ölümlü Kaza Sayısı; k=2→Yaralanmalı Kaza Sayısı;k=3→Maddi Hasarlı Kaza Sayısı)

Analiz sonuçları incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşmak mümkündür.

Bulgular

- Üç değişkenli etkileşim, iki değişkenli etkileşim ve tüm ana etkiler 0,05 anlam düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır
- Kaza yerini dikkate almadan kaldırım*kz. sonucu iki değişkenli etkileşim parametrelerine bakıldığında yollarda kaldırımın var olması ölümlü ve yaralanmalı kaza sayısını azalttığı fakat maddi hasarlı kazaları arttırdığı görülür.
- Özellikle şehir içindeki yollarda kaldırımın var olması yaralanmalı kazalardan çok ölümlü kazaları azaltmaktadır.

4.3 Karayollarındaki Trafik Işıklarının Kaza Sonuçlarına Etkisi

Değişkenler

A=Kaza Yeri (i=1→Şehir İçi ;i=2→Şehir Dışı)

B=Trafik Işığı (j=1→Var;j=2→Yok)

C=Kaza Sonucu (k=1→Ölümlü Kaza Sayısı; k=2→Yaralanmalı Kaza Sayısı;k=3→Maddi Hasarlı Kaza Sayısı)

Karayollarında trafik ışığının varlığının kaza sonuçlarına etkisinin araştırılmasıyla ilgili analiz sonuçlarından elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Bulgular

- *Üç değişkenli etkileşim parametreleri ancak 0,20 anlam düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır.*
- Trafik ışık*kz. sonucu iki değişkenli etkileşim parametreleri 0,05 anlam düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Söz konusu parametre değerleri incelendiğinde trafik ışığı değişkeninin j=1 düzeyi ölümlü ve yaralanmalı kaza sayılarını azaltma yönünde etkili olduğu görülür.

4.4 Karayollarındaki Trafik İşaret Levhalarının Kaza Sonuçlarına Etkisi

Değişkenler

A=Kaza Yeri (i=1→Şehir İçi, i=2→Şehir Dışı)

B=Trafik İşaret levhası (j=1→Var, j=2→Yok)

C=Kaza Sonucu (k=1→Ölümlü Kaza Sayısı; k=2→Yaralanmalı Kaza Sayısı; k=3→Maddi Hasarlı Kaza Sayısı)

Şehir içi ve şehir dışındaki karayollarında bulunan trafik levhalarının kaza sonuçlarına etkisiyle ilgili analiz sonuçlarından elde edilen bulgular aşağıdadır.

Bulgular

- Kaza yeri, trafik işaret levhası ve kaza sonucu değişkenlerinden oluşan üç boyutlu KT için tüm etki ve etkileşimleri içeren doymuş model söz konusudur.
- Trafik levhasının var olması durumunda ölümlü ve yaralanmalı kaza sayılarının azaldığını ifade eden log-linear parametre kestirimleri

$$\frac{\text{TRFLEVHA} \cdot \text{KZ.SONUC}}{\text{TVAR} \cdot \text{ÖLÜMLÜ}} = -0,469 \quad \frac{\text{TRFLEVHA} \cdot \text{KZ.SONUC}}{\text{TVAR} \cdot \text{YARALANMALI}} = -0,119$$

bulunmuştur. Söz konusu parametre kestirimlerine ilişkin Z-

değerleri (Z-Value) incelendiğinde sırasıyla $-40,9$ ve $-18,3$ olduğu görülmüştür. Bu değerler yukarıda ifade edilen parametre kestirimlerinin $0,05$ anlam düzeyinde istatistiksel anlamlı olduğunu gösterir.

- Üç değişkenli etkileşim parametre kestirimleri incelendiğinde trafik işaret levhalarını şehir dışında var olması durumunda ölümlü kaza sayısını azaltırken şehir içinde bulunan trafik işaret levhalarının sürücüler tarafında dikkate alınmadığı ortaya çıkmaktadır.

