T.C

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON ÇÖZÜMLEMESİNDE FARKLI KORELASYON YAPILARINDA %80 GÜÇ İÇİN ÖRNEKLEM BÜYÜKLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ

Ayhan PARMAKSIZ

Biyoistatistik Programı

DOKTORA TEZİ

ANKARA

2019

T.C

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON ÇÖZÜMLEMESİNDE FARKLI KORELASYON YAPILARINDA %80 GÜÇ İÇİN ÖRNEKLEM BÜYÜKLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ

Ayhan PARMAKSIZ

Biyoistatistik Programı

DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. C. Reha ALPAR

ANKARA

2019

ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON ÇÖZÜMLEMESİNDE FARKLI KORELASYON YAPILARINDA %80 GÜÇ İÇİN ÖRNEKLEM BÜYÜKLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ

Ayhan PARMAKSIZ

Danışman: Prof. Dr. C. Reha ALPAR

Bu tez çalışması 16/01/2019 tarihinde jürimiz tarafından "Biyoistatistik Programı" nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	**Prof. Dr. A. Ergun KARAĞAOĞLU** *(Hacettepe Üniversitesi)*
Üye:	**Prof. Dr. Mehtap AKÇİL OK** *(Başkent Üniversitesi)*
Üye:	**Prof. Dr. Erdem KARABULUT** *(Hacettepe Üniversitesi)*
Üye:	**Doç. Dr. S. Kenan KÖSE** *(Ankara Üniversitesi)*
Üye:	**Dr. Öğr. Üyesi Sevilay KARAHAN** *(Hacettepe Üniversitesi)*

Bu tez, Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

24 Ocak 2019

Prof. Dr. Diclehan ORHAN

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan ***"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"*** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. (1)
- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir. (2)
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. (3)

16 /01/2019

Ayhan PARMAKSIZ

i

---

i *"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"*

(1) *Madde 6. 1. Lisansüstü tezle ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.*

(2) *Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.*

(3) *Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.*
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sisteminde yüklenir

** Tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.***

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Prof. Dr. C. Reha ALPAR danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

16/01/2019

Ayhan PARMAKSIZ

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlamasında Doktora eğitimim boyunca yardımlarını ve katkılarını esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. C. Reha ALPAR başta olmak üzere eğitimim süresince kendilerinden çok faydalandığım Biyoistatistik Anabilim Dalı'nın saygı değer öğretim üyelerine, araştırma görevlisi arkadaşlarıma, diğer öğrenci arkadaşlarıma, görev yapan tüm personele,

Tez izleme komitesinde çok değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. Mehtap Akçil OK ve Dr. Öğr. Üyesi Sevilay KARAHAN'a,

Tez jürisinde yer alan Prof. Dr. Ergun KARAAĞAOĞLU, Prof. Dr. Erdem KARABULUT ve Doç. Dr. S. Kenan KÖSE'ye,

Lisansüstü eğitimin ilk adımı olan yüksek lisans döneminde teşvik ve motivasyonu ile yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Atıf Ahmet EVREN'e,

Lisansüstü eğitim dönemine başlama aşamasında cesaretlendiren ve teşvik eden sevgili dostlarım Dr. Öğr. Üyesi İsmail NAKİR ve Dr. Mustafa YÜKSEL'e,

Sabır ve anlayışlarından dolayı aileme sonsuz teşekkürler ediyorum.

ÖZET

Parmaksız, A., Çoklu Doğrusal Regresyon Çözümlemesinde Farklı Korelasyon Yapılarında %80 Güç için Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyoistatistik Programı Doktora Tezi, Ankara,2019. Günümüzde istatistiksel çıkarsama yöntemleri hemen hemen bütün bilim dallarında kullanılmaktadır. Doğrusal regresyon çözümlemeleri ise söz konusu yöntemler arasında en eski ve en çok kullanılan yöntemlerden biridir. İstatistiksel yöntemlerle elde edilen bulguların, kestirilen parametrelerin ve çıkarsamaların sağlıklı olabilmesi, bu yöntemlere ilişkin varsayımların sağlanması ile olanaklıdır. Süreçle ilgili olarak hatalara düşülmemesi için bir çalışmada bulunması gereken niteliklere ilişkin kontrol listelerinden de yararlanılmaktadır. Günümüzde yapılan çalışmalarda sadece p değerini vermek yeterli görülmemekte, standart hata, güven aralığı, etki büyüklüğü ve istatistiksel güç gibi bilgilerin çalışma raporunda sunulması istenmektedir. Bu çerçevede planlanan bir doğrusal regresyon çözümlemesinin yeterli güce sahip olabilmesi için gerekli olan örneklem büyüklüğünün doğru olarak belirlenmesi çok önemlidir. Doğrusal regresyon çözümlemelerinde örneklem büyüklüğü, parmak hesabı (Rules of Thumb) olarak adlandırılan basit, pratik yaklaşımlarla belirlenmektedir. Ancak parmak hesabı yaklaşımları ile belirlenen örneklem büyüklükleri çalışmanın gücü hakkında bilgi vermemektedir. Bu nedenle planlanan bir doğrusal regresyon çözümlemesi için etki büyüklüğü ve modern güç hesabı yöntemleri ile örneklem büyüklüğü hesaplanmalıdır. Bu çalışmada, benzetim (simülasyon) yöntemi kullanılarak çoklu doğrusal regresyon analizinde farklı korelasyon yapılarında %80 güç için örnek büyüklüğü belirlenmiştir. Buna ek olarak, parmak hesabı yaklaşımları ile benzetim çalışması sonucunda istenen güç için elde edilen örneklem büyüklükleri karşılaştırılmış ve tartışılmıştır. Tez çalışmasında parmak hesabı yöntemlerinin sayılı birkaç durum dışında yeterli güce sahip örneklem büyüklüklerini sağlamadığı, etki büyüklüğü olarak ρ^2'nin tercih edilmesinin katsayı kestirimleri için gerekli örneklem büyüklüğünü belirlemede doğru tercih olmayacağı görülmüştür. Tez çalışmasında çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde gerekli örneklem büyüklüğünün, değişken sayısı, modelin kullanım amacı ve değişkenler arası korelasyonlardan etkilendiği görülmüştür. Tez çalışmasında değişkenler arası korelasyonların farklılaşmasıyla çok farklı örneklem büyüklüklerinin elde edilmesinden ötürü de alanyazında karşılaşılan özet tabloların da doğru örneklem büyüklüğünü belirlemede yeterli olmadığı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çoklu Doğrusal Regresyon Çözümlemesi, Etki Büyüklüğü, İstatistiksel Güç, Örneklem Büyüklüğü, Benzetim Çalışması.

ABSTRACT

Parmaksız, A., Determination of Sample Size for 80% Power in Different Correlation Structures in Multiple Linear Regression Analysis, Hacettepe University Graduate School of Health Scıences Doctor of Philosophy Thesis in Biostatistics, Ankara, 2019. Nowadays, statistical inference methods are used in almost all science branches. As for linear regression analysis, it is one of the oldest and the most commonly used method among these inferential methods. If findings obtained from statistical methods, parameters estimated and inferences are to be sound and reliable, assumptions related to these methods must be ensured. In order to avoid these errors checklists concerning to the qualifications which a study should have are utilized. In today's studies giving only the p values is not regarded as acceptable, instead the information like standart error, confidence interval, effect size and statistical power is asked to be presented in the report of the study. In this context, it is very important for the sample size to be determined correctly so that a planned linear regression analysis can have enough statistical power. In linear regression analyses, sample size is determined with simple and practical approaches called Rules of Thumb. However, sample sizes determined with rules of thumb do not convey any information about the power of the study. Therefore, for a planned linear regression analysis sample size should be calculated with effect size and power calculation methods. In this study, sample size was determined for 80% power in different correlation structures in multiple linear regression analysis, using simulation method. For the desired statistical power sample sizes obtained with both rules of thumb approach and simulation study was compared and discussed. In the thesis, it is seen that finger-counting methods could not provide decent powerful sample size except few cases, and that preferring ρ^2 as the effect size for factor estimates to determine the sample size is not the correct choice. It is also understood that the required accurate sample size in multiple linear regression analysis is affected by the number of independent variables, practical purpose of the model and the correlations between the variables. Moreover, it is demonstrated that the tables confronted in the literature are not sufficient to determine the accurate sample size due to gaining various sample sizes as a result of correlation change.

Key Words: Multiple Linear Regression Analysis, Effect Size, Statistical Power, Sample Size, Simulation Study.

İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR

$\boldsymbol{\alpha}$	I. Tür Hata (Anlamlılık düzeyi)
$\boldsymbol{\beta}$	II. Tür hata
$\boldsymbol{\beta_i}$	Regresyon Katsayıları
$\boldsymbol{\varepsilon}$	Hata terimi
$\mathbf{f^2}$	Regresyon çözümlemesinde Cohen'in önerdiği etki büyüklüğü
$\mathbf{H_0}$	Yokluk hipotezi
$\mathbf{H_A}$	Alternatif hipotezi
k	Bağımsız değişken sayısı
$\boldsymbol{\lambda}$	Merkez dışılık parametresi (F dağılımı için)
$\boldsymbol{\rho_{xx}}$	Bağımsız değişkenler arası korelasyon matrisi
$\boldsymbol{\rho_{xy}}$	Bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arası korelasyon vektörü
$\boldsymbol{\rho_{x_i x_j}}$	i'inci bağımsız değişken ile j'inci bağımsız değişken arası Pearson korelasyon katsayısı
$\boldsymbol{\rho_{x_i y}}$	i'inci bağımsız değişken ile bağımlı değişken arası Pearson korelasyon katsayısı
$\boldsymbol{\rho^2}$	Evren açıklayıcılık katsayısı
$\mathbf{R^2}$	Evren açıklayıcılık katsayısı için kestirim değeri
$\mathbf{\hat{R}^2}$	Düzeltilmiş R^2 değeri
$\mathbf{R_c^2}$	Çapraz geçerlik R^2 değeri
p	Hesaplanan I. Tür hata

ŞEKİLLER

TABLOLAR

1. GİRİŞ

Regresyon çözümlemesi, bir veya daha çok bağımsız değişken ile bir bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi modellemek üzere matematiksel bağıntılar bulma sürecini kapsayan istatistiksel yöntemler kümesidir (1,2).

