

ÇAPRAZ TABLOLARDA ASİMPTOTİK, EXACT ve MONTE CARLO YÖNTEMLERİYLE ELDE EDİLEN ÖNEMLİLİK DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI*

COMPARISON OF SIGNIFICANCE VALUES OBTAINED FROM ASYMPTOTIC, EXACT AND MONTE CARLO METHODS IN CROSS TABLES

**Ferhan ELMALI¹, Canan BAYDEMİR², Ertuğrul ÇOLAK³, Cengiz BAL³,
Kazım ÖZDAMAR³, Hayati DEMİRASLAN⁴**

¹ Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik ve Tıp Bilişimi Anabilim Dalı, Kayseri

² Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı, Kocaeli

³ Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı, Eskişehir

⁴ Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Kayseri

ÖZET Bu çalışmada, çapraz tablolarda veri setindeki birim sayısı ve tablo boyutu arttırıldığında ki-kare test istatistiğine bağlı olarak asimptotik, exact ve Monte Carlo (MC) yöntemleri ile elde edilen p değerlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Simülasyon çalışması 2x2, 3x3, 4x4, 5x5 ve 10x10 düzeni çapraz tablolar için yapılmıştır. 2x2 düzeni çapraz tablolarda birim sayıları $N=500$, 5000 ve 50000 alınarak veriler üretilmiştir. Diğer tablolarda birim sayılarına göre değil, beşten küçük beklenen değerlerin yer aldığı hücrelerin oranına göre veriler üretilmiştir. 2x2 tablolar için asimptotik ve exact; 3x3 tablolar için asimptotik, exact, MC; diğer tablolar için asimptotik ve MC yöntemleri karşılaştırılmıştır. MC yönteminde örneklem sayıları $M=10000$, 100000 ve 250000 olarak belirlenmiştir. Yöntemlerin karşılaştırmasında eşleştirilmiş t testi ile iki yönlü varyans analizi kullanılmıştır.

2x2 düzeni çapraz tablolarda asimptotik ile exact yöntemden elde edilen p değerleri arasında fark bulunmuştur. 3x3 düzeni çapraz tablolarda exact ve MC yöntemleri ile elde edilen p değerleri arasında fark bulunmamışken, asimptotik yöntemden elde edilen değerler diğer yöntemlerden farklı bulunmuştur. 4x4, 5x5 ve 10x10 düzeni çapraz tablolarda MC değerleri arasında fark bulunmamış, asimptotik değer MC değerlerinden farklı bulunmuştur.

İki kategorik değişken karşılaştırılırken çapraz tablolarda hesaplanabildiği takdirde ki-kare testinin exact yönteminin, hesaplanamadığı takdirde en az 10000 örneklemli MC yönteminin kullanılması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Ki-kare testi, asimptotik yöntem, exact yöntem, Monte Carlo yöntemi

ABSTRACT In this study, it was aimed to compare the p values obtained from asymptotic, exact and Monte Carlo (MC) methods based on the Chi-square test statistics, when the sample size and dimension of the table increase in a dataset.

Simulation study was made for 2x2, 3x3, 4x4, 5x5 and 10x10 design cross tables. For the 2x2 design cross tables, sample size were simulated as $N=500$, 5000 and 50000. Data were simulated for the cell proportions where expected values less than five exist, instead of sample size in other datasets. For 2x2 tables asymptotic and exact, for 3x3 tables asymptotic and exact, for other tables asymptotic and MC methods were compared. In MC method, sample size were defined as $M=10000$, 100000 and 250000. Paired t test and two way analysis of variance were used for method comparisons. For 2x2 design cross tables, a difference is found between the p values obtained from asymptotic and exact methods. For 3x3 design cross tables, the values obtained from asymptotic method were found different than other methods, while no difference is found between p values obtained from exact and MC method. No difference was found among MC values and asymptotic value was found different than MC values for 4x4, 5x5 and 10x10 design cross tables.

While comparing two categorical variables in cross tables, exact method of chi-squares test if it is possible to compute, otherwise MC method with at least 10000 sample size is suggested to be used.