4.5 Karayollarındaki Yol Şerit Çizgilerinin Kaza Sonuçlarına Etkisi

Değişkenler

A=Kaza Yeri (i=1→Şehir İçi ;i=2→Şehir Dışı)

B=Yol Şerit Çizgisi (j=1→Var;j=2→Yok)

C=Kaza Sonucu (k=1→Ölümlü Kaza Sayısı; k=2→Yaralanmalı Kaza Sayısı; k=3→Maddi Hasarlı Kaza Sayısı)

Yol şerit çizgilerinin kaza sonuçlarına ilişkin analiz sonuçlarından elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir.

Bulgular

- Şehir içindeki yol şerit çizgilerini var olması yaralanmalı ve maddi hasarlı kaza sayılarını azaltıcı yönde etkili olduğu görülmektedir.
- Şehir dışındaki karayollarında yol şerit çizgilerinin var olması ölümlü kaza sayısını azaltmaktadır.

4.6 Karayollarındaki Banket Durumunun Kaza Sonuçlarına Etkisi

Değişkenler

A=Kaza Yeri (i=1→Şehir İçi ;i=2→Şehir Dışı)

B=Banket (j=1→Var;j=2→Yok)

C=Kaza Sonucu (k=1→Ölümlü Kaza Sayısı; k=2→Yaralanmalı Kaza Sayısı;k=3→Maddi Hasarlı Kaza Sayısı)

Kz.yeri, banket ve kz .sonucu değişkenlerinden oluşan 3 yönlü tablonun log-linear modellerle analizinden elde edilen sonuçlardan elde edilen bulgular ise aşağıdaki gibidir.

Bulgular

- Şehir içinde banketlerin var olması yaralanmalı ve maddi hasarlı kaza sayılarını azaltmaktadır
- Şehir dışında banketlerin var olması ise ölümlü kaza sayılarını azaltırken maddi ve yaralanmalı kaza sayılarını arttırmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sosyal ve ekonomik alanlardaki değişiklikler; insanların daha rahat, güvenilir yaşama ve zamanı ekonomik olarak kullanma isteği, motorlu araçların artmasına sebep olmuştur. Trafik devletlerin ekonomik, sosyal, siyasal ve eğitim alanlarındaki gelişmelerine paralel bir çizgi içindedir. Günlük yaşamımızın her safhasında trafik ile iç içe olmamız, motorlu araç ve sürücü sayılarını arttırmış, beraberinde trafik güvenliğini ortaya çıkarmıştır.

Gelişmelerini büyük ölçüde tamamlayan ülkeler; trafik güvenliğine yönelik çalışmalarına da büyük ağırlık vermekte, çeşitli araştırmalar yapmakta, bu çalışmalar sonucunda önlemler almakta, sosyal kampanyalar düzenlemekte, özetle trafiğe yatırım yapmaktadır.

Ülkemizdeki yük ve yolcu taşımacılığının ulaşım sistemleri içerisinde eşit ve sağlıklı olarak paylaşılamaması, ağırlığın karayoluna verilmesi nedeniyle söz konusu yolların donanım özelliklerinde aksayan yönlerin sürekli iyileştirilmesi zorunluluğunu ortaya çıkartmaktadır. Mevcut karayolları için iyileştirme-geliştirme çabaları için doğru kararlar verebilmek bu konuda hazırlanmış sağlıklı ve güncel bilgilerin değerlendirilmesi neticesinde, elde edilecek istatistiklerin kullanılması ile sağlanabilir. Biz de çalışmamızda şehir içi ve şehir dışı karayolları donanım özelliklerinin trafik kaza sonuçları üzerindeki etkilerinin varlığını istatistiksel olarak ortaya koymaya çalıştık.

