



Çok Değişkenli ve Farklı Ölçekli Araştırmalarda Örneklem Büyüklüğünün Tespiti

Ömer AKBULUT

Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosüreç Mühendisliği Anabilim Dalı, 28200 Giresun, Türkiye

Ömer AKBULUT, ORCID No: [0000-0002-8860-3513](https://orcid.org/0000-0002-8860-3513)

MAKALE BİLGİSİ	ÖZET
<p>Derleme</p> <p>Geliş : 01.06.2021 Kabul : 17.08.2021</p> <hr/> <p>Anahtar Kelimeler</p> <p>Örneklem büyüklüğü Araştırma tasarımı Çok değişken Kesikli değişken Sürekli değişken</p> <hr/> <p>* Sorumlu Yazar</p> <p>omer.akbulut@giresun.edu.tr</p>	<p>Tahmin ve analiz çalışmalarının kalitesini ve sunduğu bilgilerin doğruluğunu etkileyen faktörlerden biri araştırmanın örneklem büyüklüğüdür. Örneklem büyüklüğünü tahmin etmede etkili birçok faktör bulunmaktadır. Bunlar I.Tip hata (α), testin gücü ($1-\beta$) ve etki büyüklüğüdür. Araştırmalarda genellikle çok sayıda bağımlı değişkenin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu durumda her bir değişkenin varyasyonu, dolayısıyla etki büyüklüğü, farklı olduğu için örneklem büyüklüğünün belirlenmesi zorlaşmaktadır. Bu değişkenlerin hem kesikli hem de sürekli değişkenlerden oluşması işi daha da güçleştirmektedir. İstatistiksel anlamlılık çalışmalarında hem yetersiz örneklem hem de gereğinden fazla örneklem hatalara (α ve β) neden olabilmektedir. Her iki durumda da mevcut imkânların israfı söz konusudur. Bu makalede tek ve çok bağımlı değişkene sahip çalışmalar için gerekli ve yeterli örneklem büyüklüğü hesaplanması rakamlı örnekler ile gösterilmiştir. Örneklem büyüklüğünün belirlenmesinde, güvenilir bilgi, işgücü ve maliyet unsurları da optimize edilmelidir.</p>

Determination of Sample Size in Multivariate and Different-Scale Studies

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Review</p> <p>Received : 01.06.2021 Accepted : 17.08.2021</p> <hr/> <p>Keywords</p> <p>Sample size Experiment design Multivariable Discrete variable Continuous variable</p> <hr/> <p>* Corresponding Author</p> <p>omer.akbulut@giresun.edu.tr</p>	<p>One of the factors affecting the quality of the estimation and analysis studies and the accuracy of the information provided is the sample size of the research. There are many factors that are effective in estimating the sample size. These are Type I error (α), power ($1-\beta$) and effect size. Researches generally aim to examine a large number of dependent variables. In this case, determining the sample size becomes difficult because the variation of each variable, hence the effect size, is different. It becomes even more difficult that these variables consist of both discrete and continuous variables. In statistical significance studies, both insufficient sampling and over sampling may cause errors (α and β). In both cases, there is a waste of available facilities. In this article, the calculation of the required and sufficient sample size for dependent univariate and multivariate studies is shown with examples with numbers. Reliable information, labor and cost factors should also be optimized in determining the sample size.</p>

Lütfen aşağıdaki şekilde atıf yapınız / Please cite this paper as following;

Akbulut, Ö., 2021. Çok değişkenli ve farklı ölçekli araştırmalarda örneklem büyüklüğünün tespiti, Journal of Animal Science and Products (JASP) 4 (2):199-215. DOI: [10.51970/jasp.946399](https://doi.org/10.51970/jasp.946399)

Giriş

Bir bilimsel çalışmanın kalitesini ve sunduğu sonuçların doğruluğunu belirleyen çok sayıda etken bulunmaktadır. Bunlar; doğru değişken seçimi, araştırmanın tasarımı, veri toplama verilerin doğru ölçümü, veri analiz tekniği ve bulguların doğru yorumlanması olarak sayılabilir. Ancak verilere istatistiksel anlamlılık (önemlilik) testi uygulandığında çalışmanın kalitesine ve sonuçların doğruluğuna etki eden önemli ilave faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler; anlamlılık seviyesi α , örneklem büyüklüğü (n), etki büyüklüğü (EB), ve istatistiksel güçtür (1- β) (Keskin, 2020). Bu nedenledir ki bilimsel makalelerde yaygın bir yazım şekli olarak bilinen APA standardı olarak bu son dört ölçünün raporlanmasını istenmektedir (APA, 2010).

Bilimsel çalışma sürecinin problem belirleme (tahmin veya test) aşamasından sonraki önemli aşaması değişken belirleme ve değişkenlere ait veri toplama işlemidir. Verilerin toplanması işlemi araştırma tasarımı esas alınarak yapılır. Araştırmanın ham maddesini oluşturan bu veriler, sınıflama (nominal, isimsel), sıralama (ordinal), aralıklı (interval) ve oranlı (ratio) ölçekleri ile belirlenirler. Ayrıca sübjektif değişkenlerin ölçümünde Thurstone, Likert, Guttman ve Osgood adları ile bilinen özel ölçekler de kullanılmaktadır. (Kartal, 2006, Yıldız ve ark., 2020a). Gıda bilimlerinde duyu analizlerde, örneğin balda tat, koku, görünüş özellikleri için, hedonik ölçek (Likert tip) kullanılmaktadır (Demir ve Kılıç 2019; Yıldız ve ark., 2020b). Hayvancılıkta morfolojik özelliklerin (appraisal properties) değerlendirilmesinde ölçme aracı olarak, Likert tip doğrusal ölçekler kullanılmaktadır (Özcan, 1995; Mundan ve ark, 2017).

Bilimsel çalışmalarda bu ölçekler kullanılarak elde edilen değişkenler istatistik yöntemler kullanılarak analiz edilmektedir. İstatistiksel analizlerde tek değişkenli veya çok değişkenli yöntemler kullanılmaktadır. Tek değişkenli istatistik yöntemlerde genellikle bir bağımlı değişken, bir veya birden fazla bağımsız değişkene göre analiz edilmektedir. Çok değişkenli analizlerde ise birden fazla bağımlı değişken birlikte alınarak değerlendirilmektedir.

Bazı çalışmalarda tek bir bağımlı değişken incelenirken, araştırmaların çoğunda çok sayıda değişken ayrı ayrı istatistiksel olarak analiz edilmektedir. Bu analizlerde değişken yapısına bağlı olarak aynı testler kullanılabilirdiği gibi farklı testlerde kullanılabilir. Örneğin Özçomak ve Çebi (2017) güç analizi kapsamında iktisat ve işletme alanında 95 makalede 2527 adet değişkene ait test sonucunu (makale başına 26.6 değişken) incelemiştir. Yani bilimsel makalelerin çoğunda birden fazla bağımlı değişkenin incelenmesi söz konusudur. Bu durum hemen hemen tüm disiplinler için yaygın ve araştırmaların doğasına uygun bir durumdur. Aynı veya farklı ölçekli bu özelliklerin aynı deneme materyali üzerinde ölçülmesi gerekebilir. Daha detaylı açıklamak gerekirse, farklı ırk hayvanların, fizyolojik, morfolojik ve verim özellikleri bir araştırmada ele alınabilmektedir. Hayvan beslemede hayvanların yem tüketimi, yemden yararlanma oranı, günlük veya periyodik canlı ağırlık artışı, gibi özellikler bir araştırmanın bağımlı değişkenlerini oluşturmaktadır. Bu örnekleri mühendislik bilimlerinde ve diğer araştırma alanlarında çoğaltmak mümkündür.

