Üç Boyutlu Olumsallık Tablolarında Aşamalı Bağımsızlık Testleri ve Trafik Kazalarında Uygulanması

Veysel YILMAZ[1], Aşır GENÇ [2], Murat ERİŞOĞLU [2], Ahmet PEKGÖR[2]

Özet: Bu çalışmada, üç boyutlu olumsallık tablolarında aşamalı bağımsızlık testleri ele alınmış ve Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığının yayınlamış olduğu Trafik İstatistik Yıllığı 2001'den alınan kusur türü değişkeni, kaza karakteri değişkeni ve kazanın olduğu yer değişkeninin oluşturduğu üç boyutlu olumsallık tablosu için aşamalı bağımsızlık testleri uygulanmıştır. Uygulama sonucunda tüm ilişkilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Tam Bağımsızlık, Kısmi Bağımsızlık, Koşullu Bağımsızlık, Trafik Kazaları

Hierarchical Independency Tests In Three Dimensional Contengency Tables and An Application to Traffic Accidents

Abstract: In this study hierarchical Independency tests in three dimensional contengency tables are investigated and types of faults, characteristics of an accident and the places that an accident occurs are the variables taken from the Annuary of Traffic Statistics published by the Depatment of Traffic of the General Directorate of Public Security in 2001. For three dimensional contengency table hierarchical Independency tests are applied and in the studies respect to investigating traffic accidents, evaluating both defaults that cause accidents. At the end of the application, it is seen that allrelation ships are statistically significant.

Key Words : Exactly Independency, Partial Idependency, Conditional Independency, Road Traffic Accidents

1. Giriş

Birimlerin göz önünde bulundurulan değişkenler için almış olduğu değerler, bazı hallerde eşit aralıklı veya orantılı ölçekle ölçülemez. Söz konusu değişkenler sınıflayıcı ölçek veya sıralayıcı ölçek kullanılarak ölçülürler. Böyle durumlarda değişkenlerin her düzeyine düşen sıklıklar sayılmak suretiyle araştırma yapılır. Sınıflayıcı veya sıralayıcı ölçekle ölçülmüş değişkenler, düzeyleri satırlar ve sütunlarda ifade edilen *RxC* boyutlu tablolar biçiminde ele alınmış olur. Her gözede gözlenmiş sıklıkların yer aldığı böyle tablolara "olumsallık tablosu" , "kontenjans tablosu" veya "çapraz sınıflandırılmış tablo" gibi isimler verilmektedir [1].

Literatür incelendiğinde, ikiden fazla nitel değişkenin olduğu çok boyutlu olumsallık tablolarının analizi ile ilgili çalışmaların daha çok loglineer analizler üzerine olduğu görülmektedir. Çok boyutlu olumsallık tablolarında ki-kare analizinin kullanımıyla ilgili çalışmalar Roy ve Kastenbaum (1956), Ku ve diğerleri (1971), Everitt (1977) tarafında yapılmıştır [2, 3, 4]. Ülkemizde

[1] Osmangazi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümü Meşelik/ ESKİŞEHİR, E-mail: vyilmaz@ogu.edu.tr
[2] Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümü 42031 Kampüs/KONYA

konuyla ilgili Akyol ve Gürbüz (2002)'ün "Üç Yönlü Tablolarda χ^2 İstatistiğinin Kullanılması" isimli bir makalesi bulunmaktadır [5].

Çalışmamızda, üç boyutlu olumsallık tabloları için tanımlamalar yapıldıktan sonra tam bağımsızlık, kısmi bağımsızlık ve koşullu bağımsızlık testlerinin nasıl gerçekleştirildiği gösterilecek ve çalışmanın sonunda Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığının yayınlamış olduğu Trafik İstatistik Yıllığı 2001'den alınan kusur türü değişkeni, kaza karakteri değişkeni ve kazanın olduğu yer değişkeninin oluşturduğu üç boyutlu olumsallık tablosu için aşamalı bağımsızlık testleri gerçekleştirilecektir.