Analiz sonucu elde edilen bulgulardan hareketle,

- Aydınlatmanın şehir dışı yollarda da yaygınlaştırılması,
- Şehir içinde kaldırım olmayan yollara kaldırım yapılması ve kaldırım mevcutlarının iyileştirilmesi,
- Trafik ışıklarının şehir dışındaki karayollarında da yaygınlaştırılması,
- Şehir dışındaki trafik işaret levhalarının özellikle ölümlü kazaları azalttığı dikkate alarak eskiden ve yıprananların değiştirilmesi ve çoğaltılması,
- Sürücülerin şehir içindeki trafik işaret levhalarını şehir dışındakiler kadar dikkate ve ciddiye almadığı sonucundan hareketle şehir içindeki trafik işaret levhalarının etkinliğini arttırmak için gerekli tedbirlerin alınması,
- Yol şerit çizgilerinin özellikle şehir dışındaki yollarda ölümle sonuçlanan kazaları azaltma yönünde etkili olduğu dikkate alınarak eskiden ve görünmeyen çizgilerin iyileştirilmesi ve tüm yollara yaygınlaştırılması önerilebilir.

Sonuç olarak trafik kazaları ülkemizin kaderi değildir. Trafik güvenliği: alt yapı hizmetlerinin tam ve sürekli yapılması , trafik eğitiminin okul öncesi başlayıp tüm yaşam boyunca devam etmesi, etkili denetim, caydırıcı yasal tedbirler kaza anı ve sonrasında yapılacak ilk ve acil sağlık müdahalelerinin zamanında uygun şart ve hizmetliler tarafından yapılması ile sağlanabilir. Bu unsurlar tam olarak sağlanmalı ve birbirlerini tamamlamalıdır. Herhangi birisinde meydana gelecek eksiklik, çözümü engelleyecek ve güçleştirecektir.

KAYNAKLAR

1. Andersen E. B., *The Statistical Analysis of Categorical Data*, Springer-Verlag, Berlin, 520, (1990).
2. Agresti A., *Categorical Data Analysis*, John Wiley and Sons, New York, 577, (1990)
3. Agresti B. A., *Analysis of Ordinal Categorical Data*, John Wiley and Sons, New York, 286, (1984).
4. Benedetti J. K., Brown N. B., Strategies for The Selection of Log-linear Models, *Biometrics*, 34, 680-686, (1978).
5. Christensen R., *Log-linear Models*, Springer-Verlag, New York, 400, (1990).
6. Choulakian V., Exploratory Analysis Contingency Tables By Log-linear Formulation and Generalizations of Correspondence Analysis, *Psychometrika*, 53-2, 235-250, (1988).
7. Darroch J. N., Lauritzen S. L., and Speed T. D., Markov Fields And Log-linear Interaction Models for Contingency Tables, *Annals Of Statistics*, 8-3, 522-539, (1980).
8. Everitt S. B., Dunn G., *Applied Multivariate Data Analysis*, John Wiley and Sons, New York, 304, (1991).
9. Goodman A. A. L., The Analysis of Cross-Classified Data: Independence, Quasi Independence, and Interactions In Contingency Tables With or Without Missing Entries, *JASA*, 324-65, 1080-1091.
10. Goodman B. A., The Multivariate Analysis of Qualitative Data: Interactions Among Multiple Classifications, *JASA*, 329-65, 116-256.
11. Kotze V. W., The Log-linear Model and Application to Multi-Way Contingency Tables, Chambridge Univ., 203, (1982).
12. Rao J. N. K, Ccott A. J., On Chi-square Tests for Multi-Way Contingency Tables With Cell Proportions Estimated From Survey Data, *Annals of Statistics*, 12-1, 157-170.

13. Yılmaz V., Türkiye'deki İntiharlara İlişkin Çok Değişkenli Kategorik Verinin Log-linear Modellerle Analizi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Eskişehir, (1996).
14. T.C. İçişleri Bakanlığı Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığı Trafik İstatistik Yıllığı, 381, Ankara
15. T.C Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, Yayın No: 2188, 80, Ankara, (1997).