Tek Değişkenli Araştırmalarda Örneklem Büyüklüğü

Bir araştırmanın planlanması aşamasında ilk cevaplanması gereken sorulardan biri örneklem büyüklüğünün ne olması gerektiğidir. Türkçe yazımda örneklem hacmi, örneklem sayısı, örneklem genişliği kavramları örneklem büyüklüğü ile eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Bu makalede örneklem büyüklüğü ifadesinin kullanımı tercih edilmiştir. Ancak cümle akışı gereği bazı durumlarda diğer kavramlarda kullanılabilir.

Eğer çalışmanın amacı, değişkenlere ait parametre tahmini ise araştırma örnekleminin mümkün olduğu kadar büyük tutulması yararlı olur. Çünkü istatistiksel tahmin teorisinde, tahmincilerin kararlılık (tutarlılık) özelliği gereği örneklem büyüklüğü, populasyon (kitle) büyüklüğüne yaklaştıkça ($n \rightarrow N$) tahmin parametresine yakınlacaktır ($\bar{X} \rightarrow \mu$) (Yıldız ve ark., 2020a). Diğer bir anlatımla örneklem büyüklüğü arttıkça tahminin standart hatası küçülecek ve daha güvenilir bir tahmin yapılacaktır.

Araştırma hipotez testi içeriyor ise bu durumda istatistiksel karar teorisi gereği örneklem büyüklüğünün ne olması gerektiği önem kazanır. Hipotez testi; sıfır hipotezinin sorgulanması, karşıt hipotezin doğrulanması olarak ifade edilen bir seri işlemler sürecidir. Bu süreçte, örneklemin çok büyük olması durumunda, standart hatanın çok küçülmesi nedeniyle test istatistiği büyür ve gerçekte doğru olan sıfır hipotezinin ret edilmesine neden olabilir. Bu durum istatistik teorisinde I. Tip hata (α hatası) olarak adlandırılır. Yetersiz örneklem durumunda ise gerçekte doğru olan karşıt hipotezin doğrulanmaması kararına varılabilir. Bu durum ise II. Tip hata (β hatası) olarak adlandırılır. Karar sürecinde her iki tip hatanın olmaması hedeflenir. Bu nedenlerle araştırma için gerek ve yeterli örneklem büyüklüğünün doğru belirlenmesi gerekir.

Tek Değişken İçin Örneklem Büyüklüğünün Tespiti

Eğer çalışmada tek bağımsız değişken inceleniyor ise örneklem büyüklüğü, değişken tipi (kesikli, sürekli) grup sayısı ve populasyon varyansı veya örneklem varyansının bilinmesi durumlarına göre geliştirilmiş formüller kullanılarak hesaplanır (Akbulut ve ark., 2015; Sullivan, 2020, Yıldız ve ark., 2020a). Bu formüller aşağıda verilmiştir.

Sürekli değişken için populasyon varyansı biliniyor ise z dağılımı, ön çalışma yapılmış ve örneklem varyansı belirlenmiş ise t dağılımı kullanılarak örneklem büyüklüğü (örneklem hacmi) hesaplanır. Kesikli değişkenler için daha çok z dağılımından yararlanır.

Bir Grup İçin Örneklem Büyüklüğü

Tek bir grupta değişkenin sürekli ve kesikli olmasına göre örneklem büyüklüğü farklı formüller ile hesaplanır.

Sürekli Değişken Durumu: Değişken sürekli ise bir grup için örneklem büyüklüğü populasyon varyansı σ^2 biliniyor ise Formül(1) kullanılarak hesaplanır. Formül aşağıdaki gibidir (Akbulut ve ark., 2015; Yıldız ve ark., 2020a).

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma}{f} \right)^2 \quad (1)$$

Formülde; z : Standart z dağılımının öngörülen $\alpha/2$ hata düzeyindeki teorik dağılım değeri, α : Tahminin hatası (0.05 veya 0.10 alınır), σ : Populasyon için standart sapma, f : $(\bar{x} - \mu)$ örneklem ortalaması ile populasyon ortalaması arasında öngörülen fark değeridir.

Eğer σ^2 bilinmiyor ve ön çalışma verilerinden S^2 hesaplanmış ise veya literatürden S^2 belirlenmiş ise örneklem büyüklüğünü hesaplamada Formül (2) kullanılır.

$$n = \left(\frac{t_{\alpha/2(n-1)} S}{f} \right)^2 \quad (2)$$

Burada α ve f , Formül (1)'de tanımlandığı gibidir. Farklı olarak $t_{\alpha/2(n-1)}$, t öngörülen $\alpha/2$ hata olasılığı ve $(n-1)$ serbestlik derecesinde t dağılımının teorik değeridir. S ise örneklemin standart sapma değeridir.

Kesikli Değişken Durumu: Bir grup ta iki sonuçlu kesikli değişkenler için z dağılımı kullanılarak örneklem hacimleri aşağıdaki Formül (3) yardımıyla hesaplanır (Akbulut ve ark., 2015; Yıldız ve ark., 2020a).

$$n = \frac{pq z_{\alpha/2}^2}{f^2} \quad (3)$$

Formüldeki terimler; z : Standart z dağılımının öngörülen $\alpha/2$ hata düzeyindeki teorik dağılım değeri, α : tahminin hatası, f : $(\hat{p} - P)$ olarak örneklem oranı ile populasyon oranı arasında öngörülen fark değeridir. Ayrıca p : A olayının gerçekleşme oranını, q : A olayının gerçekleşmeme oranını göstermektedir. Burada p ve q olayın doğasına göre veya ön çalışma ile belirlenir. Örneğin madeni bir paranın Tura gelmesi için beklenen p değeri 0.5, Tura gelmemesi için beklenen değer $q = (1-p)$ olmak üzere 0.5'dir.

İki Grup İçin Örneklem Büyüklüğü

İki grup veriler için grupların bağımsız ve bağımlı olma durumu ve yine değişkenlerin sürekli ve kesikli olma durumu söz konusudur. Bu durumlar dikkate alınarak her bir durum için örneklem büyüklükleri hesaplanabilir. Sullivan (2020) tarafından bu durumlar için önerilen formüller varyansın bilinme ve bilinmeme durumlarına göre geliştirilerek aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.

İki Bağımsız Grup ve Sürekli Değişken Durumu: Normal dağılımlı sürekli değişkenler için populasyon varyansı biliniyorsa örneklem büyüklüğü aşağıdaki Formül (4) ile hesaplanır (Sullivan, 2020).

$$n = 2 \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma_o}{f} \right)^2 \quad (4)$$

Burada; σ_o : ortak standart sapma, f : grup ortalamaları arasında anlamlı olacağı ön görülen fark değeridir $(\mu_1 - \mu_2)$.

İki bağımsız grupta örneklem varyansları biliniyor ise örneklem büyüklüğünü hesaplamada önce Formül (5) ile S_o ortak (bütünleşik) standart sapma hesaplanır. Sonra Formül (6) kullanılarak örneklem büyüklüğü hesaplanır. Bu formüllerde, n_1 ve n_2 ön çalışmada kullanılan örneklem büyüklüklerini, S_1^2 ve S_2^2 ise 1. ve 2. gruplara ait varyansları göstermektedir. Diğer terimler yukarıda açıklanmıştır.

$$S_o = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (5)$$

$$n = 2 \left(\frac{t_{\alpha/2(n-1)} S_o}{f} \right)^2 \quad (6)$$

İki Bağımlı (eşlenik, paired) Grup ve Sürekli Değişken Durumu: Araştırmalar bazı durumlarda eşlenik gruplar üzerinde yürütülür. Bu durumda incelenen değişken sürekli ve normal dağılımlı ise, eşlenik iki grup için örneklem büyüklüğü Formül (7) ile hesaplanır. Formül tek grup sürekli değişken formülüne benzerdir (Akbulut ve ark., 2015; Yıldız ve ark., 2020a).

$$n = \left(\frac{t_{\alpha/2(n-1)} S_f}{f} \right)^2 \quad (7)$$

Bu formülde farklı terimler; ön çalışma verilerinden hesaplanmak üzere, S_f : Eşlenik gruplarda farklara ait standart sapma, f : Eş gruplar arasında anlamlı olabileceği öngörülen büyüklüktür.