2. Üç Boyutlu Olumsallık Tabloları

2.1. Üç Boyutlu Olumsallık Tablolarının Gösterimi

İkiden fazla nitel değişkenin söz konusu olduğu çok boyutlu olumsallık tabloları, iki boyutlulardan tamamen farklı yeni kavramsal problemleri ortaya çıkarır. *R* sıra, *C* sütun ve *K* tabaka sınıflarına sahip olan *RxCxK* boyutlu olumsallık tablosunun genel gösterimi aşağıdaki tablodaki gibidir [6].

Tablo 1.Üç Boyutlu Olumsallık Tablosunun Gösterimi

			Sütun					
		Sıra	1	2	...	c	...	C
Tabaka	1	1	n_{111}	n_{121}	...	n_{1c1}	...	n_{1C1}
		2	n_{211}	n_{221}	...	n_{2c1}	...	n_{2C1}
		...	...	...	...	...	...	...
		r	n_{r11}	n_{r21}	...	n_{rc1}	...	n_{rC1}
		...	...	...	...	...	...	...
		R	n_{R11}	n_{R21}	...	n_{Rc1}	...	n_{RC1}
	...	...	...	...	...	...	...	...
	k	1	n_{11k}	n_{12k}	...	n_{1ck}	...	n_{1Ck}
		2	n_{21k}	n_{22k}	...	n_{2ck}	...	n_{2Ck}
		...	...	...	...	...	...	...
		r	n_{r1k}	n_{r2k}	...	n_{rck}	...	n_{rCk}
		...	...	...	...	...	...	...
		R	n_{R1k}	n_{R2k}	...	n_{Rck}	...	n_{RCk}
	...	...	...	...	...	...	...	...
	K	1	n_{11K}	n_{12K}	...	n_{1cK}	...	n_{1CK}
		2	n_{21K}	n_{22K}	...	n_{2cK}	...	n_{2CK}
		...	...	...	...	...	...	...
		r	n_{r1K}	n_{r2K}	...	n_{rcK}	...	n_{rCK}
		...	...	...	...	...	...	...
		R	n_{R1K}	n_{R2K}	...	n_{RcK}	...	n_{RCK}

r=1,2,...,R *c=1,2,...,C* ve *k=1,2,...,K* olmak üzere n_{rck} *r.* sıra, *c.* sütun, *k.* tabaka da gözlenen sıklığı ifade eder. *n* örneklem hacmini göstermek üzere,

$$n = \sum_{r=1}^{R}\sum_{c=1}^{C}\sum_{k=1}^{K} n_{rck} \qquad (1)$$

şeklinde belirlenir. Tek değişkenli marjinal toplamlar ve marjinal olasılıklar,

$$n_{r..} = \sum_{c=1}^{C}\sum_{k=1}^{K} n_{rck} \qquad P_{r..} = \frac{n_{r..}}{n}$$

$$n_{.c.} = \sum_{r=1}^{R}\sum_{k=1}^{K} n_{rck} \qquad P_{.c.} = \frac{n_{.c.}}{n} \qquad (2)$$

$$n_{..k} = \sum_{r=1}^{R}\sum_{c=1}^{C} n_{rck} \qquad P_{..k} = \frac{n_{..k}}{n}$$

şeklinde hesaplanır. İki değişkenli marjinal toplamlar ve marjinal olasılıklar ise,

$$n_{rc.} = \sum_{k=1}^{K} n_{rck} \qquad P_{rc.} = \frac{n_{rc.}}{n}$$
$$n_{r.k} = \sum_{c=1}^{C} n_{rck} \qquad P_{r.k} = \frac{n_{r.k}}{n} \qquad (3)$$
$$n_{.ck} = \sum_{r=1}^{R} n_{rck} \qquad P_{.ck} = \frac{n_{.ck}}{n}$$

eşitlikleri ile elde edilir [7].

2.2. Üç Boyutlu Olumsallık Tablolarında χ^2 İstatistiğinin Hesaplanması

İki boyutlu olumsallık tablolarının çözümlemesinde,

$H_0 : \Pi_{rc} = \Pi_{r.} \times \Pi_{.c}$

şeklinde tek bir hipotez sınanır. Bu hipotezde, iki değişkenin birbirinden bağımsız olduğu anlamına gelir. Üç boyutlu olumsallık tablolarında ise bir hipotez değil hipotezler düşünülür [6]. Üç boyutlu olumsallık tablolarında sınanması söz konusu olan hipotezler üç ana başlık altında ele alınır [8]. Bunlar:

1. Tam Bağımsızlık
2. Kısmi Bağımsızlık
3. Koşullu Bağımsızlık

Üç boyutlu olumsallık tablolarında sınanması söz konusu olan hipotezlerde serbestlik derecesi(S.d.) aşağıdaki eşitlik yardımı ile belirlenir [9].