Key words: Chi-square test, asymptotic method, exact method, Monte Carlo method

*Bu çalışmanın bulguları 20-22 Eylül 2005 yılında Bursa'da gerçekleştirilen "VIII. Ulusal Biyoistatistik Kongresi"nde sunulmuştur.

Makale Geliş Tarihi : 08.09.2014

Makale Kabul Tarihi: 10.11.2014

Corresponding Author: Yrd. Doç. Dr. Ferhan ELMALI
Erciyes Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik ve Tıp Bilişimi
AD. Melikgazi, Kayseri, TÜRKİYE Posta kodu: 38039
Tel: +90 (352) 207 66 66 /23478
E-posta: elmaliferhan@yahoo.com

GİRİŞ

Bilimsel çalışmalarda iki kategorik değişken arasında ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla en çok kullanılan yöntemlerden biri ki-kare testidir (1). Ki-kare testinde gözlenen frekanslarla beklenen frekanslar arasında farkın önemli olmadığı hipotezi test edilmektedir (2). Hipotez hakkında karar verirken asimptotik, exact ve Monte Carlo (MC) yöntemleri ile elde edilen önemlilik değerlerinden (p) yararlanılmaktadır (3-5).

İlk olarak Pearson tarafından geliştirilen ve asimptotik yöntem olarak da ifade edilen testte güvenilir karar verebilmek için örnek büyüklüğünün yüksek olması gerekir (6). Birim sayısının az olduğu çapraz tablolarda hücrelerdeki dağılım seyrek, dengesiz olacağından ve beşten küçük beklenen değerlerin bulunduğu hücrelerin oranı artacağından dolayı asimptotik yöntemle hesaplanan p değeri güvenilir sonuçlar vermemektedir (7-9). Çapraz tablolarda beşten küçük beklenen değerlerin yer aldığı hücrelerin oranı %20'nin üzerinde olursa asimptotik yöntemden elde edilen p değeri kullanılmaz (1).

Araştırmacılar bu gibi durumlarda çoğu zaman satır ya da sütunları birleştirerek tablo boyutunu indirgemişler ve uygun p değeri elde etmeye çalışmışlardır. Bu tür uygulamalar, bilgi kaybı oluşturmakta ve araştırmacıların yanlış karar vermelerine neden olmaktadır. Mehta ve Patel (10), bu tür sorunların önüne geçebilmek için Fisher Exact Testi'ni $r \times c$ düzeni çapraz tablolara uyarlayarak exact yöntemi geliştirmişlerdir.

Exact yöntem ile çapraz tablolarda hesaplama yapıldığı takdirde kesin bir p değeri elde edilebilmektedir (11-15). Çapraz tabloların boyutları ve veri setindeki birim sayıları arttıkça exact p değerinin hesaplanması da uzun sürmekte ve bu durum araştırmacılar için zaman kaybına neden olmaktadır. Tablo boyutunun ve birim sayısının yüksek olduğu çalışmalarda exact yöntem yerine MC yöntemi ile elde edilen ve exact p değerini

tahminleyen \hat{p} değeri kullanılmaktadır (16).

Sağlık alanında alınacak kararların doğru, geçerli ve güvenilir olması için hipotez testlerinde doğru karar verebilmek amacıyla kullanılacak istatistiksel yöntemin seçimi büyük önem taşımaktadır. Uygulanacak istatistiksel testlerin doğru olarak seçilmesi I. tip hatanın (α hatası) ve II. tip hatanın (β hatası) minimuma indirilmesi için oldukça önemlidir.