Özellikle sağlık alanında direkt ölçümün risk, maliyet veya zorluk nedenlerinden ötürü dolaylı ölçümlerle kestirilmesi gerektiği durumlarda regresyon çözümlemesi sıklıkla kullanılmaktadır. Sosyal bilimlerde ise regresyon çözümlemesi, gözlemlenen bir durum/olgu için teorik olarak öngörülen ilişkili değişkenlerin etkisini test etmek veya miktarını ölçmek için oldukça sık olarak başvurulan bir yöntemdir.

Regresyon terimi amaç daha çok tahmin yapmak (yordama), korelasyon terimi ise daha basitçe ilişkiyi ölçümlemek olduğunda kullanılmalarına rağmen birbirinin yerine kullanıldığı sıkça görülür (2). Regresyon çözümlemesi bu açıdan bakıldığında teorik temele dayalı bir modeli test edebilen, bağımsız (açıklayıcı) değişken(ler)in bağımlı (açıklanan) değişkeni ne derecede açıkladığını belirleyebilen ve bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi tümel olarak değerlendirerek, bağımsız değişkenler arasında önem sıralaması yapabilen bir istatistiksel yöntemdir.

Yukarıda sıralanan amaçlar doğrultusunda regresyon çözümlemesi, birçok bilim dalında sıklıkla kullanılan bir yöntem olmasına karşın hesaplanması gereken birçok istatistiği barındırması, model yeterliğinin, geçerliğinin ve genellenebilirliğinin test edilmesi gibi oldukça karmaşık bir süreci barındırması yönüyle de hatalı/eksik kullanım veya yorumlamalara sıklıkla rastlanan bir istatistiksel yöntemdir (1). Regresyon çözümlemesinde, elde edilen sonuç modelin hangi amaçla kullanılması planlanmış ise ilgili amaç doğrultusunda, güvenilir istatistikler (açıklayıcılık katsayısı ve katsayı kestirimleri) üretmesi beklenir. Aksi durumda yanlış yorum ve çıkarsamalar yapılabilmektedir. Planlanan çalışma için modelin güvenilir istatistikler üretmesi için yapılması gereken ilk adım ise yeterli örneklem büyüklüğünün belirlenmesidir.

Bütün istatistiksel çözümleme yöntemleri için gerekli olan örneklem büyüklüğünün belirlenmesi süreci yöntemin karmaşıklığı ile ilişkili olarak zorlaşmaktadır. Alanyazında çoklu doğrusal regresyon çözümlemelerinde örneklem büyüklüğünü belirleme süreci temel olarak 3 farklı yaklaşım ile yapılmaktadır.

Bunların ilki parmak hesabı (*rules of thumb*) olarak adlandırabileceğimiz geleneksel yöntemlerdir. Parmak hesabı yaklaşımı genellikle bağımsız değişken sayısı ile ilişkilidir. Parmak hesabı bağıntıları, kullanımı kolay ve pratik olması yönüyle tercih edilmesine karşın, bu bağıntılar birbirleri ile tutarsız sonuçlar üreten, oldukça genelleyici, genellikle de yetersiz örneklem büyüklüğü üretmesi yönüyle eleştirilmektedir.

İkinci yaklaşım, güç analizi işlemleri ile hesaplama yapmaktır. Bu yaklaşım yeterli örneklem büyüklüğü üretmede çok başarılı olmasına karşın analiz yönteminin karmaşıklığına bağlı olarak önsel etki büyüklüğünün belirlenmesi gerekliliğinden dolayı uygulamada kolay olamayan, araştırmacıların genelde tercih etmediği bir yaklaşımdır.

Üçüncü yaklaşım ise örneklem büyüklüğünün çapraz geçerlik yöntemi ile hesaplanmasıdır. Bu yaklaşım da önsel bilgiler gerektirmektedir (3).

Bu çalışma kapsamında çoklu doğrusal regresyon çözümlemeleri için örneklem büyüklüğünün belirlenmesine yönelik çalışmalar değerlendirilmiş, güç analizi prosedürlerine uygun çalışmalar temel alınarak, sabit ve değişen korelasyon ilişkileri altında benzetim uygulamaları yapılacak, bulunan sonuçlar tartışılacaktır. Yapılan benzetim uygulamalarının sonuçları bir tabloda özetlenerek araştırmacılar için kılavuz olması amaçlanmıştır. Ayrıca çoklu doğrusal regresyon çözümlemesi için örneklem büyüklüğünü belirme sürecinde dikkat edilmesi gereken noktalara dikkat çekilerek araştırma ve analiz süreçlerinde daha doğru adımlar atılmasına yardımcı olmak amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Regresyon Çözümlemesi

Regresyon terimini ilk kullanan 18. yüzyılın en önde bilim insanlarından olan Francis Galton olmuştur. Genetik ve kalıtım üzerine çalışmalar yapan Galton korelasyon ve regresyon kavramlarını geliştirmiştir. Pearson'a (1930) göre Galton ilk regresyon doğrusunu 1877'de bir derste sunmuştur. Galton, genetik (soya çekim) üzerine çalışmalar yapmış, çalışmaları korelasyon ve regresyon çözümlemelerinin temelini oluşturmuştur. Çalışmaları sürecinde Galton'ın bir meslektaşı ve araştırmacısı olan Karl Pearson, Galton'ın ölümünden sonra aynı zamanda Galton'ın çalışmalarını sürdürmüştür. Her ne kadar günümüzde de yaygın olarak kullanılan korelasyon katsayısı Pearson korelasyon katsayısı olarak bilinse de bu kavram esasında Galton'ın çalışmalarına dayanmaktadır. Galton çalışmalarında birden çok faktörün etkisini de tasarlamış böylece çoklu regresyon çözümlemesinin de temellerini atmıştır (4). Galton'ın çalışmalarını devam ettiren Pearson (1908) çoklu regresyon terimini ilk kullanan bilim insanıdır (5).

Alanyazında bağımlı değişken kavramı, yanıt/çıktı/sonuç/açıklanan değişken, bağımsız değişken ise kontrol/girdi/açıklayan değişken olarak (kimi zaman İngilizce karşılıkları ile) isimlendirildiği görülmektedir.

Regresyon modelleri değişken sayısı ve veri türüne göre farklı isimlerle sınıflandırılmaktadır. Bağımsız değişken sayısı bir ise basit (*simple*) regresyon, birden çok ise çoklu (*multiple*) regresyon çözümlemesi olarak sınıflanır.

Bağımlı değişken açısından ise bağımlı değişken nitel ise lojistik (*logistic*) regresyon olarak sınıflandırılır.

Bağımsız değişkenlerin hepsi nitel değişken olduğunda ise model varyans analizi (*analysis of variance*), bir kısmı nitel bir kısmı nicel ise kovaryans analizi (*analysis of covariance*) olarak sınıflandırılır.

Bunların dışında bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arası ilişki (gerekirse veriye dönüşüm uyguladıktan sonra) doğrusal ise ve tüm parametreler modele doğrusal olarak girerse doğrusal (*linear*) regresyon, aksi halde ise doğrusal olmayan (*nonlinear*) regresyon olarak sınıflandırılan regresyon modelleridir. Bunlara bağlı olarak kullanılan çözümleme yöntemine göre de parametrik (*parametric*), parametrik olmayan (*nonparametric*) ve yarı parametrik (*semiparametric*) regresyon modelleri şeklinde sınıflandırmalar vardır (6).

2.2. Basit ve Çoklu Doğrusal Regresyon Modelleri

Regresyon çözümlemesi, bir bağımlı değişken ile bir veya daha çok bağımsız değişken arasındaki nedensel ilişkiyi tanımlamak veya tahmin etmek/kestirmek için kullanılan istatistiksel modellerdir. Bu tanım çerçevesinde bir regresyon modeli, Y bağımlı değişken, k bağımsız değişken sayısı ve X'ler bağımsız değişkenler olmak üzere;

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k) + \varepsilon \tag{2.1}$$

şeklinde ifade edilir. Yukarıdaki ifade de yer alan ε terimi hata terimi olarak adlandırılır ve bu terim, modelle elde edilen kestirim değeri ile gerçek değer arasındaki uyumsuzluğu gösterir. Eşitlik 2.1'de görülen $f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k)$ ifadesi, modelin doğrusal veya doğrusal olmayan şeklinde tanımlanmasını sağlar.

Eşitlik 2.1'de ifade edilen matematiksel model

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \cdots + \beta_k X_k + \varepsilon \tag{2.2}$$

biçiminde yazıldığında en genel şekliyle hem değişkenleri hem de parametreleri açısından bir çoklu doğrusal regresyon modelidir. Ancak bir takım modeller örneğin;

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_1^2 + \varepsilon \tag{2.3}$$

şeklindeki bir regresyon modeli değişkenler arasında doğrusal olmayan bir ilişkiyi,

$$Y = \beta_0 X^{\beta_1} e^{\varepsilon} \tag{2.4}$$

şeklindeki bir regresyon modeli ise parametreleri açısından doğrusal olmayan bir modeli ifade eder. Fakat Eşitlik 2.3 deki modelde yer alan X_1^2 ifadesi, yeni bir değişken olarak X_2 şeklinde tanımlandığında

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon \qquad (2.5)$$

şeklinde bir model elde edilir ve bu yeni biçim ile model doğrusal bir modele dönüşmektedir.