S.d={Tablodaki toplam göze sayısı }-{Tahminde kullanılan parametre sayısı }-1

2.2.1. Tam Bağımsızlık Hipotezi

Tam bağımsızlık hipotezinde bileşik göze olasılığının üç değişkenin marjinal olasılıklarının çarpımına eşit olduğu sınanır. Bileşik göze olasılığının üç değişkenin marjinal olasılıkların çarpımına eşit olması sıra, sütun ve tabaka değişkenlerinin birbirinden bağımsız olduğu anlamına gelir[4].

$H_0^{(0)} : \Pi_{rck} = \Pi_{r..} \times \Pi_{.c.} \times \Pi_{..k}$; r=1,2,...,R, c=1,2,...,C ve k=1,2,...,K için

Verilen *n* birimlik örneklem hacminde, göze sıklıklarının beklenen değerleri,

$$m_{rck}^{(0)} = n \times \Pi_{rck}$$

şeklinde ifade edilir. m_{rck} 'lar tam bağımsızlık hipotezinde belirtilen bağımsızlık varsayımı altında,

$$m_{rck}^{(0)} = n \times \Pi_{r..} \times \Pi_{.c.} \times \Pi_{..k} \qquad (4)$$

eşitliği şeklinde yazılabilir. (4) nolu eşitlikte, ana kitle parametreleri bilinmediğinden onların yerine kestiricileri kullanılarak göze sıklıklarının beklenen değerleri,

$$\hat{m}_{rck}^{(0)} = n \times P_{r..} \times P_{.c.} \times P_{..k}$$

şeklinde elde edilir. Marjinal olasılıkların yerine (2) nolu eşitlikteki değerleri yerine yazıldığında,

$$\hat{m}_{rck}^{(0)} = n \times \frac{n_{r..}}{n} \times \frac{n_{.c.}}{n} \times \frac{n_{..k}}{n}$$

elde edilir. Gerekli sadeleştirme yapıldığında göze sıklıkları,

$$\hat{m}_{rck}^{(0)} = \frac{n_{r..} \times n_{.c.} \times n_{..k}}{n^2} \qquad (5)$$

şeklinde kestirilir. $H_0^{(0)}$ hipotezinin sınanmasında kullanılacak olan test istatistiği ise,

$$\chi_h^2 = \sum_{r=1}^{R}\sum_{c=1}^{C}\sum_{k=1}^{K} \frac{(n_{rck} - \hat{m}_{rck}^{(0)})^2}{\hat{m}_{rck}^{(0)}} \qquad (6)$$

şekilde hesaplanır [6]. Son aşama olarak hesaplanan test istatistiği, α anlamlılık düzeyinde RCK-*R*-*C*-*K*+*2* serbestlik derecesi ile belirlenen ki-kare tablo değeri ile karşılaştırılır. Eğer hesaplanan test istatistiği tablo değerinden büyükse ($\chi_h^2 > \chi^2_{(1-\alpha),RCK-R-C-K+2}$) H_0 hipotezi, α anlam düzeyinde red edilir.

2.2.2. Kısmi Bağımsızlık Hipotezleri

Tabloda aralarındaki ilişki araştırılan üç değişken olması nedeniyle, iki değişkenin birlikte üçüncü değişkenden bağımsız olduğu sınanabilir. Bu tarz üç farklı sınama gerçekleştirebilir. Bu sınamalar kısmi bağımsızlık hipotezleri olarak adlandırılır.