Bu çalışmada çapraz tablonun boyutu ve veri setindeki birim sayısı arttırıldığında ki-kare test istatistiğine bağlı olarak asimptotik, exact ve MC yöntemi ile elde edilen p değerlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Pearson ki-kare test istatistiği

Bir çapraz tablodaki birim sayısı N , satır sayısı r , sütun sayısı c , i . satırdaki toplam m_i , j . sütundaki toplam n_j , her bir hücredeki gözlenen değer G_{ij} , her bir hücredeki beklenen değer T_{ij} ;

$$T_{ij} = (m_i n_j) / N \quad \text{olmak üzere}$$

Pearson ki-kare test istatistiği (χ^2);

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(G_{ij} - T_{ij})^2}{T_{ij}} \quad \text{dir.} \quad (1)$$

Asimptotik Yöntem ile Önemlilik Değerinin Hesaplanması

Serbestlik derecesi $sd=(r-1)(c-1)$ ve ki-kare dağılım

tablosu kritik değeri χ^2_t olmak üzere

$$p = P(\chi^2 \geq \chi^2_t) \quad \text{dir.} \quad (2)$$

Exact Yöntem ile Önemlilik Değerinin Hesaplanması

Exact p değeri, çapraz tablodaki satır ve sütun toplamaları değiştirilmeden hücrelerdeki gözlenebilir tüm mümkün durumlar göz önüne alınarak beş aşamada hesaplanmaktadır.

Gerçek veri setindeki ki-kare test istatistiği (χ^2) hesaplanır.

Satır ve sütun toplamaları sabit kalmak koşulu ile hücrelerdeki gözlenen değerler sıra ile değiştirilir.

Değiştirilen her bir değerde oluşan yeni tablo için ki-

kare test istatistiği (χ^2_{yh}) hesaplanır.

Eğer $\chi^2_{yh} \geq \chi^2$ ise ilgili tablo için hipergeometrik

dağılım yardımı ile $P(\{x_{ij}\})$ olasılığı hesapla-

nır. x_{ij} , her bir gözlem değerini göstermektedir.

$$P(\{x_{ij}\}) = \frac{\prod_{j=1}^c n_j! \prod_{i=1}^r m_i!}{N! \prod_{j=1}^c \prod_{i=1}^r x_{ij}!} \quad (3)$$

Exact p değeri ise tüm tablolar için ayrı ayrı hesapla-

nan $P(\{x_{ij}\})$ lerin toplamıdır.

MC Yöntemi ile Önemlilik Değerinin Hesaplanması

MC yöntemi ile Exact p değeri tahmin edilir. Bu yöntemde hesaplanabilecek tüm tablolardan örneklem seçimi yapılmaktadır.

$$\text{MC } p \text{ tahmin değeri } (\hat{p}); \quad \hat{p} = \frac{Q}{M} \quad (4)$$

M araştırmacı tarafından belirlenen tablo (örneklem)

sayısını, Q ise $\chi_{yh}^2 \geq \chi_h^2$ koşulunu sağlayan tablo sayısını göstermektedir.

Verilerin Türetimi

Veriler kesikli tek düze dağılım yardımı ile tamsayı olarak türetilmiştir. Türetimler 2x2, 3x3, 4x4, 5x5 ve 10x10 düzeni çapraz tablolar için yapılmıştır. 2x2 düzeni çapraz tablolarda birim sayıları $N=500$, $N=5000$ ve $N=50000$ alınarak veriler türetilmiştir. Diğer tablolarda birim sayılarına göre değil, 5'ten küçük beklenen değerlerin yer aldığı hücrelerin oranına (SKBDO) göre veriler türetilmiştir. 3x3 düzeni çapraz tablolarda hücrelerdeki beklenen değerlerin tamamının beşten büyük ve herhangi birinin beşten küçük olduğu durumlar için veriler türetilmiştir. 4x4 düzeni çapraz tablolarda hücrelerde beşten küçük beklenen değerin bulunmadığı, beşten küçük beklenen değerlerin yer aldığı hücrelerin oranının %10'dan küçük, %10 ile %15 ve %15 ile %20 arasında olduğu durumlar için veriler türetilmiştir.