Eşitlik 2.4'de her iki tarafın logaritması alındığında Eşitlik 2.6'daki gibi bir doğrusal modele ulaşılır.

$$\log(Y) = \log(\beta_0) + \beta_1 \log(X) + \varepsilon \qquad (2.6)$$

Görüldüğü üzere gerek değişkenleri yönüyle gerekse parametreleri yönüyle doğrusal olmayan bazı modeller uygun dönüşüm(ler) yardımıyla doğrusal modellere dönüştürülebilirler ve bu modeller genel olarak doğrusal regresyon modelleri sınıfına girerler. Fakat her hangi bir dönüşüm sonucunda doğrusallığın sağlanamadığı modeller de vardır ve bu modeller de doğrusal olmayan regresyon modelleri olarak sınıflandırılır.

Özetle gerektiğinde dönüşüm yapılmak kaydıyla bir bağımsız değişken ile kurulan doğrusal modellere basit doğrusal model, birden çok bağımsız değişken ile kurulan modele ise çoklu doğrusal model denir ve basit doğrusal regresyon model

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon \qquad (2.7)$$

şeklinde, çoklu doğrusal regresyon model ise Eşitlik 2.2'deki şekilde ifade edilir.

Doğrusal regresyon çözümlemesi ise teorik altyapıya dayalı bir modelin Eşitlik 2.7 veya Eşitlik 2.2'de belirtilen matematiksel ifadesine ilişkin tümel model anlamlılığının test edilmesi, bağımlı değişkendeki varyansın model tarafından açıklanan miktarını ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken ile ilişkisini ifade eden katsayılara (parametrelere) ilişkin istatistikleri kestirmek olarak tanımlanabilir.

Doğrusal regresyon çözümlemesinde parametre kestirimleri için en sık kullanılan yöntem en küçük kareler (EKK) yöntemidir. Belirli varsayımlar altında bu yöntem uygun istatistikler (kestiriciler) üretir. Ayrıca daha az sayıda varsayım ile çalışan maksimum olabilirlik, ridge regresyon gibi yöntemler de vardır (1,6).

2.3. Hipotez Testleri

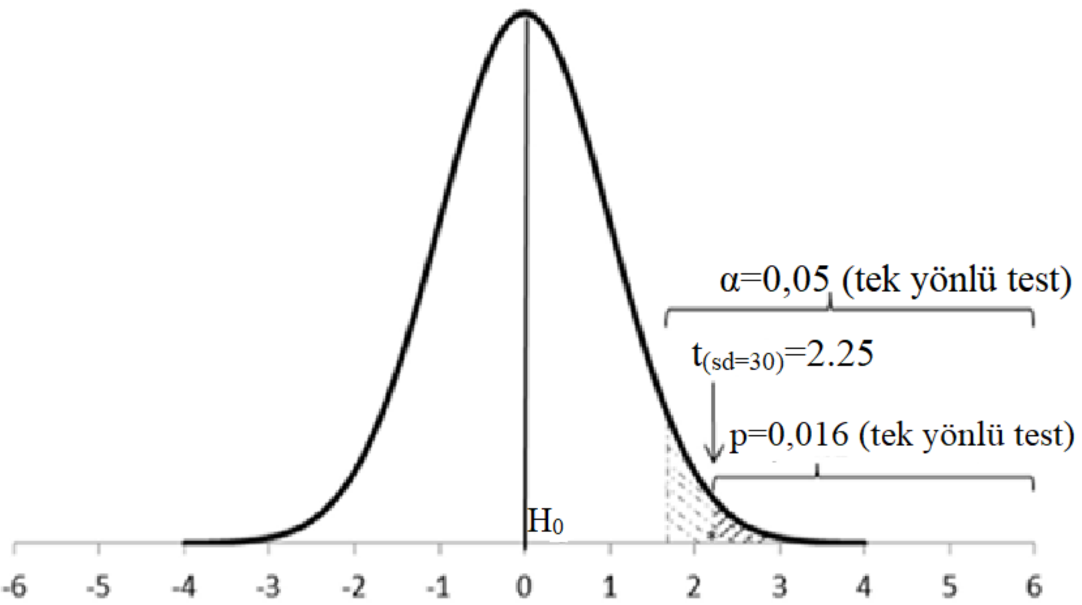
İstatistiksel çıkarsama yöntemleri içinde en sık karşılaşılan yöntemlerden biri doğruluğu ispatlanmamış bir savın test edilmesinde kullanılan hipotez (önemlilik) testleridir (7).

Hipotez testlerinin gelişim sürecinde 3 önemli dönem vardır. Bunların ilki Fisher'in (1925), ikincisi Neyman-Pearson'ın (1928), sonuncusu ise Lindquist'in (1940) çalışmalarıdır (8,9).

Tüm zamanların en iyi istatistikçilerinden kabul edilen, varyans analizi dahil günümüzde kullanılan bir çok istatistiksel yöntemin temelini atan Sir Ronald Aymler Fisher, hipotez testi yaklaşımını öneren kişidir (10). Fisher'in yaklaşımında sadece H_0 (yokluk) hipotezinin test edilmesi söz konusu olup alternatif hipotez yoktur. Bulunan p istatistiği, H_0 hipotezine karşı kanıt sayılır ve sonuç aşamada H_0 hipotezi reddedilir veya reddedilmez.

Fisher'in yaklaşımına göre; H_0 hipotezine karşı bir kanıt olarak p değeri kullanıldığından p değerinin tam sonucunun rapor edilmesi önemlidir ve p ne kadar küçük ise H_0'a karşı o derece kuvvetli kanıt sayılır. Önsel olarak bir p değerinin belirlenmesi gerekmediğinden karar okuyucuya bırakılmasına rağmen, Fisher H_0 hipotezini reddetmek için 0,05 veya 0,01 anlamlılık seviyesinin kullanılabileceğini belirtmiştir (8,9,11). Fisher'in teorisine uygun bir H_0 hipotez test süreci Şekil 2.1'de görülmektedir. Şekil 2.1 de; test edilen H_0 hipotezinin (yokluk hipotezi) teorik dağılımı altında, 30 serbestlik derecesi (sd) için hesaplanan t değeri ve karşılık gelen p olasılığı görülmektedir (8). Hesaplanan t değeri 2,25 ve karşılık gelen p değeri ise 0,016'dır. Araştırmacı elde ettiği bulgu ile H_0 hipotezini reddeder, H_0 hipotezinin doğruluğuna karşı kuvvetli bir kanıt elde etmiş olur.

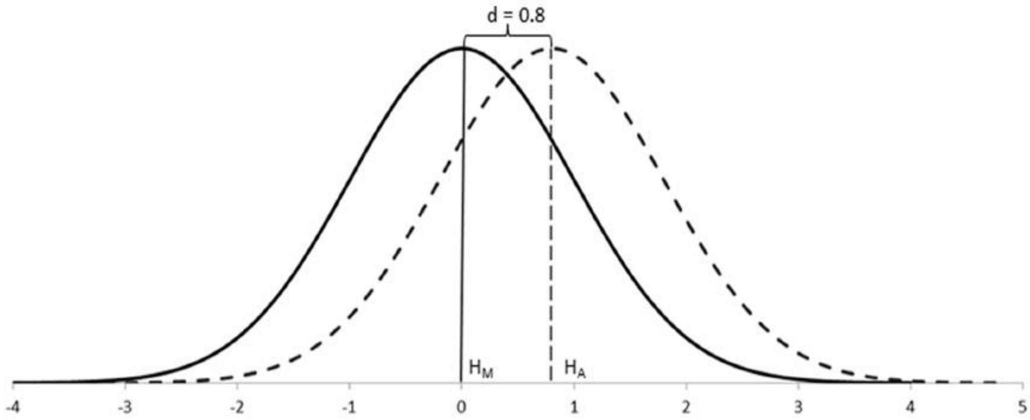
Asıl olarak H_0 hipotezinin doğruluğu hakkında bir bilgimiz yoktur. Elde edilen istatistik, H_0 hipotezinin doğruluğu varsayımı altında bulunan sonucun gerçekleşme olasılığı hakkında bir bilgi verir.



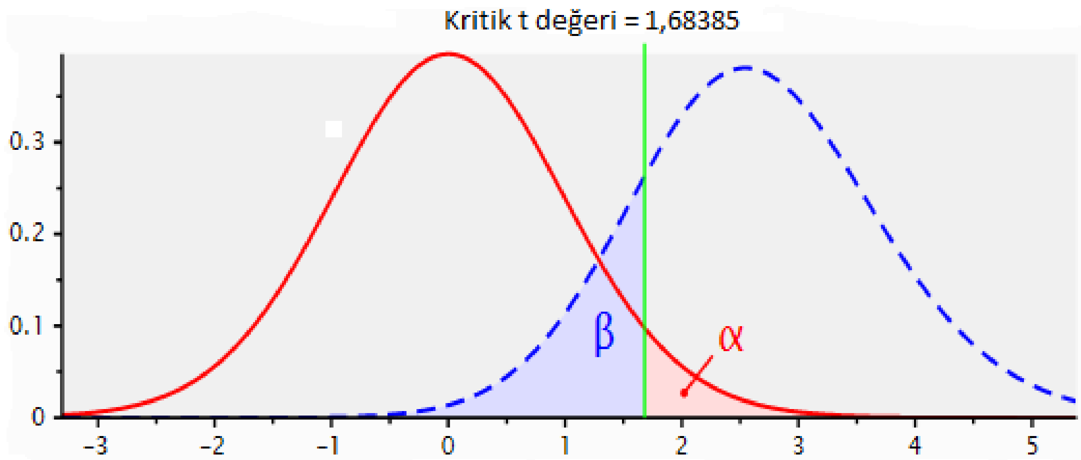
Şekil 2.1. Fisher'in teorisine göre hipotez testi ve hesaplanan $t_{(sd=30)}$ değeri ile karşılık gelen p olasılığı (8)

Jerzy Neyman ve Agon S. Pearson'ın 1928 de tanıttıkları yaklaşımlarında ise H_M hipotezine karşı alternatif hipotez (seçenek hipotezi) kavramı ile birlikte önsel olarak belirlenen ve değişmeyen (sabit olarak kalan) kritik değer (*critical value*), bu değere bağlı bir olasılık değeri olan alfa (I. Tür hata), beta (II. Tür hata) ve istatistiksel güç kavramlarından söz edilmiştir. Fisher bu fikirlere son derece sert bir şekilde karşı çıkmıştır (8).