"Sıra değişkeni sütun ve tabaka değişkeninden bağımsızdır" şeklindeki hipotez,

$$H_0^{(1)} : \Pi_{rck} = \Pi_{r..} \times \Pi_{.ck}$$

gibi kurulur. Verilen *n* birimlik örneklem hacminde, göze sıklıklarının beklenen değerleri m_{rck}' lar $H_0^{(1)}$ belirtilen bağımsızlık varsayımı altında,

$$m_{rck}^{(1)} = n \times \Pi_{r..} \times \Pi_{.ck} \qquad (7)$$

eşitliği şeklinde ifade edilir. Yukarıdaki eşitlikte ana kitle parametreleri bilinmediğinden onların yerine kestiricileri kullanılarak göze sıklıklarının beklenen değerleri,

$$\hat{m}_{rck}^{(1)} = n \times P_{r..} \times P_{.ck}$$

şeklinde yazılır. $P_{r..}$ ve $P_{.ck}$ değerleri yerine (2) ve (3) nolu eşitliklerdeki ifadeleri yazıldığında,

$$\hat{m}_{rck}^{(1)} = n \times \frac{n_{r..}}{n} \times \frac{n_{.ck}}{n}$$

elde edilir. Gerekli sadeleştirme yapıldığında göze sıklıklarının beklenen değerleri,

$$\hat{m}_{rck}^{(1)} = \frac{n_{r..} \times n_{.ck}}{n} \qquad (8)$$

şeklinde kestirilir. $H_0^{(1)}$ hipotezinin sınanmasında kullanılacak olan test istatistiği ise aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\chi_h^2 = \sum_{r=1}^{R}\sum_{c=1}^{C}\sum_{k=1}^{K}\frac{(n_{rck}-\hat{m}_{rck}^{(1)})^2}{\hat{m}_{rck}^{(1)}} \qquad (9)$$

Hesaplanan test istatistiği, α anlamlılık düzeyinde *RCK-R-(CK)+1* serbestlik derecesi ile belirlenen ki-kare tablo değeri ile karşılaştırılır. Eğer hesaplanan test istatistiği tablo değerinden büyükse ($\chi_h^2 > \chi^2_{(1-\alpha),RCK-R-(CK)+1}$) H_0 hipotezi α anlam düzeyinde red edilir.

"Sütun değişkeni sıra ve tabaka değişkeninden bağımsızdır." ve "Tabaka değişkeni sıra ve sütun değişkeninden bağımsızdır." şeklinde ifade edilen diğer kısmi bağımsızlık hipotezleri de benzer şekilde sınanır. Kısmi bağımsızlık hipotezlerinin sınanması Tablo 2 'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Kısmi Bağımsızlık Hipotezlerinin Sınanması

Sınanacak Önsav	**B. Değerin Kestirimi**	χ^2 **Test İstatistiği**	**Serbestlik Derecesi**
$H_0^{(1)}$: $\Pi_{rck} = \Pi_{r..} \times \Pi_{.ck}$	$\hat{m}_{rck}^{(1)} = \frac{n_{r..} \times n_{.ck}}{n}$	$\chi_h^2 = \sum_{r=1}^{R}\sum_{c=1}^{C}\sum_{k=1}^{K}\frac{(n_{rck}-\hat{m}_{rck}^{(1)})^2}{\hat{m}_{rck}^{(1)}}$	*RCK-R-(CK)+1*
$H_0^{(2)}$: $\Pi_{rck} = \Pi_{.c.} \times \Pi_{r.k}$	$\hat{m}_{rck}^{(2)} = \frac{n_{.c.} \times n_{r.k}}{n}$	$\chi_h^2 = \sum_{r=1}^{R}\sum_{c=1}^{C}\sum_{k=1}^{K}\frac{(n_{rck}-\hat{m}_{rck}^{(2)})^2}{\hat{m}_{rck}^{(2)}}$	*RCK-C-(RK)+1*
$H_0^{(3)}$: $\Pi_{rck} = \Pi_{..k} \times \Pi_{rc.}$	$\hat{m}_{rck}^{(3)} = \frac{n_{..k} \times n_{rc.}}{n}$	$\chi_h^2 = \sum_{r=1}^{R}\sum_{c=1}^{C}\sum_{k=1}^{K}\frac{(n_{rck}-\hat{m}_{rck}^{(3)})^2}{\hat{m}_{rck}^{(3)}}$	*RCK-K-(RC)+1*

2.2.3. Koşullu Bağımsızlık Hipotezleri

Koşullu bağımsızlık hipotezleri üçüncü değişken kontrol altına alındıktan (bilindikten) sonra iki değişkenin bağımsızlığının sınanmasına imkan verir.