İki Bağımsız Grupta Kesikli Değişken Durumu (İki Oran): Bu durum için kullanılan formül aşağıdaki gibidir (Akbulut ve ark., 2015; Yıldız ve ark., 2020a).

$$n = (p_1 q_1 + p_2 q_2) \left(\frac{Z_{\alpha/2}}{f} \right)^2 \quad (8)$$

Formül (8)'de kullanılan terimleri açıklaması şu şekildedir. p_1 : İlk populasyonda olayın görülme oranı, q_1 : İlk populasyonda olayın görülmemesi oranı, p_2 : İkinci populasyonda olayın görülme oranı, q_2 : İkinci populasyonda olayın görülmemesi oranı, f : İki populasyon oranı arasında öngörülen en küçük mutlak farktır $|p_1 - p_2|$.

Yukarıda verilen formüllere göre örneklem büyüklüğü belirlendikten sonra eğer araştırma populasyonun büyüklüğü (N) biliniyorsa ve $\frac{n}{N} > 0.05$ ise hesaplanan örneklem büyüklüğü n_0 alınarak son örneklem büyüklüğü Formül (9) ile hesaplanır.

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (9)$$

Testin Gücünün Yüksek Olmasını Sağlayarak Örneklem Büyüklüğünün Tespiti

Deneysel ve klinik araştırmaların birçoğunda veriler hipotez testleri kullanılarak analiz edilmektedir. Bu kapsamda Doğan (2008) tarafından yapılan çalışmada, klinik araştırmalar için örneklem büyüklüğünün belirlenmesi incelenmiştir. Suresh ve Chandrashekar (2012) ve Sullivan (2020) tarafından survey çalışmalarında ve testin gücünün yüksek olmasını da sağlayacak hipotez testlerinin kullanımı öngörülen çalışmalarda örneklem büyüklüğü hesaplama formülleri ele alınmıştır. Makalenin bu bölümünde testin gücünü dikkate alan örneklem büyüklüğünü hesaplama formülleri derlenmiş ve yaygın gösterim sembolleri ile sunulmuştur.

Hipotez testlerinde I. Tip hata α , 0.05 veya 0.01 olmak üzere genellikle 0.05 alınır. II. Tip hata β ise 0.20, 0.10 alınır ve testin gücü $1-\beta= 0.80$ veya 0.90 olarak şekillenir. Aşağıda Tablo 1’de bazı α , ve testin gücü $1-\beta$ değerleri için standart normal z dağılımına ait değerler verilmiştir.

Tablo 1. α ve Güç değerleri için Z dağılımı değerleri

Table 1. Standard normal distribution values for α and power

α	I. Tip Hata		İstatistiksel Güç	
	Z_{α} (tek yönlü)	$Z_{\alpha/2}$ (İki yönlü)	Güç	$Z_{1-\beta}$
0.10	1.28	1.64	0.80	0.84
0.05	1.64	1.96	0.85	1.03
0.01	2.33	2.58	0.90	1.28
0.001	3.09	3.29	0.95	1.64

Makalenin bu bölümünde α hatası, güç ve dikkate alınarak değişken tipi ve grup sayısına göre örneklem büyüklüğünü hesaplama formülleri rakamlı örnek çözümleri ile sunulmuştur. Formülleri daha anlaşılır kılmak için rakamlı örnekler verilmiştir. Bu bölümde yer alan hesaplamaların önemli bir adımını etki büyüklüğü (EB) belirlenmesi oluşturur. Bu nedenle her bir durum için EB’nün belirlenmesinde dikkatli olunmalıdır. EB’nin genel formülü

$$EB = \frac{\text{Fark (ortalamalar veya diğer istatistikler)}}{\text{standart sapma}} \quad 10$$

şeklindedir.

Tek Grup İçin Örneklem Büyüklüğü

Değişkenin sürekli ve kesikli olma durumuna göre örneklem büyüklüğü ve EB hesaplama formülleri ayrı ayrı verilerek açıklanmıştır.

Tek Grup ve Sürekli Değişken Durumu: Tek grupta değişken sürekli ise $EB = \frac{|\mu_0 - \mu_1|}{\sigma}$ ’dır. Burada EB, bilinen ortalama ile ön görülen yeni ortalama arasındaki mutlak farkın

standart sapmaya bölümüyle ele edilir. Örneklem büyüklüğünü hesaplamada kullanılacak eşitlik Formül (11)'de verilmiştir.

$$n = \left(\frac{(Z_{\alpha/2} + Z_{1-\beta})}{EB} \right)^2 \quad (11)$$

Rakamlı Örnek: Normal sağlıklı insanlarda kan şekerinin ortalaması 100 mg/ml, standart sapması 8, olarak bilinmektedir. Kan şeker düzeyinde 5 mg/ml büyüklüğündeki bir değişiklik klinik olarak anlamlı olabilecektir. Bu farklılığı, 0.05 hata ve 0.80 güç ile test edebilmek için örneklem büyüklüğü ne olmalıdır?

Çözüm: Burada $EB=5/8=0.625$ 'tir. EB ve Çizelge 1'den α ve güç için değerler yerlerine yazıldığında, $n = \left(\frac{1.96+0.84}{0.625} \right)^2 = 20.07 \cong 21$ 'dir. Örneklem büyüklüğü hesaplamalarında bulunan değer bir üst tam sayıya yuvarlanır. Yani tam sayıya yukarı yuvarlama yapılır. Bu sayı minimum büyüklüktür.

Tek Grup ve Kesikli (İki sonuçlu)Değişken Durumu: Araştırma tek grupta kesikli bir değişken için tasarlanıyor ise EB aşağıdaki gibidir (Formül 12).

$$EB = \frac{p_1 - p_0}{\sqrt{p_0(1 - p_0)}} \quad (12)$$

Bu eşitliklerde farklı terimler; p_0 : Populasyonda bilinen oran, $p_1 - p_0$: Mutlak değer olarak populasyonda bilinen oranı p_0 ile beklenen oran p_1 arasında kabul edilen oran farkıdır. Tek grupta değişkenin iki sonuçlu bir değişken olması durumunda örneklem büyüklüğünü hesaplama formülü aşağıdaki gibidir Formül (13).

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} + Z_{1-\beta}}{EB} \right)^2 \quad (13)$$

Rakamsal Örnek: Bir koyun ırkında ikizlik oranının %20 olduğu bilinmektedir. Bu populasyonda yapılan çevresel iyileştirmenin ikizlik oranında %3 birimlik bir artışın anlamlı olacağı varsayılmaktadır. Yapılacak hipotez testinde $\alpha = 0.05$ ve testin gücü $1-\beta=0.90$ olmak üzere populasyondaki ikizlik oranını gerçek değerinden en fazla %3 sapmalı test edebilmek için örneklem büyüklüğü ne olmalıdır?

Çözüm: Değerler Formül (12)'deki eşitliklerde yerlerine yazılarak gerekli hesaplamalar yapıldığında

$$EB = \frac{0.03}{\sqrt{0.20(1-0.20)}} = \frac{0.03}{0.40} = 0.075 \text{ bulunur.}$$

Buradan $n = \left(\frac{1.96+1.28}{0.075} \right)^2 = 1866.24 \cong 1867$ 'dir. Bu araştırma için minimum 1867 adet hayvan üzerinde çalışılmalıdır.