Neyman-Pearson'a göre Şekil 2.2'de görülen iki popülasyon dağılımına ilişkin, ortalamalar arası farkın test edilmesi süreci Şekil 2.3'de görülmektedir. Şekil 2.3'de H_M hipotezine karşı H_A (alternatif) hipotezi ve örneklem dağılımları (*sampling distributions*) görülmektedir.



Şekil 2.2. Aralarında büyük fark olan (etki büyüklüğü: Cohen d=0,8) ve 1 standart sapmalı normal dağılıma sahip iki popülasyon örneği (8)



Şekil 2.3. Neyman-Pearson teorisine göre β=0,20, α=0,05 ve Cohen d=0,8 için her bir popülasyondan çekilen 21'er gözlem için örneklem dağılımı

1940'lardan sonra ise bu iki model "Hibrit Teori" adıyla birleşmiş, günümüze kadar daha çok "Yokluk Hipotezi Önemlilik Testi" (*Null Hypothesis Significance Test/NHST*) adıyla kullanıla gelmiştir (8,9).

Fisher ile Neyman-Pearson teorileri arasındaki önemli farklardan biri; p değerinin anlamı ve raporlanması üzerinedir. Neyman-Pearson'ın teorisi bir karar testidir ve p değerinin önsel olarak belirlenen I. Tür hatadan (α) küçük olup olmadığına bakılır.

Fisher'in teorisi ise bir önemlilik testidir ve p değeri, H_0 hipotezine karşı kanıtın kuvvetinin işareti sayıldığından p'nin tam değeri raporlanır çünkü p ne kadar küçükse o kadar kuvvetli kanıt olarak değerlendirilir.

Hibrit teori ise Neyman-Pearson teorisindeki gibi alternatif hipotezi de sürece dâhil etmekte fakat p değerinin raporlanması Fisher'in teorisinde önerdiği şekilde tam olarak yapılmaktadır (8,11,12).

Yokluk Hipotezi Önemlilik Testi kısaca Hipotez Testleri veya Önemlilik Testleri olarak anılmaktadır. Hipotez testlerinde, H_0 hipotezin test edilmesi durumunda olası dört durum vardır (Tablo 2.1). Bunlardan ikisi doğru kararlardır; H_0 gerçekte doğru iken H_0'ı reddetmemek/kabul etmek veya H_0 gerçekte yanlış iken H_0'ı reddetmek, diğer ikisi ise hatalı kararlardır; H_0 gerçekte doğru iken reddetmek (I. Tür hata/α) veya H_0 gerçekte yanlış iken reddetmemek/kabul etmek (II. Tür hata/β). Bu iki tür hatanın kabul edilebilir seviyede olması her araştırma için gerekli ve önemlidir. Araştırmacı elbette bu hataların küçük olmasını ister fakat I. Tür hatayı azaltmak (kritik değeri daha büyük bir değer seçmek), II. Tür hatanın artmasına neden olur (8,11,12).

Söz konusu hata türleri, H_0 hipotezinin gerçekte olası iki durumu (yanlış veya doğru) ile ilgili birer hatadır ve araştırmacı, bu iki durumdan sadece birini (genellikle de H_0 doğru varsayımını) test ettiğinden, analize ilişkin I. Tür hatayı hesaplayabilir. Fakat araştırmacı, aynı anda iki durumu da test edemeyeceğinden, II. Tür hatayı ancak önsel olarak kontrol edebilir ki bu da bizi güç analizinin gerekliliğine götürür.

Tablo 2.1. Hipotez Testinde Doğru Kararlar ve Hatalar

Hipotez Testi Sonucu	**Gerçek Durum**	
	H_0 Doğru	**H_0 Yanlış**
H_0 Kabul	Doğru Karar (1-α)	II. Tür Hata (β)
H_0 Red	I. Tür Hata (α)	Doğru Karar (1-β)

2.4. Güç Analizi

Bir hipotez testinde H_0 hipotezi test edilirken yukarıda da söz edildiği üzere iki tür hata yapılabilir. Bu hataların ilki α (alfa) olarak adlandırdığımız I. Tür hatadır ki bu hata türü analiz sonrasında hesaplanırken, β (beta) olarak adlandırdığımız II. Tür hata ise önsel olarak kontrol edilebilir.

I. Tür hata H_0 hipotezi gerçekte doğru iken yanlışlıkla reddetme olasılığıdır. I. Tür hata için öngörülen en yüksek sınır genellikle 0,05; 0,01 veya 0,001 olarak belirlenir ve anlamlılık düzeyi olarak adlandırılır. Analiz sonrası hesaplanan p değeri (hesaplanan α, yani hesaplanan I. Tür hata) 0,03 ise H_0 hipotezi doğru olduğu varsayımı altında H_0'ı yanlışlıkla reddetme olasılığı % 3 dür yani H_0 gerçekte doğru iken 100 farklı örneklemle çalışılsa 3'ünde elde edebilecek bir sonuç elde edilmiş demektir. Bir başka ifade ile şansa bağlı olarak H_0 gerçekte doğru iken elde ettiğimiz sonucun olasılığıdır. Güven düzeyi olarak (1 - α) adlandırılan olasılık ise gerçekte doğru olan H_0 hipotezini kabul etme olasılığıdır (7, 12, 13).

II. Tür hata ise H_0 hipotezi gerçekte yanlış iken kabul etme olasılığıdır veya reddedilmesi gereken H_0 hipotezinin reddedilmeme olasılığıdır. Genellikle de bu hatanın 0,20'yi aşmaması istenmekle birlikte 0,10 veya 0,05 sınırlamaları da birer seçenektir. Bu hataya karşılık, gerçekte yanlış olan H_0 hipotezi reddetme olasılığı ise istatistiksel güç (1-β) olarak adlandırılır. İstatistiksel güç, kısaca gerçekte var olan bir etkinin belirlenebilme olasılığı olarak da tanımlanabilir (14).

Gerek sağlık gerek eğitim alanlarında yapılan birçok çalışmada, kullanımda olan bir yönteme (tedavi, uygulama, vb.) karşı alternatif bir yöntem test edilir. Bu durumda iki yöntem arasında anlamlı kabul edilen bir farkı (yani H_0 gerçekte yanlış iken) fark yoktur şeklinde karar vermek ciddi bir hata olabileceğinden II. Tür hatanın düşük olması yani çalışmanın gücünün yüksek olması çalışmanın güvenirliği açısından çok önemlidir (15).

İstatistiksel gücün önemi üzerine vurgu yapan ilk kişi Jacop Cohen'dir. Cohen (1962) çalışmasında 70 makaleyi incelemiş, yeterli istatistiksel güce sahip olmayan bir çalışmanın sorunlarını dile getirmiştir (16). Yine de araştırmacıların örneklem büyüklüğü endişesinden dolayı yeterince dikkate alınmamıştır. Cohen'in

1988 yılında yayınladığı “*Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*” kitabı birçok güç tablosunu barındırmakta olup halen bir başvuru kitabı olarak kullanılmaktadır. Cohen’e göre istatistiksel güç, matematiksel tanımının (1-β) ötesinde bir anlam taşımaktadır ve belirli bir gerçek etkinin varlığı varsayımı altında araştırmacıya H_0 hipotezini ispatlama şansı tanımaktadır (17). Bir başka bakış açısıyla H_0 hipotezi kabul edildiğinde, bu kararın örneklem büyüklüğünün yetersizliğinden kaynaklanma olasılığını kontrol altında tutarak, pratikte anlamlı kabul edilemeyecek bir etkinin varlığını göstermek olarak düşünülebilir.

Güç analizi I. Tür hata, II. Tür hata, etki büyüklüğü, örneklem büyüklüğü kavramlarıyla ilgilidir ve bu kavramların üçü bilindiğinde dördüncüsü hesaplanabilir. Durum ve amaca göre farklı isimlendirmeler altında güç analizi süreçleri bulunmaktadır. Genellikle güç analizi olarak anılan; araştırmacının çalışma öncesinde I. Tür, II. Tür hata oranları ve beklenen etki büyüklüğü için örneklem büyüklüğünün hesaplandığı teorik (*priori-prospektif*) güç analizidir. Eğer beklenen etki büyüklüğü, I. Tür hata ve çalışılması planlanan örneklem büyüklüğüne bağlı olarak güç hesaplanmak istenirse bu tip bir güç analizi, deneysel (Post-Hoc veya retrospektif) güç analizi olarak tanımlanmaktadır. O'Keefe (2007) makalesinde post-hoc, retrospective, ulaşılan (*achieved*) ve gözlenen (*observed*) güç kavramlarının oluşturduğu karmaşayı dile getirmiş ve anlamları üzerine tartışmıştır (18). Bazı bilimsel dergiler özellikle H_0 hipotezinin reddedilmediği sonuçlar için gözlenen güç değerinin raporlanmasını istemektedirler (18,19,10).

Bu çalışmadaki benzetim senaryoları deneysel güç analizine dayanmaktadır. Temel olarak “Çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde, beklenen etki büyüklüğü (korelasyon yapısı) ve I. Tür hata sabit iken %80 güç için gerekli olan örneklem büyüklüğü nedir?” sorusuna yanıt aranacaktır. Deneysel güç analizi sürecinde belirtildiği üzere I. tür hata, etki büyüklüğü sabit iken farklı örneklem büyüklüklerinde güç değerleri hesaplanacak, %80 güce ulaşıldığında ilgili örneklem büyüklüğü bulgu olarak raporlanacaktır.