5x5 ve 10x10 düzeni çapraz tablolarda ise hücrelerde beşten küçük beklenen değerin bulunmadığı, beşten küçük beklenen değerlerin yer aldığı hücrelerin oranının %5 ile %10, %10 ile %15 ve %15 ile %20 arasında olduğu durumlar için veriler türetilmiştir. 2x2 tablolar için asimptotik ve exact; 3x3 tablolar için asimptotik, exact, MC; diğer tablolar için asimptotik ve MC yöntemleri karşılaştırılmıştır. MC yönteminde örneklem sayıları $M=10000$ ($M10$), 100000 ($M100$) ve 250000 ($M250$) olarak belirlenmiştir. Yöntemlere göre türetilmiş verilerin p değerleri bulunmuştur. Bu işlem 100 kez tekrar edilmiş ve 100 set üzerinden p değerleri hesaplanmıştır.

Hesaplanan değerler 0 ile 1 arasında değişmektedir ($0 < p < 1$). Değerlerin sınırlı olması yöntemlerin karşılaştırılması için gerek duyulan parametrik testlerin uygulanmasına engel olmaktadır. Olasılık değerlerinin normal dağılmasını sağlamak için verilerin dönüştürülmesine ihtiyaç duyulmuştur. Çalışmadaki değerlere uygun olan dönüşüm, 0 ile 1 arasında değişen olasılıkları, 0 ortalamalı 1 standart sapmalı standart normal dağılımının tersine dönüştüren probit dönüşümdür. Probit formül;

$$y = \Phi^{-1}(p) + 5 \quad (5)$$

Dönüştürülmüş değerlerin normalliği Shapiro-Wilk W

Testi ile değerlendirilmiştir. Yöntemlerin karşılaştırmasında eşleştirilmiş t testi ile iki yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Fark çıkan yöntemler arasındaki çoklu karşılaştırmalar Holm-Sidak Testi ile yapılmıştır. Özet istatistik olarak dönüştürülmüş değerlerin ortalama ve

standart sapmaları ($\bar{x} \pm ss$) verilmiştir. $p < 0.05$ değeri istatistiksel olarak önemli kabul edilmiştir.

Uygulama Veri Seti

Çalışmamızda uygulama olarak Demiraslan ve ark.nın (17) yaptığı çalışmanın veri setinden yararlanılmıştır.

Çalışmada *Stenotrophomonas maltophilia* enfeksiyonu bulunan hematoloji-onkoloji hastalarında mortaliteyi etkileyen risk faktörleri araştırılmıştır. Kendi çalışmamızda sadece yöntemlerin etkinliğini gösterebilmek amacı ile Demiraslan ve ark.nın (17) yaptığı çalışmada ki risk faktörlerinden otolog kemik iliği transplantasyonu (OKİT) ile tanı değişkenleri ele alınmıştır. Akut miyelositik lösemi (AML), akut lenfositik lösemi (ALL), lenfoma, solid tümör, aplastik anemi, kronik lenfositik lösemi (KLL), kronik miyelositik lösemi (KML), miyelodisplastik sendrom (MDS) tanısı alan hastaların OKİT ile ilişkisi yöntemlere göre incelenmiştir.

BULGULAR

Karşılaştırmalar 2x2, 3x3, 4x4, 5x5 ve 10x10 düzeni çapraz tablolar için yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 1'e göre birim sayıları $N=500$, 5000 , 50000 olduğunda asimptotik ve exact yöntem ile elde edilen p değerleri arasında fark bulunmuş, exact p değerleri asimptotik p değerlerine göre daha yüksek sonuç vermiştir. Birim sayısı arttıkça yöntemler arasındaki ortalama fark azalmasına rağmen, bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Tablo 2'ye göre beşten küçük beklenen değerlerin bulunmadığı ve beşten küçük beklenen değerlerin en az bir hücrede bulunduğu durumlar için yöntemler arası karşılaştırmalar yapılmıştır. Her iki durumda exact, $M10$, $M100$ ve $M250$ arasında fark bulunmamış, asimptotik yöntem ile elde edilen p değerleri diğer yöntemlerle elde edilen p değerlerine göre önemli düzeyde düşük bulunmuştur.