Sıra *r* bilindiğinde *c* sütun, *k* tabaka değişkenin koşullu olasılığı,

$$P(\text{sütun:c, tabaka:k / sıra:r}) = \frac{P(r \cap c \cap k)}{P(r)}$$

$$\Pi_{rck} = \frac{\Pi_{r.k} \times \Pi_{rc.}}{\Pi_{r..}} \qquad (10)$$

şeklinde elde edilir. Sıra *r* bilindiğinde koşullu bağımsızlık hipotezi,

$$\mathrm{H}_0^{(4)} : \Pi_{rck} = \frac{\Pi_{r.k} \times \Pi_{rc.}}{\Pi_{r..}}$$

şeklinde kurulur. $\mathrm{H}_0^{(4)}$ hipotezinin doğru olduğu varsayımı altında göze sıklıklarının beklenen değerleri,

$$m_{rck}^{(4)} = n \times \frac{\Pi_{r.k} \times \Pi_{rc.}}{\Pi_{r..}} \qquad (11)$$

şeklinde elde edilir. Eşitlik (11)' de ana kitle parametreleri bilinmediğinden onların yerine kestiricileri kullanılarak göze sıklıklarının beklenen değerleri,

$$\hat{m}_{rck}^{(4)} = n \times \frac{P_{r.k} \times P_{rc.}}{P_{r..}}$$

şeklinde yazılır. $P_{r..}$, $P_{r.k}$ ve $P_{rc.}$ yerine (2) ve (3) numaralı eşitlikler yazıldığında,

$$\hat{m}_{rck}^{(4)} = n \times \frac{\frac{n_{r.k}}{n} \times \frac{n_{rc.}}{n}}{\frac{n_{r..}}{n}}$$

elde edilir. Gerekli sadeleştirmeler yapıldığında göze sıklıklarının beklenen değeri,

$$\hat{m}_{rck}^{(4)} = \frac{n_{r.k} \times n_{rc.}}{n_{r..}} \qquad (12)$$

şeklinde kestirilir. $\mathrm{H}_0^{(4)}$ hipotezinin sınanmasında kullanılacak olan test istatistiği;

$$\chi_h^2 = \sum_{r=1}^{R} \sum_{c=1}^{C} \sum_{k=1}^{K} \frac{(n_{rck} - \hat{m}_{rck}^{(4)})^2}{\hat{m}_{rck}^{(4)}} \qquad (13)$$

eşitliği ile hesaplanır. Sıra r bilindiğinde koşullu bağımsızlık hipotezi sınanırken kullanılacak olan serbestlik derecesi,

S.d={Tablodaki toplam göze sayısı }-{Tahminde kullanılan parametre sayısı }-1
S.d=RCK-{(RC-R)+(RK-R)+(R-1)}-1
S.d=R(C-1)(K-1)

şeklinde belirlenir. Diğer iki koşullu bağımsızlık hipotezinin sınaması da benzer şekilde gerçekleştirilir. Koşullu bağımsızlık hipotezlerinin sınanması toplu olarak Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Koşulluk Bağımsızlık Hipotezlerinin Sınanması