2.5. Etki Büyüklüğü

Etki büyüklüğü, en basit tanımı ile karşılaştırılan iki grup için ölçüm ortalamaları arasındaki (pratik anlamlılığa sahip) fark; istatistiksel güç ise, gerçekte yanlış bir H_0 hipotezinin reddedilme olasılığı olarak tanımlanabilir. Bu tanımlamaya göre; bir analizin gücü %80 ise, pratik anlamlılığa sahip belirli bir farka (alternatif hipoteze) karşı araştırmacının H_0 : "İki grup ortalamaları arasında fark yoktur" hipotezini reddedebilme şansının/olasılığının %80 olduğu yorumu yapılabilir (21).

Eğer alternatif hipotezde öngörülen/beklenen fark, gerçek farktan büyük olarak belirlenir ise (örneklem büyüklüğü sabit kalmak şartı ile) istatistiksel güç azalır, yani pratik anlamlılığa sahip bir farkın varlığında H_0 hipotezinin reddedilme olasılığı düşer. Başka bir açıdan da; gerçek etki büyüklüğü ne kadar büyük olursa sabit bir güç (örneğin %80) için gerekli olan örneklem büyüklüğü azalacaktır. Dolayısıyla güç analizi için en sorunlu, karmaşık ve zor olan kısım etki büyüklüğünün belirlenmesidir. Etki büyüklüğü, alanyazın taramasından elde edilen bilgiler ışığında, pilot çalışmalar yoluyla veya araştırmacı kendi deneyimine dayalı olarak belirleyebilir. Kimi zaman da standart etki büyüklüğü ölçülerinden faydalanma yoluna gidilebilir.

Her bir bağımlı değişken için ölçüm birimi farklı olacağından alternatif hipotez için belirlenen fark da her değişken için farklı olacaktır. Söz konusu fark, standartlaştırılmamış fark (Δ) olarak adlandırılabilir. Cohen, iki grup ortalamaları arasındaki standartlaştırılmamış farkı; birleştirilmiş (*pooled*) standart sapmaya oranlayarak

$$d = \Delta/\sigma_{birleştirilmiş} \tag{2.8}$$

standartlaştırılmış bir farka dönüştürmüştür. Eşitlik 2.8'deki birleştirilmiş standart sapma n_1 ve n_2 gruplardaki gözlem sayısı olmak üzere birleştirilmiş standart sapma

$$\sigma_{birleştirilmiş} = \sqrt{\frac{(n_1-1)\sigma_1^2+(n_2-1)\sigma_2^2}{n_1+n_2-2}} \tag{2.9}$$

şeklinde ifade edilir. Cohen Eşitlik 2.8 ile elde ettiği oranlarını sınıflamış ve 0,20-<0,50; ≤0,50-<0,80; ≥0,80 aralıklarını sırasıyla küçük etki, orta etki ve büyük etki olarak tanımlamıştır (17). Eşitlik 2.8'de görülen ifade Cohen'in etki büyüklüğü indeksi veya kısaca "Cohen d" olarak kullanılmaktadır. İki grup ortalamaları arasındaki farka ilişkin etki büyüklüğü olarak Cohen d'nin yanı sıra; hem birleştirilmiş hem de ağırlıklandırılmış standart sapma ile hesaplanan Hedges g ve sadece kontrol grubunun standart sapması kullanılarak hesaplanan Glass Δ da alanyazında kullanılmaktadır.

Etki büyüklüğü, iki grup arasında ortalamalar arası fark olabileceği gibi, verinin ölçüm düzeyine bağlı olarak oranlar arası fark da olabilir. Gruplar arası farka ilişkin etki büyüklüklerinin yanı sıra tek kitle değerine ilişkin hipotezler için ve değişkenler arası ilişkilerin ölçüsü olarak da etki büyüklüğü tanımlamaları vardır. İki değişken arasında ilişkinin ölçüsü olan korelasyon katsayısı ve bir regresyon çözümlemesinde model tarafından bağımlı değişkene ilişkin açıklanan varyans miktarı olan açıklayıcılık katsayısı, ilişki ölçüsü etki büyüklükleri olarak sayılabilir. Ayrıca bir varyans analizi için yine açıklanan varyans oranı olarak eta-kare de bir etki büyüklüğü ölçüsüdür. Kısaca farklı araştırma soruları ve analiz yöntemlerine bağlı olarak farklı standartlaştırılmış etki büyüklüğü ölçüleri bulunmaktadır. Korelasyon katsayısı gibi bazı etki büyüklüğü indeksleri ise ilk tanımlandıklarında bir etki büyüklüğü indeksi olarak önerilmemiş, sonraki dönemlerde, etki büyüklüğü üzerine yapılan çalışmalardan sonra etki büyüklüğü indeksi olarak tanımlanmışlardır (22).

Tek değişkenli yöntemler için etki büyüklükleri 3 grupta toplanabilir; ilişki, grup farkı ve grup çakışması. Bunların dışında çok değişkenli analizler için önerilen indeksler de ayrı bir grup olarak değerlendirilebilir. İlişki indeksleri temelde korelasyon katsayısına (r) dayanır, grup farklarına ilişkin indeksler Cohen d'ye (1962) ve grup çakışma indeksleri (Kelley (1920) ve Tilton (1937)) ise iki dağılımın çakışma (ortak alan) yüzdesi üzerine kuruludur. Cohen (1969) grup çakışması yaklaşımını etki büyüklüğü nitelemesi için kullanmıştır. Çok değişkenli indeksler ise çoklu korelasyon veya çoklu regresyon modellerinde kullanılan f tipi indeksler olarak tanımlanır. Cohen (1977) çoklu regresyon için;

$$f^2 = \frac{R^2}{1-R^2} \tag{2.10}$$

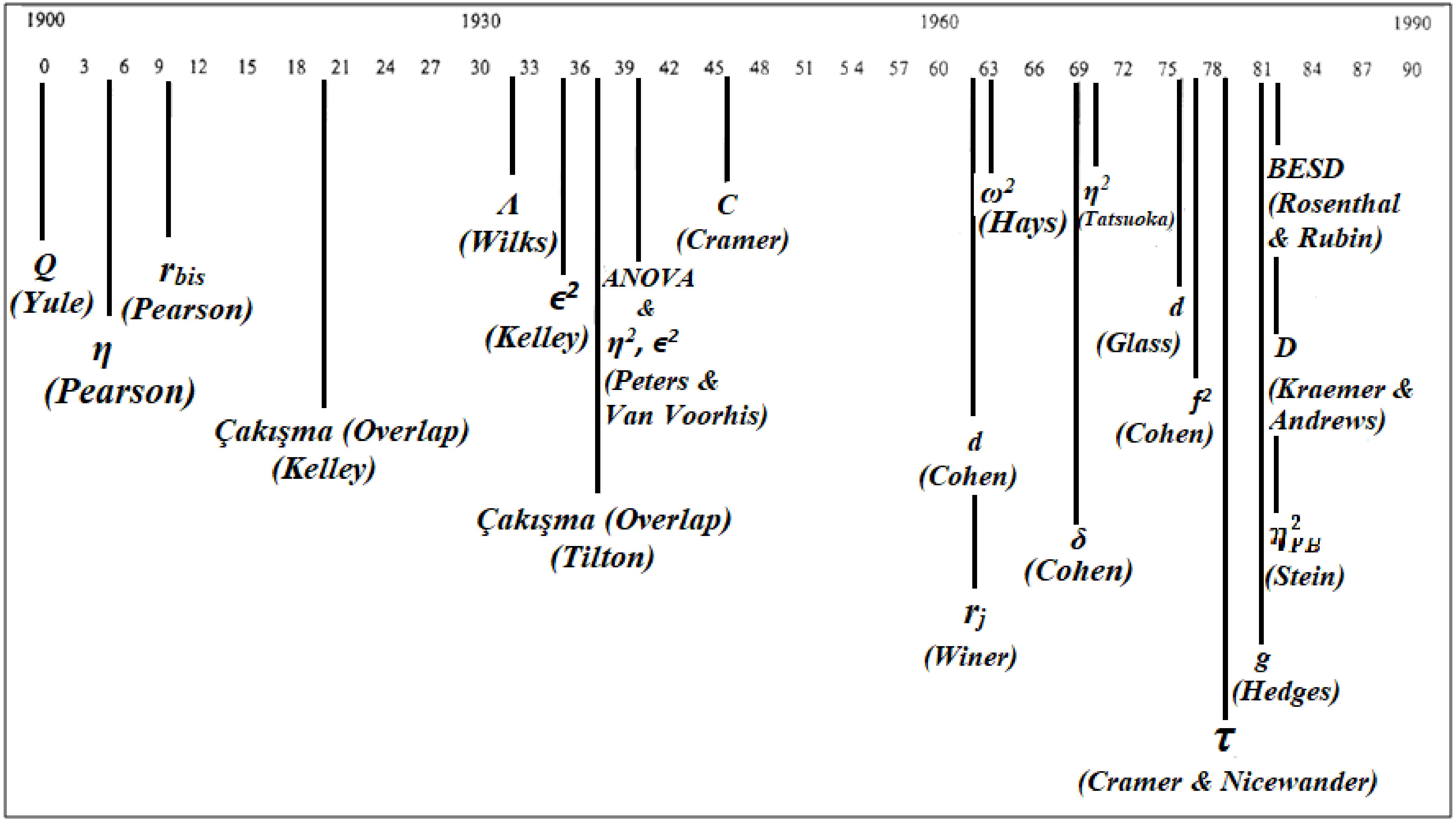
bağıntısını önermiştir (22). Ayrıca çok değişkenli varyans analizi (*Multivariate Analysis of Variance; MANOVA*) gibi birden çok bağımlı değişkenin analizinde kullanılan etki büyüklüklerinden biri ise Wilks Lamda (Λ) test istatistiği olmak üzere;

$$\eta^2 = 1 - \Lambda \tag{2.11}$$

olarak tanımlanmıştır. Bunların dışında birçok etki büyüklüğü ölçüsü de önerilmiştir (22, 23).