Tablo 3, tablo 4 ve tablo 5'te, beşten küçük beklenen değerlerin yer aldığı hücrelerin oranına göre karşılaştırmalar, asimptotik ve MC yöntemleri için yapılmıştır. Tüm karşılaştırmalarda MC yöntemi ile elde edilen p değerleri arasında fark bulunmaz iken, asimptotik yöntem ile elde edilen p değerleri MC yöntemine göre önemli düzeyde düşük bulunmuştur.

Tablo 1: 2x2 Düzeni Çapraz Tablolarda Asimptotik ve Exact Yöntemlerin Karşılaştırılması

Birim Sayısı	Asimptotik $\bar{x} \pm ss$	Exact $\bar{x} \pm ss$	t	p
N =500	0.513±0.291	0.542±0.299	11.10	<0.001
N =5000	0.491±0.275	0.500±0.278	6.76	<0.001
N =50000	0.489±0.280	0.491±0.281	7.47	<0.001

Tablo 2: 3x3 Düzeni Çapraz Tablolarda Asimptotik ve Exact Yöntemlerin Karşılaştırılması

5KBD	Asimptotik $\bar{x} \pm ss$	Exact $\bar{x} \pm ss$	M10 $\bar{x} \pm ss$	M100 $\bar{x} \pm ss$	M250 $\bar{x} \pm ss$	F	p
≥5	0.533±0.284 a	0.541±0.286 b	0.541±0.285 b	0.541±0.286 b	0.541±0.286 b	86.58	<0.001
<5	0.503±0.283 a	0.515±0.285 b	0.515±0.285 b	0.515±0.285 b	0.515±0.285 b	112.78	<0.001

^{a,b}: Aynı harflerin yer aldığı yöntemlerde fark bulunmamaktadır.

Tablo 3: 4x4 Düzeni Çapraz Tablolarda Asimptotik ve Exact Yöntemlerin Karşılaştırılması

5KBDO (%)	Asimptotik $\bar{x} \pm ss$	M10 $\bar{x} \pm ss$	M100 $\bar{x} \pm ss$	M250 $\bar{x} \pm ss$	F	p
0.00	0.547±0.259 ^a	0.556±0.261 ^b	0.556±0.261 ^b	0.556±0.261 ^b	196.56	<0.001
0.00-0.10	0.504±0.279 ^a	0.512±0.282 ^b	0.512±0.281 ^b	0.512±0.281 ^b	130.19	<0.001
0.10-0.15	0.513±0.270 ^a	0.522±0.269 ^b	0.522±0.269 ^b	0.522±0.269 ^b	119.12	<0.001
0.15-0.20	0.517±0.301 ^a	0.525±0.303 ^b	0.525±0.303 ^b	0.525±0.303 ^b	112.39	<0.001

^{a,b}: Aynı harflerin yer aldığı yöntemlerde fark bulunmamaktadır.

Tablo 4: 5x5 Düzeni Çapraz Tablolarda Asimptotik ve Exact Yöntemlerin Karşılaştırılması

5KBDO (%)	Asimptotik $\bar{x} \pm ss$	M10 $\bar{x} \pm ss$	M100 $\bar{x} \pm ss$	M250 $\bar{x} \pm ss$	F	p
0.00	0.477±0.288	0.483±0.291	0.483±0.288	0.483±0.288	81.05	<0.001
0.00-0.05	0.466±0.290	0.474±0.292	0.474±0.292	0.444±0.292	60.96	<0.001
0.05-0.10	0.520±0.297 ^a	0.526±0.299 ^b	0.526±0.300 ^b	0.526±0.300 ^b	58.57	<0.001
0.10-0.15	0.523±0.286 ^a	0.531±0.288 ^b	0.531±0.288 ^b	0.531±0.288 ^b	25.65	<0.001
0.15-0.20	0.483±0.259 ^a	0.490±0.262 ^b	0.490±0.262 ^b	0.490±0.262 ^b	4.84	0.002

^{a,b}: Aynı harflerin yer aldığı yöntemlerde fark bulunmamaktadır.