Sınanacak Önsav	Beklenen Değerin Kestirimi	χ^2 Test İstatistiği	Serbestlik Derecesi
$\mathrm{H}_0^{(4)} : \Pi_{rck} = \frac{\Pi_{r.k} \times \Pi_{rc.}}{\Pi_{r..}}$	$\hat{m}_{rck}^{(4)} = \frac{n_{r.k} \times n_{rc.}}{n_{r..}}$	$\chi_h^2 = \sum_{r=1}^{R} \sum_{c=1}^{C} \sum_{k=1}^{K} \frac{(n_{rck} - \hat{m}_{rck}^{(4)})^2}{\hat{m}_{rck}^{(4)}}$	*R(C-1)(K-1)*
$\mathrm{H}_0^{(5)} : \Pi_{rck} = \frac{\Pi_{.ck} \times \Pi_{rc.}}{\Pi_{.c.}}$	$\hat{m}_{rck}^{(5)} = \frac{n_{.ck} \times n_{rc.}}{n_{.c.}}$	$\chi_h^2 = \sum_{r=1}^{R} \sum_{c=1}^{C} \sum_{k=1}^{K} \frac{(n_{rck} - \hat{m}_{rck}^{(5)})^2}{\hat{m}_{rck}^{(5)}}$	*C(R-1)(K-1)*
$\mathrm{H}_0^{(6)} : \Pi_{rck} = \frac{\Pi_{r.k} \times \Pi_{.ck}}{\Pi_{..k}}$	$\hat{m}_{rck}^{(6)} = \frac{n_{r.k} \times n_{.ck}}{n_{..k}}$	$\chi_h^2 = \sum_{r=1}^{R} \sum_{c=1}^{C} \sum_{k=1}^{K} \frac{(n_{rck} - \hat{m}_{rck}^{(6)})^2}{\hat{m}_{rck}^{(6)}}$	*K(R-1)(C-1)*

3. Uygulama

Üç boyutlu olumsallık tablolarının incelendiği bu çalışmanın uygulaması 2001 yılında Türkiye karayollarında meydana gelen trafik kazalarından, kusur türü değişkeni, kaza karakteri değişkeni ve kazanın olduğu yer değişkeni bakımından oluşan üç boyutlu olumsallık tablosu için gerçekleştirilmiştir. Veriler Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığının yayınlamış olduğu Trafik İstatistik Yıllığı 2001'den alınmıştır [10]. Elde edilen üç boyutlu olumsallık tablosu Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Kusur Türü (r), Kaza Karakteri (c) ve Kazanın Olduğu Yer (k) Değişkenlerinden Oluşan Üç Boyutlu Olumsallık Tablosu

KUSUR TÜRÜ *(r)*	Yerleşim Yeri *(k=1)* KAZA KARAKTERİ *(c)*				
	A	B	C	D	E
Sürücünün Asli Kusurları	3362	7302	5430	3886	1876
Sürücünün Diğer Kusurları	14940	5060	3758	3219	1044
Yolcu Kusurları	466	76	51	27	8
Yaya Kusurları	11336	262	71	15	38
Araç Kusurları	214	53	49	13	19
Yol Kusurları	1646	531	462	281	129
KUSUR TÜRÜ *(r)*	**Yerleşim Dışı *(k=2)* KAZA KARAKTERİ *(c)***				
	A	B	C	D	E
Sürücünün Asli Kusurları	581	2230	1538	252	616
Sürücünün Diğer Kusurları	7308	1509	854	204	381
Yolcu Kusurları	129	33	22	3	13
Yaya Kusurları	627	31	3	1	2
Araç Kusurları	421	61	28	1	10
Yol Kusurları	349	79	63	11	19

A: Tek araçlı kaza ile sonuçlanan kusur sayısı
B: İki araçlı (aynı yönlü) kaza ile sonuçlanan kusur sayısı
C: İki araçlı (zıt yönlü) kaza ile sonuçlanan kusur sayısı
D: İki araçlı (komşu yönlü) kaza ile sonuçlanan kusur sayısı
E: Çok araçlı kaza ile sonuçlanan kusur sayısı

Kusur türü *(r)*, kaza karakteri *(c)* ve kazanın olduğu yer *(k)* değişkenleri arasındaki 0.05 anlam düzeyinde gerçekleştirilen aşamalı bağımsızlık testi sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Aşamalı Bağımsızlık Test Sonuçları

Sınanacak Hipotez	χ^2_{hesap}	**Serbestlik Derecesi**	χ^2_{tablo}	**Karar**
$H_0^{(0)}: \Pi_{rck} = \Pi_{r..} \times \Pi_{.c.} \times \Pi_{..k}$	34420,14	49	66.4	H_0 RED
$H_0^{(1)}: \Pi_{rck} = \Pi_{r..} \times \Pi_{.ck}$	32692,92	45	61.7	H_0 RED
$H_0^{(2)}: \Pi_{rck} = \Pi_{.c.} \times \Pi_{r.k}$	28446,15	44	60.5	H_0 RED
$H_0^{(3)}: \Pi_{rck} = \Pi_{..k} \times \Pi_{rc.}$	5989,357	29	42.6	H_0 RED
$H_0^{(4)}: \Pi_{rck} = (\Pi_{rc.} \times \Pi_{r.k}) / \Pi_{r..}$	2226,026	24	36.4	H_0 RED
$H_0^{(5)}: \Pi_{rck} = (\Pi_{rc.} \times \Pi_{.ck}) / \Pi_{.c.}$	4479,231	25	37.7	H_0 RED