Etki büyüklüğü kavramını, daha basit olarak değişkenler arası ilişkinin büyüklüğü veya gruplar arası farklar ile ilgili indeksler olarak sırasıyla r-ailesi (*r-family*) ve d-ailesi (*d-family*) olarak tanımlayanlar da olmuştur (24).

Şekil 2.4'de etki büyüklükleri ve istatistik bilimi içinde kavram olarak önerildiği yaklaşık tarihlerle birlikte görülmektedir.



Şekil 2.4. Etki büyüklükleri ve yaklaşık tanımlanma tarihleri. (22)

Etki büyüklükleri ve nitelendirilmeleri için Cohen'nin (1992) önerdiği ölçüler ise Tablo 2.2'de görülmektedir (25).

Tablo 2.2. Farklı Etki Büyüklüğü İndeksleri ve Nitelendirmeleri (25)

Test	Etki Büyüklüğü İndeksi	Etki Büyüklüğü Küçük	Orta	Büyük
1. m_a, m_b iki bağımsız grup ort.	$d = \frac{m_a - m_b}{\sigma_{birleştirilmiş}}$	0,20	0,50	0,80
2. Çarpım-moment korelasyon katsayısı	r	0,10	0,30	0,50
3. r_a, r_b iki bağımsız grup korelasyon katsayısı	$q = z_a - z_b$ (z:Fisher'in z'si)	0,10	0,30	0,50
4. P=0,5 ve işaret testi	g = P-0,5	0,05	0,15	0,25
5. P_a, P_b iki bağımsız grup oranı	$h = \phi_a - \phi_b$ (ϕ:arcsin dönüşümü)	0,20	0,50	0,80
6. Ki-kare	$w = \sqrt{\sum_{i=1}^{k} \frac{(P_{1i} - P_{0i})^2}{P_{0i}}}$	0,10	0,30	0,50
7. Tek Yönlü Varyans Analizi	$f = \frac{\text{GAKT}}{\text{GİKT}}$	0,10	0,25	0,40
8. Çoklu Korelasyon ve Çoklu Kısmi Korelasyon	$f^2 = \frac{R^2}{1-R^2}$	0,02	0,15	0,35

Ayrıca eğitim, psikoloji veya sosyal bilimler gibi farklı araştırma alanları için yapılan alanyazın taramasında revize edilmiş farklı etki büyüklüğü nitelendirmeleri de önerilmiştir (26).

Cohen (1992) Tablo 2.2'de önerdiği etki büyüklükleri için örneklem büyüklüğü önerisi de yapmıştır. Cohen'in örneklem büyüklükleri ile ilgili önerileri ise 0,80 güç ve sırasıyla 0,01; 0,05; 0,10 I. Tür hata düzeylerin için Tablo 2.3'de görülmektedir (25).

Tablo 2.3. Küçük, orta ve büyük etki büyüklükleri için sırasıyla 0,01; 0,05; 0,10 I.Tür hata düzeyleri ve %80 güç ile gerekli olan örneklem büyüklükleri (25)

		α=0,01			α=0,05			α=0,10		
	Test	Küçük	Orta	Büyük	Küçük	Orta	Büyük	Küçük	Orta	Büyük
1	Ort (Fark)	586	95	38	393	64	26	310	50	20
2	r (Önemlilik)	1163	125	41	783	85	28	617	68	22
3	r (Fark)	2339	263	96	1573	177	66	1240	140	52
4	P=0,50	1165	127	44	783	85	30	616	67	23
5	P (Fark)	584	93	36	392	63	25	309	49	19
6	Ki-kare									
	1 sd	1168	130	38	785	87	26	618	69	25
	2 sd	1388	154	56	964	107	39	771	86	31
	3 sd	1546	172	62	1090	121	44	880	98	35
	4 sd	1675	186	67	1194	133	48	968	108	39
	5 sd	1787	199	71	1293	143	51	1045	116	42
	6 sd	1887	210	75	1362	151	54	1113	124	45
7	ANOVA									
	2 grup	586	95	38	393	64	26	310	50	20
	3 grup	464	76	30	322	52	21	258	41	17
	4 grup	388	63	25	274	45	18	221	36	15
	5 grup	336	55	22	240	39	16	193	32	13
	6 grup	299	49	20	215	35	14	174	28	12
	7 grup	271	44	18	195	32	13	159	26	11
8	Çoklu R									
	2k	698	97	45	481	67	30			
	3k	780	108	50	547	76	34			
	4k	841	118	55	599	84	38			
	5k	901	126	59	645	91	42			
	6k	953	134	63	686	97	45			
	7k	998	141	66	726	102	48			
	8k	1039	147	69	757	107	50			

k: Bağımsız değişken sayısı
sd: Serbestlik derecesi

2.6. Etki Büyüklüğünün Önemi

Hipotez testleri gelişim sürecinde Fisher, Neyman-Pearson'a karşı sert eleştirilerde bulunmuş, hatta Neyman ve Pearson'ı istatistik bilmemekle suçlamıştır (8). İki teori arasındaki tartışma uzun yıllar sürmüş, sonrasında ise Yokluk Hipotezi Önemlilik Testi olarak melez (hibrit) teori ortaya atılmıştır. Fakat hipotez testleri üzerine olan tartışmalar ve eleştiriler bitmemiştir. İlk sistemli eleştiri ise Joseph

Berkson (1938) tarafından yapılmıştır (27). Meehl (1967) eleştirilerinin sadece istatistiksel olarak bir düzeltme değil, daha da ileri götürerek, hipotez testlerinin, bilimsel olarak neredeyse tamamen yanlış olduğunu ileri sürmüştür (28).

Hipotez testlerinin kullanım ve yorumlanması üzerine olan tartışma konularının başında ise p değerinin H_0 hipotezinin doğruluğu varsayımı altında elde edilen bir koşullu olasılık olması gelmektedir. Gerçekte ise iki grup ortalaması arasındaki farkın tam olarak sıfır olması mümkün değildir. Bu durum farka ilişkin dağılımın merkezi eğilim noktasının kayması, hesaplanan istatistiğe bağlı p olasılığının farklı olması anlamına gelecektir ve aslında zaten yanlış olan bir hipotezi yanlışlama çabasına girilmiş olunacaktır (27, 29, 30, 31).

Bir başka tartışma konusu ise p değerinin H_0 hipotezinin doğru olma olasılığı olarak yorumlanmasıdır. Matematiksel olarak ifade edilirse, elde edilen p olasılık değeri, örneklemden elde edilen istatistiğin H_0 hipotezinin doğruluğu varsayımı/koşulu altında tanımlanan ($P(\text{Gözlem}|H_0)$) bir koşullu olasılık olmasına rağmen yanlış bir biçimde; H_0 hipotezinin doğru olma olasılığı olarak ($P(H_0|\text{Gözlem})$) yorumlanmasıdır. Daha açık bir ifade ile; p koşullu olasılığı H_0 hipotezinin doğruluğu veya yanlışlığı hakkında bilgi vermez, $p \leq \alpha$ olması H_0 hipotezini reddetmeye bir kanıt, $p > \alpha$ olması ise H_0'ı reddetmek için yeterli kanıt bulunamamasıdır (27,32).

Hipotez testlerinin işleyişi, Neyman-Pearson'ın önerdiği şekilde; hesaplanan test istatistiği veya karşılık gelen p değeri H_0 hipotezi hakkında red veya kabul şeklinde karar vermek için kullanılan bir istatistiktir. Analiz sürecinin başında belirlenen anlamlılık seviyesi (α) ile p'nin karşılaştırılması sonucunda; $p \leq \alpha$ ise H_0 hipotezi reddedilir ve örneğin "gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir" şeklinde ya da tam tersi olarak $p > \alpha$ ise H_0 hipotezi reddedilmez ve örneğin "gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir" şeklinde yorum yapılır. Fakat sıkça karşılaşılan bir yanlış yorum ise $p > \alpha$ olduğunda "gruplar arası fark yoktur" şeklinde yapılmaktadır. Esas olarak her zaman için bir fark mutlaka vardır fakat H_0'ı reddetmek için yeterli kanıt yoktur (27,32).

Bir başka yanlış yorumlama da; p üzerinden, gözlenen etkinin uygulama (pratik) anlamlılığının (tıp alanında klinik anlamlılık) yorumlanmasıdır. Analiz sonucunda bulunan p değeri α ile karşılaştırıldığında -büyük veya küçük olsun- etki büyüklüğü hakkında bilgi vermez (31,32). Pratik anlamlılık için etki büyüklüğünün hesaplanması ve hatta önceki çalışmaların sonuçları ile karşılaştırmalı olarak raporlanması araştırmacıdan beklenen bir sorumluluktur.

İstatistiksel test sonunda hesaplanan p değeri örneklem büyüklüğünün artması ile azalmasına rağmen, etki büyüklüğü değişmez. Eğer anlamsız bir p değeri bulunmuşsa çalışmaya dâhil edilen gözlem sayısını arttırarak p'nin anlamlı bulunması sağlanabilir. Yani yeterince gözlem ile pratik anlamlılığa sahip olmayan bir etki büyüklüğü için bile anlamlı kabul edilebilecek bir p değeri elde edilebilir. Cohen (1990) "Things I Have Learned (So Far)" makalesinde de belirttiği birkaç konudan biri olarak etki büyüklüğü anlamlılıktan çok daha önemlidir (33).

Bu tür tartışma konuları ile ilişkili olarak alanyazında anlamlılık düzeyi olarak genel kabul olan 0,05 değerini eleştiren alternatif olarak 0,005 değerini öneren çalışmalar veya p değerini tamamen yayınlamayı reddeden dergiler vardır (34, 35, 36, 37).