Tablo 5: 10x10 Düzeni Çapraz Tablolarda Asimptotik ve Exact Yöntemlerin Karşılaştırılması

5KBDO (%)	Asimptotik $\bar{x} \pm ss$	M10 $\bar{x} \pm ss$	M100 $\bar{x} \pm ss$	M250 $\bar{x} \pm ss$	F	p
0.00	0.495±0.294 ^a	0.497±0.295 ^b	0.497±0.295 ^b	0.497±0.295 ^b	15.89	<0.001
0.00-0.05	0.499±0.297 ^a	0.502±0.300 ^b	0.502±0.300 ^b	0.502±0.300 ^b	14.23	<0.001
0.05-0.10	0.503±0.269 ^a	0.505±0.271 ^b	0.505±0.271 ^b	0.505±0.271 ^b	13.33	<0.001
0.10-0.15	0.542±0.282 ^a	0.546±0.285 ^b	0.546±0.285 ^b	0.546±0.285 ^b	38.29	<0.001
0.15-0.20	0.500±0.277 ^a	0.505±0.280 ^b	0.505±0.280 ^b	0.505±0.280 ^b	24.25	<0.001

^{a,b}: Aynı harflerin yer aldığı yöntemlerde fark bulunmamaktadır.

Uygulama Veri Seti

Demiraslan ve ark.nın (17) yaptığı çalışmadaki risk faktörlerinden OKİT ile tanı değişkenlerinin karşılaştırılması aşağıdaki tabloda incelenmiştir.

Tablo 6: Tanı Grupları ile OKİT arasındaki ilişkinin yöntemlerin p değerlerine göre karşılaştırılması

Tanı Grupları	OKİT		5KBDO	χ^2	Yöntemler				
	Yok (N)	Var (N)			Asimptotik	Exact	M10	M100	M250
AML	18	0	%81.3	17.371	0.015	0.075	0.077	0.075	0.075
ALL	3	0							
Lenfoma	3	3							
Solid tümör	6	0							
Aplastik anemi	2	0							
KLL	1	0							
KML	1	0							
MDS	1	0							

Tablo 6'ya göre asimptotik yöntemden elde edilen p değeri 0.015 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre tanı grubu ile OKİT arasında ilişkinin olduğu sonucuna varılır. Fakat beşten küçük beklenen değerlerin yer aldığı hücrelerin oranı %81.3'tür. Asimptotik yöntemden elde edilen p değerinin kullanılması uygun değildir. Exact ve MC yöntemlerden elde edilen p değerleri benzer sonuçlar vermiş, tanı grubu ile OKİT arasında ilişkinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

TARTIŞMA

Bir araştırmada geçerli ve güvenilir karar verebilmek için önemli öğelerden biri uygun istatistiksel yöntemin seçimidir. Özellikle insan hayatını ilgilendiren konularda karar verirken yöntemin seçimi büyük önem taşımaktadır. Sağlık alanında iki kategorik değişken arasındaki ilişkinin incelenmesinde en çok kullanılan testlerden biri ki-kare testidir. Ki-kare testlerinde önemlilik

değerleri asimptotik, exact ve MC yöntemleri ile belirlenebilmektedir. Araştırmacıların dikkat etmesi gereken nokta, doğru karar vermek için bu yöntemlerden uygun olanını seçmeleridir.

Exact p değeri ilk olarak Fisher tarafından 2x2 tablolarda hipergeometrik dağılım yardımı ile küçük örnek sayılarında (N=30) hesaplanmıştır (18). Elde edilen p değeri kesin bir olasılık değeri verdiği için exact yöntemin kullanılmasını önerilmiştir. Mehta ve Patel 2x2 düzeni çapraz tablolarda N ≤100.000 için exact p değerlerinin hesaplanabileceğini göstermişlerdir (16). Çalışmamızda 2x2 düzeni çapraz tablolarda N =500, 5000, 50000 için asimptotik ile exact yöntemden elde edilen p değerleri karşılaştırılmış ve iki yöntem arasında çok az fark olmasına rağmen bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Mehta ve Patel, çapraz tablolarda exact p değerlerinin hesaplanabilmesi için gerekli olan örnek büyüklüğünü

$N \leq 30$ ve tablo boyutunu $\min\{r, c\} \leq 3$ olarak belirlemişlerdir(16). Çalışmamızda da exact p değeri 4×4 , 5×5 ve 10×10 düzeni çapraz tablolar için hesaplanamamış,

MC yöntemi ile  ler hesaplanmıştır.