İki Grup İçin Örneklem Büyüklüğü

Testin gücünü dikkate alarak iki grupta örneklem büyüklüğünün hesaplanması, grupların bağımlı ve bağımsız olması ile değişkenin kesikli ve sürekli olmasına göre farklılık gösterir.

Değişken sürekli ve grupların bağımsız ise: Bu durum için, önce sırasıyla ortak standart sapma S_o , EB hesaplanır. Ortak standart sapma S_o eşitliği yukarıda Formül (5) ile aynıdır. Etki büyüklüğü genel formülüne göre $EB = |\mu_1 - \mu_2| / S_o$ 'dur.

Bu değerler (14) numaralı eşitlikte yerlerine yazılarak örneklem büyüklüğü hesaplanır. Eşitlik (14) ile bulunan sayının iki katı alınarak araştırma için gerekli örneklem sayısı bulunur. Bu hesaplamada standart sapma olarak iki gruba ait ortak (bütünleşik) sapma kullanıldığına dikkat edilmelidir.

$$n = 2 \left(\frac{Z_{\alpha/2} + Z_{1-\beta}}{EB} \right)^2 \quad (14)$$

Rakamlı Örnek: Ön çalışma ile her bir grupta 10'ar hayvan kullanılarak A ırkının günlük ağırlık artışına ait standart sapmayı 40 gr, B ırkına ait standart sapmayı 50 gr olarak bulunmuştur. İki ırk arasında 50 gramlık bir farklılığın biyolojik olarak anlamlı olabileceği düşünülmektedir. Bu durumu 0.05 hata ve 0.80 güç ile test etmek için gerekli örneklem büyüklüğü ne olmalıdır?

Çözüm: Verilere göre gruplardaki veri sayısı eşit olduğu için $S_o = \sqrt{(40^2 + 50^2)/2} = 45.28$ ve $EB = 50/45.28 = 1.10$ Buradan Formül 14'e göre etki büyüklüğü $n = 2 \left(\frac{1.96 + 0.84}{1.10} \right)^2 \cong 13$ 'dir. Sonuç olarak bu çalışma için her bir grupta 13'er olmak üzere toplamda 26 adetlik örneklem yeterli olacaktır.

Değişken sürekli ve gruplar eşlenik ise: Bu durum için $EB = (\mu_f / S_f)$ 'dir. Bu değerler formüle doğrudan yazılarak örneklem büyüklüğü için Formül (15) elde edilir. Burada μ_f , iki gruba ait eş veriler farkının ortalaması, S_f ise bu farkların standart sapmasıdır.

$$n = \left(\frac{(Z_{\alpha/2} + Z_{1-\beta})S_f}{\mu_f} \right)^2 \quad (15)$$

Rakamlı Örnek: Ön çalışma ile 12 denek üzerinde yapılan çalışmada ilaç alımından önce ve ilaç alımından sonra kan basıncındaki azalma ortalaması 100 mmHg ve bu farkların standart sapması 200mmHg bulunmuştur. Bu büyüklükteki bir farkın anlamlı olup olmadığını 0.05 hata ve 0.90 güç ile test etmek için gerekli örneklem büyüklüğü ne olmalıdır?

Çözüm: Bu örneğin verilerine göre $EB = 100/200 = 0.5$ 'tir. EB'nü formülde yerine yazarak gerekli hesaplama yapılırsa, $n = \left(\frac{1.96 + 1.28}{0.5} \right)^2$ veya $n = \left(\frac{(1.96 + 1.28)200}{100} \right)^2 = 41.99 \cong 42$, yani en az 42adet denek gereklidir.

Değişken kesikli (iki sonuçlu) ve gruplar bağımsız ise, Bu durum için EB eşitlik (16) örneklem büyüklüğü eşitlik (17) ile hesaplanır.

$$EB = \frac{|p_1 - p_2|}{\sqrt{(p_1 + p_2)/2}} \quad (16)$$

Formül (16) da p_1 : İlk populasyonda olayın görülme oranını, p_2 : İkinci populasyonda olayın görülme oranını, $|p_1-p_2|$ İki populasyon oranı arasında öngörülen en küçük mutlak farkı ifade etmektedir.

$$n = 2 \left(\frac{Z_{\alpha/2} + Z_{1-\beta}}{EB} \right)^2 \quad (17)$$

Rakamlı Örnek: A varyetesinde çimlenme oranı %60 olarak bilinmektedir. Araştırmacı bu çimlenme oranında %30'luk bir artışı anlamlı öngörmektedir. Bu amaçla çimlenme oranını artırmak için bir girişim (etken) uygulayacaktır. Bulguları %5 hata ve %80 güç ile test edebilmek için örneklem büyüklüğü ne olmalıdır?

Çözüm: Rakamsal örneğin verilerine göre, $p_1=0.60$, $p_2=60*1.30=0.78$ Buradan $(p_1+p_2/2)=0.60+0.78)/2=0.69$ bulunur. Değerler Formül (15)'te yerlerine yazılarak gerekli hesaplama yapıldığında,

$$EB = \frac{|0.60-0.78|}{\sqrt{(0.69)(1-0.69)}} = \frac{0.18}{0.46} \cong 0.39 \text{ dur.}$$

EB ve diğer değerler eşitlik (16)'da yerlerine yazılarak gerekli hesaplama yapıldığında, örneklem büyüklüğü

$$n = 2 \left(\frac{1.96 + 0.84}{0.39} \right)^2 = 103.09 \cong 104$$

olarak bulunur. Yani her bir grupta $n_1 = 104$ (kontrol) ve $n_2 = 104$ (deney) olmak üzere 208 birimlik örneklem gereklidir.

Yukarıda farklı durumlar için hesaplanan örneklem büyüklükleri minimum örneklem büyüklükleri olup, olası denek kaybı dikkate alınarak çalışmanın özelliğine göre gerek ve yeterli örneklem büyüklüğü %10-%20 oranında artırılabilir.

Günümüzde α , standart etki büyüklüğü uygulanacak test ve testin yönü için ön görülen güç değerlerini dikkate alarak örneklem hacmi hesaplanmasında kullanılan bilgisayar yazılımları mevcuttur. Bu kapsamda Düseldorf Üniversitesi tarafından geliştirilen ve serbest kullanıma sunulan G*Power yazılımı (Faul ve ark., 2007) yaygın olarak kullanılmaktadır. Burada hipotez testine dayalı araştırmalar için örneklem büyüklüğü Z dağılımı esas alınarak hesaplanmıştır. Student t dağılımı ile örneklem büyüklükleri G*Power yazılımı ile hesaplandığında, küçük örneklerde t dağılımı daha hassas (daha büyük) değerler ürettiği için, hesaplanan örneklem büyüklükleri z dağılımına göre bir miktar daha fazladır.

Deney hayvanları ile yapılan çalışmalarda, deneysel girişim nedeniyle hayvanın vücut bütünlüğünün bozulması veya deney sonunda hayvanın yaşamının sonlandırılması durumunda örneklem büyüklüğü daha sınırlı tutulmaktadır. Hayvan deneyleri olarak ta adlandırılan bu çalışmalarda gerek ve yeterli hayvan sayıları farklı deney tasarımlarına göre Ankaralı ve Ankaralı (2019), ve Doğan ve Doğan (2020) tarafından yapılan yayınlarda açıklanmıştır. Bu nedenle bu çalışmada hayvan deneyleri için örneklem sayıları kapsam dışı bırakılmıştır.