American Psychological Association (APA) ve American Educational Research Association (AERA) gibi önemli kuruluşlar tarafından yayınlanan rehberler araştırmacılar için yol gösterici olmaktadır. APA ve AERA, bir araştırma sonucunda p değerinin yanı sıra etki büyüklüğü, standart hata, güven aralığı gibi istatistiklerin de raporlanmasını önermektedir (38,39). Bazı alanyazın taramaları, APA ve AERA tarafından da vurgu yapılan bu konuların araştırmacılar tarafından yeterli bir seviyede anlaşılmadığını göstermektedir. Örneğin Belia ve ark. (2005) 1999-2001 yılları arasında psikoloji, sinirbilim ve sağlık alanında 33 yayından 978 makaleyi inceleyip, makalede ismi geçen araştırmacılardan gönüllü olanlarla yürüttükleri bir çalışmada güven aralığı ve standart hata sorularına doğru cevap veren araştırmacı oranının %15-%20 civarında olduğunu rapor etmişlerdir (40). Levine ve ark. (2008) göre en iyi iletişim dergilerinde bile hipotez testlerinin yanlış anlaşılması ve yorumlanması nadir olmayan (oldukça sık karşılaşılan) bir durumdur (32).

Özellikle son dönemlerde bu önerileri dikkate alan ve yayın kriterlerine ekleyen akademik dergi sayısı artmakta, böylece, bir yönüyle yayın şartlarını sağlama zorunluluğu ile de olsa araştırmacılarda etki büyüklüğü ve diğer istatistiklere ilişkin bilgi ve bilinç seviyesi artmaktadır. Diğer taraftan, akademik dergi sayısındaki artış, dergilerin yayın için isteklerinin (taleplerinin) artması ve araştırmacıların yayınlatmak istediği (arz) makale sayısındaki artıştan dolayı akademik yayın kalitesinin yukarıda tanımlanan temel kavramlar açısından çok iyi bir düzeyde olamadığı da bilinmelidir.

2.7. Çoklu Doğrusal Regresyon Çözümlemesinde Etki Büyüklüğü

Güç analizinde örneklem büyüklüğünü hesaplamak için gerekli olan kısıtlayıcılar; 1) I. Tür Hata (genellikle 0,05; 0,01 veya 0,001) 2) II. Tür Hata (genellikle 0,20, 0,10 veya 0,05) ve 3) etki büyüklüğüdür. Bu 3 kısıtlayıcıdan sonuncusu yani etki büyüklüğü, asıl olarak araştırmacıdan beklenen önsel bir bilgidir. Etki büyüklüğü, araştırmacının alanyazın taramasıyla veya belki bir pilot çalışma ile doğru bir şekilde belirlemesi gereken en önemli kısıtlayıcıdır. Bu yönüyle etki büyüklüğü en sorunlu kısıtlayıcıdır (41). Özellikle uygulanması planlanan analizin karmaşıklığı bu durumu daha da zorlaştırabilmektedir. Bu nedenle kimi zaman küçük, orta, büyük veya çok büyük etki büyüklüğü nitelendirilmelerinden yararlanılmakta ve örneklem büyüklüğü hesabı bu şekilde yapılmaktadır.

Ortalamalar arası fark için Cohen d, Hedges g ve Glass Δ gibi farklı etki büyüklüğü hesaplamaları olduğu gibi diğer etki büyüklüğü ölçümleri için de farklı yaklaşımlar vardır (42). Dolayısıyla, uygulanması planlanan analiz için farklı etki büyüklükleri dikkate alınabilmektedir.

Değişkenler arası ilişkiyi inceleyen etki büyüklüğü türü, r-ailesi (*r-family*) olarak adlandırılmakta ve en temel seviyede iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi tanımlayan Pearson çarpım-moment korelasyon katsayısı (*Pearson Product-Moment Correlation Coefficient*) kısaca Pearson korelasyon katsayısı olarak adlandırılan etki büyüklüğüdür. Bir bağımlı değişken ile birden çok bağımsız değişken arasındaki ilişki ölçüsü ise çoklu korelasyon katsayısı olarak adlandırılır ve R ile gösterilir. Çoklu korelasyon katsayısı, bir çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde bağımlı değişken (yani gözlenen y_i değerleri) ile bağımsız değişkenlerin bir özeti ve bağımlı değişkenin bir kestirimi olan $\hat{y}_i$ değerleri arasındaki korelasyon katsayısıdır. Bir diğer çok değişkenli ilişki katsayısı ise çoklu açıklayıcılık/belirleyicilik katsayısı (*multiple coefficient of determination*) olarak adlandırılan, R^2 ile gösterilen etki büyüklüğüdür. R^2 yine çoklu doğrusal regresyon çözümlemesi için bir etki büyüklüğü tanımı olup, bağımlı değişken için model tarafından açıklanan varyansın/değişimin toplam varyansa/değişime oranıdır. Varyans veya kovaryans analizi için tanımlanan η^2 etki büyüklüğü de R^2 gibi bağımsız değişkenler tarafından açıklanan değişimin toplam değişime oranı olarak tanımlanır ki Fisher zamanından beri bu iki analiz yönteminin benzerliği ve de genelleştirilmiş doğrusal modeller olarak anılan bir aileye dayanmakta olduğu bilinmektedir (24). Bu tanım gereği, çoklu doğrusal regresyon çözümlemeleri için etki büyüklüğü tanımı olarak kullanılan R^2, regresyon kareler toplamının (KT_R) toplam kareler toplamı (KT_T) oranı olarak,

$$R^2 = \frac{KT_R}{KT_T} \tag{2.12}$$

şeklinde ifade edilir.

Cohen (1977), çoklu doğrusal regresyon için etki büyüklüğünü Eşitlik 2.13 ile tanımlamış ve f-türü indeks olarak adlandırmıştır.

$$f^2 = R^2/(1 - R^2) \tag{2.13}$$

Bu yaklaşımı varyans analizi için ise Eşitlik 2.14 şeklinde ifade etmiştir (22).

$$f^2 = \eta^2/(1 - \eta^2) \tag{2.14}$$

Pedhazur (1997), R^2'nin gerçek değerinden (ρ^2) daha büyük elde edilmesi ve R^2'nin büyüklüğünü etkileyen faktörleri tartışmıştır. Pedhazur, örneklem sayısı ve bağımsız değişken sayısını dikkate alarak, n örneklem büyüklüğü, k bağımsız değişken sayısı olmak üzere ρ^2'nin bir kestirimi olarak,

$$\hat{R}^2 = 1 - (1 - R^2)\frac{n-1}{n-k-1} \tag{2.15}$$

şeklinde bir etki büyüklüğü önermiştir (43). $\hat{R}^2$ istatistiği düzeltilmiş R^2 olarak kullanılmaktadır.

Huberty (1994) ise etki büyüklüğü olarak, düzeltilmiş R^2 ($\hat{R}^2$) ve k bağımsız değişken sayısı, n örneklem büyüklüğü olmak üzere şans faktörü olarak tanımladığı k/(n-1) oranı ile bir düzeltme yapmış ve

$$\hat{R}^2 - k/(n-1) \tag{2.16}$$

şeklinde önermiştir (44).

Genellikle grup karşılaştırmalarında kullanılan tek değişkenli analizlere göre çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde, hem bağımlı değişkenle ilişkili birden çok bağımsız değişkenin varlığı hem de bağımsız değişkenler arası ilişki nedeniyle etki büyüklüğünün belirlenmesi çok daha zordur. Maxwell (2000) etki büyüklüğü olarak, regresyon katsayılarını sıfıra karşı test etmek için R: çoklu korelasyon katsayısı ve $R_{(-j)}$ ise j'ninci bağımsız değişken hariç çoklu korelasyon katsayı olmak üzere Eşitlik 2.17'yi önermiştir (45).

$$f^2 = \frac{R^2 - R^2_{(-j)}}{1 - R^2} \tag{2.17}$$

2.8. Çoklu Doğrusal Regresyon Çözümlemesinde Güç Analizi

Güç analizi yaklaşımı ile örneklem büyüklüğünü hesaplamak için gerekli olan etki büyüklüğünün, belirlenmesi en zor kısıtlayıcı olduğu yukarıda açıklanmıştı. Ayrıca bağımsız değişken sayısı ve bağımsız değişkenler arası ilişki düzeyinin de etki büyüklüğünü etkilemesinden dolayı, bağımsız değişkenlerin neler olduğu etki büyüklüğünü dolayısı ile de örneklem büyüklüğünü etkilemektedir.

Alanyazında çoklu doğrusal regresyon için gerekli olan örneklem büyüklüğünü belirlemede kullanılan 3 farklı yöntem vardır. Bunlardan ilki geleneksel (*traditional*) yöntem olarak da bilinen parmak hesabı (*rules of thumb*) bağıntıları, ikincisi güç analizi, üçüncüsü ise çapraz geçerlik (*cross-validation*) yöntemidir (12).

Kimi araştırmacılar, güç analizi uygulamasının zorlukları nedeniyle çok değişkenli yöntemlerde örneklem büyüklüğünü belirlemek için genellikle parmak hesabı (*rules of thumb*) olarak adlandırılan basit kurallar veya oranlar önermiştir. Parmak hesabı yöntemleri ile belirlenen örneklem büyüklükleri, birbirlerinden oldukça farklı sayılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun iki önemli nedeni vardır. Birincisi; farklı disiplinler için yukarıda da bahsedildiği üzere bağımsız değişkenler arası ve bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arası ilişki düzeyinin etki büyüklüğünü dolayısıyla örneklem büyüklüğünü etkilemesidir. Sosyal bilimler, eğitim bilimleri veya sağlık bilimleri için kabul edilen ilişki düzeyleri oldukça farklı olduğundan etki büyüklüğü ve dolayısı ile örneklem büyüklüğü önerileri tutarsızdır. İkinci neden ise çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinin kullanım amacıdır. Birinci amaç ilgili değişkenler ile güvenilir katsayı kestirimleri elde etmek olabilir. Özellikle sosyal bilimlerde, açıklayıcılık katsayısının (R^2) %50'nin altında olduğu, fakat katsayıların istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu modellerle sıklıkla karşılaşılmakta ve bağımlı değişkeni etkileyen bağımsız değişkenlerin önem derecesini belirlemek şeklinde çıkarsamalar yapılabilmektedir. İkinci amaç ise çoklu açıklayıcılık katsayısının (R^2) sıfıra karşı test edilmesi, modelin kestirim amaçlı kullanılması olabilir ki bu durumda değişkenlerden daha çok model tarafından bağımlı değişkendeki varyansın açıklanma oranı, modelin veriye uyumu önem kazanmaktadır. Regresyon modelinin temel amacı kestirim ise kestirime ilişkin güven aralığının kabul edilebilir bir kesinlikte olması, yani R^2'nin yüksek olması gerekir (1, 45, 46).