$H_0^{(6)}: \Pi_{rck} = (\Pi_{r.k} \times \Pi_{.ck}) / \Pi_{..k}$	26874,28	40	55.8	H_0 RED

Tablo 5 incelendiğinde; “Kusur türü *(r)*, kaza karakteri *(c)* ve kazanın olduğu yer *(k)* değişkenleri birbirinden bağımsızdır.”, şeklinde kurulan tam bağımsızlık hipotezi 0.05 anlam düzeyinde red edilir. Buna göre, üç değişkenden en az iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır. İlişkinin (veya ilişkilerin) hangi değişkenler arasında olduğunun tespiti için gerçekleştirilen kısmi bağımsızlık ve koşullu bağımsızlık testleri sonrası tüm ilişkilerin 0.05 anlam düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu kararı verilmiştir.

4. Sonuç

Üç boyutlu olumsallık tablolarında aşamalı bağımsızlık testlerinin nasıl gerçekleştirileceğinin ele alındığı bu çalışmanın uygulaması sonrası, trafik kazalarında kusur türü değişkeni, kaza karakteri değişkeni ve kazanın olduğu yer değişkeni arasında kurulan tam bağımsızlık hipotezi red edilmiştir. Tam bağımsızlık hipotezinin red edilmesinden sonra gerçekleştirilen kısmi ve koşullu bağımsızlık testleri sonrasında da değişkenler arasındaki ilişkilerin anlamlı olduğu görülmüştür. Trafik kazalarının önlenmesine yönelik çalışmalarda kazaya neden olan kusurların ve yerleşim yerinin birlikte değerlendirilmesi istenilen sonuca ulaşılmasında etkili olacaktır.

Kaynaklar

[1] Behdioğlu Sema, **Çok Değişkenli Veri Yapısının Yorumlanmasında Olumsallık Tablolarının Uygunluk Çözümlemesi Ve Bir Uygulaması,** Doktora Tezi, Eskişehir, (2001).

[2] EVERITT, B.S. (1994), The Analysis of Contingency Tables. Monographs Applied Probability and Statistics, A halted Press Book John Wiley & Sons Inc., New York.

[3] KU, H.H., RUTH, N.V. ve KULLBACK, S. (1971), Analysis of Multidimensional Contingency Tables, Journal of the American Statistical Association, Volume:66, Pages:55-64.

[4] ROY, S.N. ve KASTENBAUM, M.A. (1956), On Hypothesis of no Interaction in a Multiway Contingency Table. Ann. Math.Statist, Volume: 27, Pages: 749-751

[5] AKYOL Mehmet, GÜRBÜZ Fikret, **Üç Yönlü Tablolarda χ^2 İstatistiğinin Kullanılması**, İstatistik Araştırma Dergisi (Journal of Statistical Research), Cilt:01 No:01 Sayfa:23 Yıl:2002

[6] J.D. Jobson, **Applied Multivariate Data Analysis Volume II Categorical Data And Multivariate Methods**, Springer Verlag, New York, (1992).

[7] Agresti Alan, **An Introduction To Categorical Data Analysis,** A Willey Interscience Publication, (1996).

[8] Daniel A. Powers-Yu Xie, **Statistical Methods For Categorical Data Analysis**, john Willey &Sons Inc., NewYork, (2001).

[9] Lloyd J.Chris, **Statistical Analysis Of Categorical Data,** A Willey Interscience Publication, (1999).

[10] Trafik İstatistik Yıllığı 2001, Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığı, Ankara, (2002).

[11] Masako Ishii-Kuntz, **Ordinal Log-Linear Models,** Sage Publicatıons, (1994).