Örneklem Büyüklüğünü Etkileyen Faktörler

Örneklem büyüklüğünü doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen çok sayıda faktör mevcuttur. Bu değeri doğrudan etkileyen ölçüler; tahmin için hata düzeyi α , değişkendeki varyasyonun büyüklüğü S^2 , etki büyüklüğü (δ : d, g, r, f vd.) ve testin gücü $1-\beta$ olarak

sayılabilir. Değişkenin varyansı, standart etki büyüklüğüne katıldığından örneklem büyüklüğü hata düzeyi α , etki büyüklüğü ve güç değerinin bir sonucudur.

Tahmin için hata düzeyi α , küçüldükçe örneklem büyüklüğü artar. Değişkendeki varyasyon S^2 , büyüdükçe ve p ile q değerleri birbirine yaklaştıkça örneklem büyüklüğü artar. Etki büyüklüğü değeri küçüldükçe örneklem büyüklüğü artar. Testin gücü $1-\beta$, büyüdükçe örneklem büyüklüğü artar. Sayısal büyüklük olarak örneklem büyüklüğü α ve etki büyüklüğü ile ters orantılı, S^2 ve $1-\beta$ ile doğru orantılı değişir (Alpar, 2016).

Örneklem büyüklüğünü dolaylı olarak etkileyen başka durumlarda mevcuttur. Bunlar; değişkenin analizinde kullanılacak testin yönü, kullanılacak istatistiksel test ve değişkenin ölçümünde yapılabilecek hatalar olarak sayılabilir.

İstatistiksel süreçlerde genellikle anlamlılık düzeyi 0.05, testin gücü 0.80, olarak standart gibi alınarak yaygın bir olarak kullanılmaktadır. Cohen (1988) tarafından istatistiksel test yöntemine göre düşük orta ve yüksek olarak belirlenen etki büyüklükleri Tablo 2’de sunulmuştur (G*Power Manual, 2017; Şevgin ve Çetin, 2017; Özçomak ve Çebi, 2017).

Tablo 2: Cohen tarafından belirlenen etki büyüklüğü değerleri

Table 2: Effect size values determined by Cohen

İstatistiksel Testler	İlgili Etki Büyüklüğü	Etki Büyüklüğü Değeri		
		Küçük	Orta	Büyük
Bağımsız Ortalamaların Karşılaştırılması	$d, g^{(1)}, \Delta$	0.20	0.50	0.80
Oranlar Arası Fark Testi	$g^{(2)}$	0.05	0.15	0.25
Korelasyon Analizi	r	0.10	0.30	0.50
	r^2	0.01	0.09	0.25
Ki-kare Testi	W, ϕ, V, C	0.10	0.30	0.50
	Varyans Analizi	F	0.10	0.25
Çoklu Regresyon Analizi	η^2	0.01	0.06	0.14
	R^2	0.02	0.13	0.26
Mann-Whitney U Testi	f^2	0.02	0.15	0.35
	D	0.20	0.50	0.80
Kruskall-Wallis Testi	D	0.10	0.25	0.40

1:Hedges’in g istatistiği (2): Cohen’in g istatistiği

Eğer tek değişken durumu söz konusu ise bu değişkenin analizine uygun test için (Cohen, 1988) tarafından hesaplanan standart etki büyüklüğü değeri veya ön çalışma verilerinden hesaplanan etki büyüklüğü kullanılarak araştırma için gerekli örneklem büyüklüğü belirlenebilir. Ön çalışmanın örnekleme araştırma için gerekli örneklem büyüklüğünden daha az ise, aynı örnekleme planı kullanılarak eksik olan örnekler belirlenir ve ön çalışma örneklemine ilave edilir. Böylece araştırma için gerek ve yeter örneklem belirlenmiş olur.

Ayrıca değişkenin kesikli olduğu ve oransal farklılıkların, uyum ve ilişkilerin tek değişkenli çalışmalar için gerekli örneklem büyüklüklerini tablolaştıran çalışmalarda mevcuttur. Bu çalışmalarda bağımlı değişkenin farklı durumları için yine farklı α hatası güç

veya etki büyüklükleri dikkate alınmıştır. Bu bağlamda Kalaycıoğlu ve Akhanlı, (2020) bağımsız gruplarda t testi, tek faktörlü ANOVA ve kontenjans tablolarında χ^2 analizleri için gerekli örneklem sayılarını içeren tabloları yayınlamışlardır. Temel ve Erdoğan (2017) uyum çalışmaları için, örneklem büyüklüklerini hesaplamışlar ve sunmuşlardır. Araştırmaların güvenilirliğini sağlayan bir diğer önemli ölçü güç analizidir. Bazı araştırmalarda örneklem büyüklüğü ve güç arasındaki ilişki incelenmiştir (Jones, ve ark., 2003; Yuan ve ark., 2005; Özçomak ve Çebi, 2017). Bu araştırmalarda sunulan grafiklerden örneklem büyüklüğüne göre güç değerinin belirli bir noktaya kadar önemli düzeyde artış gösterdiği ve daha sonra örneklem büyüklüğünün güç ölçüsüne etkisinin giderek azaldığı ve daha sonra etkisizlik düzeyine (plato) ulaştığı izlenmektedir.

Çok Değişkenli Araştırmalarda Örneklem Büyüklüğü

Araştırmada birden fazla değişken bulunması durumunda α ve $1-\beta$ yine standart olarak alınabilir. Ancak etki büyüklüğü, her değişken için veya her değişken için kullanılacak test farklı olabileceği için bütün değişkenler için gerekli ve yeterli örneklem büyüklüğü sorusu nasıl cevaplanacaktır? Değişkenlerin kesikli ve sürekli olması durumunda problem daha da güçleşecektir.

Bir örnekle açıklamak gerekirse, güncel bir konu olan COVID-19 hastalığının solunum hacmi, nefes alma yedek hacmi, nefes verme yedek hacmi, rezidüel solunum hacmi vb. parametrelere etkisi ve özellikler arası ilişkiler incelenmiş olsun. Bu amaçla rutin kontrollerde normal sınırlar içinde arşiv değerleri olan hastaların tedavi sonrası ölçülen değerleri eşleştirilerek soru cevaplandırılabilir. Yeterli örneklem büyüklüğünde ve testin gerektirdiği diğer şartları sağlanması durumunda bu çalışmanın istatistiksel test metodu farklar için eşleştirilmiş gruplarda t testi ve ilişkiler için Pearson korelasyonudur. Ancak burada söz konusu olan solunum parametrelerinin her biri için beklenen fark ve standart sapma farklı olacağından etki büyüklükleri de farklı olacaktır. Her değişken için Cohen (1988) tarafından önerilen standart etki büyüklüklerinin kullanılması durumunda da tüm özellikler için t test için ve korelasyon analizi için ayrı ayrı olmak üzere üçer alternatifi bulunan (küçük, orta, büyük) etki büyüklüğü standart değerlerinden birinin alınması ne derece doğrudur. Solunum özellikleri için yeterli ve yetersiz, hasta, şüpheli, sağlam gibi kesikli özelliklerinde varlığı durumunda hastalık öncesi ve hastalık sonrası bu kategorik verilerin analizinde istatistiksel test metodu (χ^2 testleri) ve etki büyüklükleri değişecek ve örneklem hacminin belirlenmesi dahada zorlaşacaktır.

Bu problemin çözümünde birinci adım kesikli (sonuçları oransal, % verilecek) değişkenler için ayrı, sürekli değişkenler (sonuçları ortalama olarak verilecek) değişkenler için ayrı bir örneklem büyüklüğü belirlenmesidir.