Simülasyon çalışmamızda 3×3 düzeni çapraz tablolarda exact ve MC yöntemleri ile elde edilen p değerleri arasında önemli düzeyde fark bulunmamışken, asimptotik yöntemden elde edilen değerler diğer yöntemlerden farklı bulunmuştur. 4×4 , 5×5 ve 10×10 düzeni çapraz tablolarda MC değerleri arasında fark bulunmamış, asimptotik değer MC değerlerinden farklı bulunmuştur.

Uygulama veri setinde asimptotik değer iki değişken arasındaki ilişkiyi anlamlı bulmuş, exact ve MC değerleri iki değişken arasındaki ilişkiyi anlamlı bulmamıştır.

Sonuç olarak araştırmacılara iki kategorik değişkeni karşılaştırırken çapraz tablolarda hesaplanabildiği takdirde ki-kare testinin exact yöntemini, hesaplanamadığı takdirde en az 10000 örneklemlerle MC yöntemini kullanmalarını önermekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Özdamar K. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-1 (7.baskı), Eskişehir 2004; ss 402-411.
2. Roderick JA. Testing the equality of two independent binomial proportions. The American Statistician 1989; 43: 283-288.
3. Senchaudhuri P, Mehta CR, Patel NR. Estimating exact p values by the method of control variates or Monte Carlo rescue. Journal of the American Statistical Association 1995; 90:640-648.
4. Freeman GH, Halton JH. Note and on an exact treatment of contingency, goodness of fit and other problems of significance. Biometrika 1951; 38: 141-149.
5. Bolviken E, Skovlund E. Confidence intervals from Monte Carlo tests. Journal of the American Statistical Association 1996; 91: 1071-1078.
6. Pearson K. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. Philosophical Magazine Series 5th 1900; 50: 157-175.
7. Mehta CR, Patel NR. A hybrid algorithm for Fisher's exact test in unordered $r \times c$ contingency tables. Commun Statist-theor meth 1986; 15:387-403.
8. Patefield WM. An efficient method of generating $r \times c$ tables with given row and column totals. Applied Statistics 1981; 30: 91-97.
9. Mundry R, Fischer J. Use of statistical programs for nonparametric tests of small samples often leads to incorrect p values: Examples from animal behaviour. Animal Behaviour 1998; 56: 256-259.
10. Mehta CR, Patel NR. A network algorithm for performing Fisher's exact test in $r \times c$ contingency tables. Journal of the American Statistical Association 1983; 78:427-434.
11. Mehta CR, Patel NR. A network algorithm for the exact treatment of the $2 \times k$ contingency table. Commun Statist- Simula Computa 1980; B9:649-664.
12. Wald A, Wolfowitz J. On a test whether two samples are from the same population. The Annals of Mathematical Statistics 1940; 11:147-162.
13. Graubard BI, Korn EL. Choice of column scores for testing independence in ordered $2 \times k$ contingency tables. Biometrics 1987; 43 : 471-476.
14. Agresti A, Mehta CR, Patel NR. Exact inference for contingency tables with ordered categories, Journal of the American Statistical Association 1990; 85: 453-458.
15. Agresti A, Wackerl, D, Boyett JM. Exact conditional tests for cross-classifications: Approximations of attained significance levels. Psychometrika 1979; 44: 75-83.
16. Mehta CR, Patel NR. IBM SPSS Exact Tests. Massachusetts 1989; pp 1-31.
17. Demiraslan H, Sevim M, Pala C, et al. Risk factors influencing mortality related to Stenotrophomonas maltophilia infection in hematology-oncology patients. Int J Hematol 2013; 97:414-420.
18. Fisher RA. On the interpretation of χ^2 from contingency tables, and the calculation of P . Journal of the Royal Statistical Society 1922; 85: 87-94.