Kesikli değişkenler için örneklem hacmi sürekli değişkenler için belirlenmesi gereken örneklem hacminden her zaman daha büyüktür. Sürekli değişkenler için gerek ve yeterli örneklem büyüklüğü kesikli değişkenler için yetersiz olabilir. Bu durum kesikli değişkenler için test sonucunda gerçekte var olan etki, fark veya ilişkinin anlamsız çıkmasına yani II. Tip hataya neden olabilir. Ters durumda yani kesikli değişken için gerek ve yeterli örneklem büyüklüğü sürekli değişkenler için gereğinden fazla olur ve büyük örneklem sayısı nedeniyle gerçekte olmayan bir fark, etki veya ilişkinin anlamlı çıkmasına yani I. Tip hataya neden olur.

Özetle bir çalışmada kesikli ve sürekli değişkenlerin bulunması durumunda her iki grup değişken için ayrı ayrı örneklem büyüklükleri belirlenmesi yoluna gidilmesi önerilir.

Sürekli değişkenler metrik ölçümlü değişkenlerin he biri için gerek ön çalışma verileri gerekse, Cohen veya diğer yazarlar tarafından önerilen standart etki büyüklükleri kullanılarak örneklem büyüklüğü hesaplanmalıdır. Örneklem büyüklüğü en fazla olan değişken esas alınarak bu değişkenin örneklem büyüklüğü çalışmanın örneklem büyüklüğü olarak kullanılmalıdır. Aynı durum kesikli değişkenler içinde geçerlidir. Yani en fazla deneğe ihtiyaç gösteren kesikli değişkenin örneklem büyüklüğü çalışmanın kesikli değişkenleri için örneklem büyüklüğü olmalıdır. Sürekli ve kesikli değişkenler için bu değerler minimum değerlerdir. Minimum örneklem sayısını % 10-% 20 artırmak daha güvenilir istatistiksel test sonucu üretebilecektir. Bu %10-20 oranı sezgiseldir. Birim kaybı ve ölçüm hatasının durumuna göre araştırmacı bu oranı artırabilir veya azaltabilir (Temel ve Erdoğan, 2017). Yetersiz örneklem büyüklükleri II. Tip hata gereğinden fazla örneklem büyüklüğünün I. Tip hataya neden olabileceği gerçeği göz ardı edilmemelidir.

Örneklem büyüklüğü belirlenirken araştırmacının I. Tip hata II. Tip hata ve testin gücü ne bakımından en doğru sonuçları vermesi dikkate alınırken dikkate alınması gereken bir diğer husus mevcut araştırma imkânları ve örneklem maliyetidir. Gereğinden fazla örneklem büyüklüğü daha doğru bilgi üretmeye katkıda bulunmayacak ancak daha fazla emek, işgücü ve maliyet getirecektir. Yetersiz örneklem ise gerçek bilgiyi yansıtamaması olasılığının yüksek olması riskini taşımaktadır. Bu ikinci durum da araştırmaya verilen emek ve harcanan imkânlar boşuna olacaktır. Her iki durumda imkânların israf edilmesi sonucunu verecektir. Bu nedenle araştırmacı doğru ve güvenilir bilgi ile araştırma imkân ve maliyetlerini optimize edecek örneklem büyüklüğünü belirlemek durumundadır.

Rakamlı örnek: Bir çalışmada A sığır ırkı buzağuların büyüme ve gelişme özellikleri bakımından erkek ve dişi buzağular arasında fark olup olmadığının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca aynı çalışmada kan hemoglobin tipleri (HbAA, HbAb ve HbBB) belirlenerek genetik dağılımlarının tespiti de hedeflenmiştir. Bu amaçlar doğrultusunda buzağuların üç dönem canlı ağırlığı ve altıncı ay vücut ölçüleri ve kan hemoglobin tipleri bağımlı değişkenler olarak belirlenmiştir. Buzağı popülasyonundan basit şans örnekleme ile 16 erkek 16 dişi olmak üzere toplamda 32 buzağı araştırma örnekleme olarak rastgele seçilmiştir. Ele alınan sürekli değişkenler için cinsiyetlere göre ortalamalar ve standart sapmalar (Ulutaş ve ark., 1996) tarafından yayınlanan araştırmadan alınarak rakamlı örnek için uyarlanmıştır. Geliştirilen veriler Tablo 3'te verilmiştir.

Burada söz konusu özgün araştırmanın kritiğini yapmak değil bu araştırmanın yayınlanmış bulguları ön çalışma verileri kabul edilerek çok değişkenli araştırmalar için örneklem büyüklüğünü belirleme yönteminin açıklanması amaçlanmıştır. Bu bağlamda konu aşağıdaki sorulara cevap aranarak incelenmiştir.

a) Sürekli değişkenler için yukarıda hipotezleri aydınlatma bakımından 0.05α ve $0.80 1-\beta$ güç düzeyi esas alındığında ve Cohen'in standart etki büyüklükleri kullanıldığında bu çalışma için gerekli örneklem büyüklüğü nedir. Bu örneklem ($n=32$) yeterli midir?

b) Sürekli değişkenler için ölçümlenen veriler ön çalışma kabul edilerek yine aynı α ve $1-\beta$ düzeylerinde gözlenen etki büyüklüğüne göre gerekli örneklem büyüklükleri nedir? Bu durumda ön çalışma örnekleme yeterli midir?

c) Mevcut örneklem verilerine göre sürekli değişkenler için istatistiksel test sonuçları (p) ve gözlenen güç değerleri $1-\beta^+$ nedir. Gözlenen $1-\beta^+$ değerine bu istatistiksel sonuçların anlamlı sonuçlar sağlama olasılığı nasıl yorumlanmalıdır?

d) Hemoglobin tiplerinin $p(\text{HbA}) = 0.6$, $p(\text{HbB}) = 0.4$ ön bilgisine göre genetik dağılımları için örneklem büyüklüğü yeterli midir?

Tablo 3. Cinsiyetlere göre değişkenlere ait istatistiksel ölçüler ⁽¹⁾

Table 3. Statistical measures of variables according to gender

Değ. No	Değişkenler	Gruplar				Fark $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	Ortak St. Hata $S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$
		Erkek (n=16 ⁺⁺)		Dişi (n=16)			
		\bar{X}	s ⁽⁺⁾	\bar{X}	s ⁽⁺⁾		
X 1	Doğum Ağırlığı (kg)	20.6	3.2	16.4	3.6	4.2	1.20
X 2	Sütten kesim ağırlığı (kg)	36.8	8	30.4	10	6.4	3.20
X 3	6. Ay Ağırlığı (kg)	99.8	20	74.7	25.6	25.1	8.12
X 4	6. Ay CY (cm)	84.8	6.8	79.4	8.8	5.4	2.78
X 5	6. Ay VU (cm)	87	7.6	80.3	9.6	6.7	3.06
X 6	6. Ay BÇ (cm)	103.5	8.4	94.5	10.8	9.0	3.42
X 7	6. Ay GD (cm)	40.7	2.4	37	3.2	3.7	1.00
X 8	6. Ay GÇ (cm)	108.8	8.4	101.1	10.8	7.7	3.42
X 9	6. Ay İÇ (cm)	12.1	0.8	11	0.9	1.1	0.30

(1): Veriler Ulutaş ve ark. (1996) tarafından yürütülen bir çalışmadan uyarlanarak alınmıştır.

(⁺⁺): İşlem kolaylığı sağlamak için örneklem büyüklükleri her iki grupta tüm değişkenlerde eşit olmak üzere 16 olarak alınmıştır.

(⁺): Standart sapma s, araştırmanın (1) yayınlanmış verilerinden hesaplanmıştır ($s = S_{\bar{x}} \cdot \sqrt{n}$).

CY: Cidago yüksekliği, VU: Vücut uzunluğu, BÇ: But çevresi, GD: Göğüs derinliği, GÇ, Göğüs çevresi, İÇ: İncik çevresi.

Rakamlı örnek için çözümlene sonuçları

a) Cohen'in iki yönlü t testi için büyük etki değeri 0.80, orta etki değeri 0.50'dir. Bu araştırma için gerekli örneklem büyüklüğü α 0.05 ve $1-\beta$ 0.80 esas alındığında büyük etki için her bir grupta 26 olmak üzere toplam örneklem büyüklüğü 52'dir. Aynı şekilde Cohen'in orta etki büyüklüğü için gerekli örneklem büyüklüğü $n = 128$ dir. Çalışma bu boyutuyla tüm değişkenler için gerekli örneklem büyüklüğünü sağlamamıştır.

b) Veriler değerlendirilerek her değişken için gözlenen etki büyüklüğü bu etki büyüklüğüne göre gerekli örneklem sayıları hesaplanarak Tablo 4'te sunulmuştur. Burada bağımsız iki ortalama farkı için etki büyüklüğünü hesaplamada kullanılacak ortak standart sapma S_o , Formül (5) ile hesaplandığında bu değer X1 değişkeni için 3.41 olarak bulunur. Bu değişkene ait grup ortalamaları farkı $\Delta = |20.6 - 16.4| = 4.2$, ve S_o , 3.41 değerleri ile X1 değişkeni içine etki büyüklüğü $d = \frac{4.2}{3.41} = 1.23$ olarak hesaplanır. Diğer değişkenler için gözlenen etki büyüklükleri aynı şekilde hesaplanmıştır. Gözlenen bu etki büyüklüklerine göre G*Power yazılımı kullanılarak gerekli örneklem büyüklükleri (GÖB) hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 4'te özetlenmiştir. Ayrıca çalışmaya ait gözlenen güç (Post-Hoc Power) tahminleri de hesaplanmıştır. Gözlenen güç (deneysel güç) tahminleri Özçomak ve Çebi, (2017) tarafından

tanımlanan ikinci hesaplama tekniğine göre yapılmıştır. Yani gözlenen güç değerlerini hesaplamada $\alpha=0.05$ olarak alınmış ve araştırmaya özgün etki büyüklükleri kullanılmıştır. Güç tahminlerine ait bulgular da Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4’teki sonuçlara göre 4 özellik için (X1, X3, X7, X7) örneklem büyüklüğü yeterli, 5 özelliğe araştırmanın örneklem hacmi (32) gerekli örneklem hacminden küçüktür. Bu bulgulara göre ön çalışmanın örneklemini yeterli değildir. Buradaki en yüksek örneklem büyüklüğü X4 değişkenine aittir. Bu değişken için gerekli 70 birimlik örneklem büyüklüğü esas alınmalıdır. Yani ön çalışma örneklemine 38 buzağı daha eklenmelidir.

Tablo 4. Örnek araştırma için analiz sonuçları

Table 4. Analysis results for sample research

Değ. No	Fark $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	Ortak St. Sapma So	EB (d)	GÖB (n)	Test İstatistiği (t)	Anlamlılık Durumu (p)	Gözlenen Güç (1-β ⁺)
X 1	4.2	3.41	1.23	24	3.488	0.002**	0.92
X 2	6.4	9.06	0.71	66	1.999	0.055+	0.49
X 3	25.1	22.97	1.09	30	3.091	0.004**	0.85
X 4	5.4	7.86	0.69	70	1.942	0.062 ns	0.47
X 5	6.7	8.66	0.77	56	2.189	0.037 *	0.56
X 6	9.0	9.67	0.93	40	2.631	0.013 *	0.72
X 7	3.7	2.83	1.31	22	3.700	0.001**	0.95
X 8	7.7	9.67	0.80	52	2.251	0.032 *	0.59
X 9	1.1	0.85	1.29	22	3.654	0.001**	0.94

EB: Etki Büyüklüğü (Effect Size), GÖB: Gerekli Örneklem Büyüklüğü,

Her hangi bir özellik için cinsiyetler bakımından önemlilik durumları $p<0.01$ için** $p<0.05$ için * marjinal önemlilik durumu ($0.05<p<0.10$) için + ile önemsizlik durumu $p>0.05$ için ns işaretleri kullanılmıştır.

c) Araştırmadan incelenen ağırlık ve ölçüler için tanımlayıcı ve analitik istatistik sonuçları Tablo 3’te sunulmuştur. Bu bulgulara göre $p<0.05$ varsayımı altında X2 ve X4 değişkenleri hariç diğer değişkenlerde cinsiyetler arası fark anlamlı bulunmuştur. Yani $p<0.05$ değerine sahip değişkenlerde $H_0: \mu_E = \mu_D$ hipotezine karşılık $H_1: \mu_E \neq \mu_D$ hipotezinin doğru olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu örnek çalışmada p değeri 0.05 ten küçük X2 ve X4 değişkenlerinde testin deneysel gücü 0.80 standart düzeyin yaklaşık yarı düzeyinde 0.49 ve 0.47 olarak bulunmuştur. Ayrıca X5, X6 ve X8 numaralı değişkenlerde de cinsiyetler arası fark anlamlı bulunmasına rağmen testin gücü sırasıyla 0.56, 0.72 ve 0.59 olarak standart güç düzeyi 0.80’den düşük bulunmuştur. Yani bu özellikler H_0 hipotezini reddetmede yeterli güce sahip değildir.

d) Bu buzağı çalışmasında kan örnekleri alınarak hemoglobin tipleri (HbAA, HbAb ve HbBB) bakımından teorik oranlara uyum incelenebilir. Hemoglobin tipi gen olasılıkları $p(HbA) =0.6$, $p(HbB) = 0.04$ bilinmesi durumunda teorik dağılımlar binom açılımına göre $p(HbAA) = 0.36$ $p(HbAB) =0.48$ ve $p(HbBB)=0.16$ olacaktır.

χ^2 testinde 0.05 anlamlılık düzeyi 0.80 güç ve 0.5 için Cohen’in büyük ortai büyüklüğü 0.5 olması durumunda gerek ve yeterli örneklem büyüklüğü 108’dir. Ancak olayın teorik olasılıklarından %5 sapmalı tahmin yapabilmek için olayın kendi olasılıklarının G*Power

yazılımı vasıtasıyla ürettiği etki büyüklüğü yaklaşık 0.150 olup bu durumda yukarıda kullanılan aynı α hatası ve güç düzeylerinde örneklem büyüklüğün $n=429$ 'dur. Hemoglobin tipi dağılımlarının tahmini için gerekli örneklem büyüklüğü ön çalışmanın örneklem hacmi 32 değerinden büyüktür. Ayrıca burada kesikli değişken için gerekli örneklem hacmi sürekli değişkenler için belirlenen en az 70 birimlik örneklem hacminden büyüktür.

Yukarıdaki tespitler değerlendirildiğinde bu araştırmanın özelinde, sürekli ve kesikli değişkenler için gerek ve yeterli örneklem büyüklüğü ayrı ayrı belirlenmelidir. Sürekli değişkenler için en fazla örneklem hacmi gerektiren özellik esas alınarak 70 olarak belirlenir. Çalışma 35 erkek 35 dişi hayvanla yürütüldüğünde ön çalışmada gözlenen etki büyüklüklerine göre cinsiyetler arasında fark olup olmadığı 0.05 anlamlılık, 0.80 güç düzeyinde daha güvenilir olarak analiz edilebilir. Hemoglobin tipi bakımından beklenen oranlara uyum durumu için ise en az 429 birimlik bir örneklem oluşturulmalıdır. Bu durum gerek ve yeter büyüklükte örneklem oluşturma imkânının olması halinde geçerlidir. Eğer mevcut şartlarda gerekli büyüklükte örneklem oluşturulamıyor ise mevcut sınırlı örneklem verileri kullanılarak araştırma tamamlanmalıdır. Çünkü bu sınırlı veriye sahip çalışma sonuçları en azından daha sonra bu alanda çalışacak araştırmacılar için ön bilgi olarak değerlendirilebilecektir. Ancak araştırma raporu (makale) yazılırken örneklem sınırlılığı nedeni açıklanarak bu durumun sonuçlara olası yansımalarına dikkat çekilmelidir.

Sonuç

Araştırmaların örneklem büyüklüğünü hesaplarken eğer amaç değişkenlere ait parametre tahmini ise, zaman, emek ve maliyet dikkate alınarak örneklem büyüklüğü mümkün olduğu kadar büyük alınır. Büyük örneklem, tahminin standart hatasını küçülteceği için parametrelerin güvenilirliği artacaktır. Ancak amaç hipotez testine dayalı etki veya ilişki analizi ise örneklem büyüklüğü gerekli ve yeterli düzeyde olmalıdır.

Bu çalışmada önce tek bağımlı değişken için değişkenin tek grupta ve iki grupta ölçülmesi durumu ile değişkenin kesikli ve sürekli olması durumuna göre örneklem büyüklüğünü hesaplama formülleri sunulmuştur. Hipotez testine dayalı çalışmalarda dikkate alınan önemli bir ölçü testin gücü, bir diğeri etki büyüklüğüdür. Testin gücü örneklem büyüklüğü ile ilişkilidir. Bu nedenle araştırmanın örneklem büyüklüğü belirlenirken hem I. Tip Hata hem de II. Tip hatayı dolayısıyla testin gücünü dikkate alınması gerekmektedir. Bu çalışmanın birinci bölümünün ikinci kısmında tüm bu etkenleri dikkate alarak örneklem büyüklüğünü hesaplama formülleri uygulamalı olarak tanıtılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümüne çok değişkenli araştırmalarda örneklem büyüklüğüne ışık tutacak bilgiler yine rakamlı bir örnekle sunulmuştur.

Çok sayıda bağımlı değişkenin incelenmesini amaçlayan çalışmalarda örneklem büyüklüğünü belirlemek tek değişkenli çalışmalara göre daha güçtür. Bu güçlüğü aşmak için değişkenler kesikli ve sürekli değişkenler olarak iki ana gruba ayrılır. Önce kesikli değişkenlerin (varsa) her biri için gerekli örneklem büyüklüğü hesaplanır. Sonra sürekli değişkenlerin yine her biri için gerekli örneklem büyüklüğü hesaplanır. Kesikli ve sürekli değişkenler için ayrı ayrı olmak üzere en büyük örneklem hacmi gerektiren değişkenler esas alınarak araştırmanın minimum örneklem büyüklükleri belirlenir.

Veri kaybı, hatalı ölçüm vb. durumlar dikkate alınarak minimum örneklem büyüklüğü %10-20 oranında artırılması önerilir. Genellikle sürekli değişkenler için gerekli örneklem büyüklüğü daha az olacağı için kesikli değişken örneklemeden sürekli değişken örnekleme şansa bağlı olarak seçilebilir.

Kaynaklar

- Akbulut, Ö., Yıldız, N., Orhan H. 2015. İstatistik Analizlerde Temel Formüller ve Tablolar. Aktif Yayınevi s:8-9
- Alpar, R. 2016. Uygulamalı İstatistik ve Geçerlik Güvenirlik. Detay yayıncılık. s.647
- Ankaralı, H., Ankaralı, S. 2019. Hayvan Deneğinde Verimliliği Artıracak Deney Tasarımları ve Denek Sayısı. Anadolu Kliniği Tıp Bilimleri Dergisi, Eylül 2019; 24 (3): 248-259.
- APA, 2010. American Psychological Association. (2010). Publication manual of the American Psychological Association (6th Ed.). Washington, DC
- Cohen, J. 1988. Statistical Power Analysis for The Behavioral Science. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Demir, M, Kılınç, M. 2019. Bal Tozu İkamesinin Kek Kalitesi Üzerine Etkisi . Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1 (1) , 53-58.
- Doğan, İ., Doğan N. 2020. Deney Hayvanı Kullanılan Çalışmalarda Örneklem Büyüklüğünün Kaynak Eşitlik Yöntemi ile Tahmini. Türkiye Klinikleri Biyoistatistik Dergisi,12(2):211-217
- Doğan E. 2008. Klinik Araştırmalarda Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İstatistik Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Ankara. S.167
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., Buchner, A. 2007. G*Power 3.1 A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. Behavior Research Methods, 39, 175-191.
- G*Power Manual. 2017. GPower Manual.pdf . https://www.psychologie.hhu.de/Mathematisch-Naturwissenschaftliche_Fakultaet/Psychologie/ Erişim: 01:02:2021.
- Jones, S.R. Carley,S. Harrison M. 2003. An introduction to power and sample size estimation Emergy Med. J. 20; 453-458.
- Kalaycıoğlu, O. ve Akhanlı, S.E. 2020. Sağlık araştırmalarında güç analizinin önemi ve temel prensipleri: Tıbbi çalışmalar üzerinde uygulamalı örnekler. Turk J. Public Health 18 (1) 103-112.
- Kartal, M. 2006. Bilimsel Araştırmalarda Hipotez Testleri, Nobel Dağıtım Ankara.
- Keskin, B. 2020. İstatistiksel güç bir araştırmanın sonuçlarına etki eder mi? Örneklem büyüklüğüne nasıl karar verilmeli. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 18(Armağan Sayısı) 157-174.
- Mundan, D , Bozkaya, F , Akdağ, F , Meral, B . 2017. Evaluation of Linear Type Traits in Aberdeen Angus Breed Cows from Uruguay . Journal of Advances in VetBio Science and Techniques , 2 (2) , 1-9

- Özçomak, M.S. Çebi,K. 2017. İstatistiksel güç analizi, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi Üzerine Bir Uygulama Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi 31 (2) 413-431.
- Özcan, K. 1995. Damızlık İneklerin Dış Görünüş Özelliklerine Göre Değerlendirilmesi. Türk Holstein Friesian Yet Derg, 1 (2), 7–9.
- Sullivan, L. 2020. Power and Samples Size Determination . Boston Univeristy School of Public Health Boston USA pp:1-27 Erişim: 01.15.2021. [https://www.google.com/search samples+size+estimation+Sullivan](https://www.google.com/search+samples+size+estimation+Sullivan).
- Suresh, K.P, Chandrashekar, S.2012. Sample size estimation and power analysis for clinical research studies. J Hum Reprod Sci 2012;5:7-13
- Şevgin, H., Çetin, B.2017. Eğitim araştırmalarında güç analizi ve bir uygulama. YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi 14 (1): 1462-1480.
- Temel ,G. ve Erdoğan, S.2017. Determining the sample size in agreement studies. Marmara Mesical Journal (30) 101-112.
- Ulutaş, Z., Akbulut, Ö., Tüzemen, N., Özlütürk, A. 1996. Farklı sürelerde süttten kesilen D.A.K. buzağlarında büyüme ve gelişme. Lalahan hay. Araş. Enst. Derg. 36 (2) 54-67.
- Yıldız, N., Akbulut, Ö., Bircan, H. 2020a. İstatistiğe Giriş (14. Basım) Kültür ve Eğitim Vakfı Yayınevi, Erzurum.
- Yıldız, A., Demir, P., Arslan, A. 2020b. Dondurma Üretiminde Bal Kabağı Kullanımı ve Kalite Üzerine Etkisi . Kocatepe Veterinary Journal , 13 (2) , 130-139.
- Yuan, Ke-H., Maxvel S. 2005. On the post hoc power in testing mean differences, Journal of Edicational and Bihavioral Statistics 30 (2) 141-167.