Doğrusal Regresyon modelleri için alanyazında karşılaşılan parmak hesabı (rules of thumb) yaklaşımıyla önerilen örneklem büyüklükleri; k bağımsız değişken sayısını göstermek üzere aşağıdaki gibidir. (12, 47).

- Marks (1966), Cooley ve Jones (1971) herhangi bir regresyon modeli için 200 gözlem.
- Schmidt (1971) bağımsız değişken sayısının 15-20 katı gözlem.
- Nunnally (1978) R^2 ile aşağıdaki eşitlikten elde edilen düzeltilmiş R^2 arasındaki önemsiz miktardaki fark (yan) için;

a) 2-3 bağımsız değişkenli bir doğrusal regresyon modeli için en az 100 gözlem.
b) 9-10 bağımsız değişkenli bir doğrusal regresyon modeli için 300-400 gözlem.

- ❖ Harris (1985) k bağımsız değişken sayısı olmak üzere 50+k gözlem
- ❖ Tabachnick ve Fidell (1989) bağımsız değişken sayısının 5-20 katı gözlem[1]
- ❖ Knapp & Campbell-Heider (1989) en az 30+10k gözlem
- ❖ Pedhazur and Schmelkin (1991) değişken sayısının 30 katından fazla gözlem
- ❖ Stevens (2002) değişken sayısının 15 katı gözlem.

Sawyer (1982) kestirimlerin mutlak hata ortalamalarını (*mean absulate error prediction:MAE*) kabul edilebilir bir seviyede tutmak için gerekli örneklem büyüklüğünü hem teorik hem de benzetim yöntemiyle çalışmış ve sonuçlarını özet tablolarla sunmuştur. Sawyer, tahmin edilen R^2 değerinin gerçek değerden daha yüksek bulunduğunu göstermiş ve bu fazlalığı bir enflasyon (şişme) faktörü olarak %5'lik bir sabit değerle sınırlayabilmek için, n ≥ 10,8k+11,8 formülü ile hesaplanabilecek bir örneklem büyüklüğü önerisi getirmiştir (12, 48).

Green'nin (1991) çalışması, çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde örneklem büyüklüğünü belirlemek için; a) güç analizi işlemlerini kullanması, b) regresyon çözümlemesinde önemli iki istatistik olan çoklu korelasyon katsayısı ile katsayı kestirimlerini dikkate alması yönüyle dikkate değer bir çalışmadır.

Green, R^2'nin testi için Cohen'nin etki büyüklüğü indekslerini göz önünde bulundurarak iki aşamalı bir kural geliştirmiştir. Birinci adım, Cohen'in F testi için merkez dışılık parametresi olan λ'yı kestirmeye yöneliktir.

Bağımsız değişken sayısı k, etki büyüklüğü f^2 (Eşitlik 2.13) olmak üzere

$$\lambda = 6{,}4 + 1{,}65k - 0{,}05k^2 \quad (2.18)$$

bağıntısı ile λ hesaplanır.

---

[1] Tabachnick ve Fidell kitaplarının daha sonraki baskılarında ise Green'in (1991) önerdiği k bağımsız değişken sayısı olmak üzere çoklu korelasyon testi için ≥50+8k, katsayıların önemlilik testi için ise ≥104+k gözlem sayısını tavsiye etmişlerdir.

İkinci adımda örneklem büyüklüğü (n) ise

$$n \geq \lambda/f^2 \tag{2.19}$$

ile hesaplanır. Benzer bir mantıkla katsayı kestirimleri için örneklem büyüklüğü ise

$$n \geq \frac{8}{f^2} + (k-1) \tag{2.20}$$

ile hesaplanır.

Örneğin bağımsız değişken sayısı 7 olan bir çoklu doğrusal regresyon çözümlemesi için gerekli olan örneklem büyüklüğü, I. Tür hata %5, güç %80 ve R^2 için orta etki büyüklüğü f^2=0,15 olmak üzere λ=15,5 ve n=103,3≅104 sayısına ulaşılır. Bu bağıntı yerine Green'in önerdiği, yaklaşık değerler üreten parmak hesabı Eşitlik 2.21'deki gibidir.

$$n \geq 50 + 8k \tag{2.21}$$

Bu yaklaşımla bağımsız değişken sayısı 7 olduğunda gerekli olan gözlem sayısı n=50+8*7=50+56=106 olarak elde edilir.

Katsayı kestirimleri için ise I. Tür hata %5, güç %80 ve orta etki büyüklüğü[2] (açıklayıcılık katsayısı/R^2) 0,07 (veya 0,09) olmak üzere f^2=0,07/(1-0,07)=0,075 olarak elde edilir ve n=8/0,075+(7-1)=106,7+6=112,7≅113 sayısına ulaşılır.

Green, katsayı kestirimleri için de yaklaşık benzer sonuçlar üreten

$$n \geq 104 + k \tag{2.22}$$

kuralını önermiştir.

Bu kural ile elde edilen gözlem sayısı n=104+7=111 olarak elde edilir (47). Birçok kaynak güç hesabına dayanan bu iki kuralı (Eşitlik 2.21 ve Eşitlik 2.22) uy-

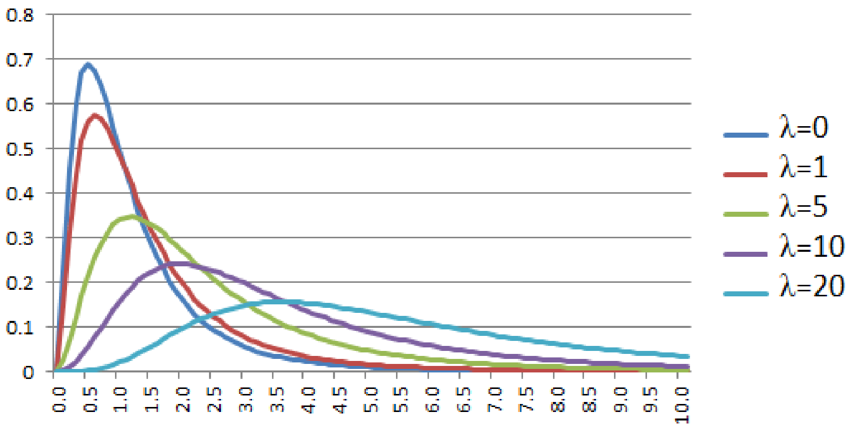
---

[2] Cohen kısmi korelasyon katsayısı için orta etki büyüklüğü olarak 0,26 (kısmi korelasyon katsayısının karesi : kısmi açıklayıcılık katsayısı için orta etki büyüklüğü $0{,}26^2$= 0,07) veya sıfırıncı derece korelasyon katsayısı için orta etki büyüklüğü olarak 0,30'un karesi 0,09'u etki büyüklüğü olarak önermiştir.

uygulama kolaylığı açısından önermektedir (örneğin Tabachnick ve Fidell, Alpar C.R.). Fakat bu kural sabit bir etki büyüklüğü için geçerli olduğundan her model için doğru örneklem büyüklüğü sayısını belirlemekte yetersizdir.

Maxwell (2000) Green'in çalışmasını bir adım daha öteye taşımış ve bağımsız değişkenlerin hem kendi aralarındaki korelasyonlarını (*intercorrelations*) hem de bağımlı değişkenle olan korelasyonlarını dikkate almıştır.

Bilindiği üzere genelleştirilmiş doğrusal modellerde hipotez testi, varsayımlar sağlandığında, H_0 hipotezinin doğruluğu altında merkezi F dağılımına dayanmaktadır. Ancak güç analizi, H_0 hipotezinin yanlışlığı varsayımında merkezi olmayan F dağılımına dayanmaktadır. Bu dağılımın şeklini merkez dışılık parametresi (λ) belirler ve λ sıfıra eşit iken dağılım merkezi F dağılımının şeklini alır (45). Şekil 2.5' de farklı merkez dışılık parametreleri için 5 ve 10 serbestlik dereceli F dağılımları gözükmektedir.



Şekil 2.5. Farklı merkez dışılık parametreleri için 5 ve 10 serbestlik dereceli F dağılımları

Çoklu doğrusal regresyonda güç analizi, 3 parametre ile ilişkili olan merkezi olmayan F dağılımına dayanmaktadır. Bu 3 parametre, merkez dışılık parametresi (λ), pay (u) ve paydanın (v) serbestlik derecesidir. Serbestlik dereceleri bağımsız değişken sayısı (k) ve örneklem büyüklüğü (n) ile ilgili olup, λ ise u, v ve test edilen etki büyüklüğü ile ilişkilidir. Cohen (1988) çoklu doğrusal regresyon için merkez dışılık parametresini (λ)

$$\lambda = f^2(u + v + 1) \qquad (2.23)$$

olarak tanımlamıştır. Bir tek regresyon katsayısının önemlilik testi için; çoklu açıklayıcılık katsayısı R^2, j'ninci değişken modelden çıkartıldığında kalan değişkenler ile kurulan modelin çoklu açıklayıcılık katsayısı $R^2_{(-j)}$, u=1, v=n-k-1 olmak üzere etki büyüklüğü Eşitlik 2.24 ile verilir.

$$f^2 = \frac{R^2 - R^2_{(-j)}}{1 - R^2} \tag{2.24}$$

Alternatif olarak Eşitlik 2.24'ün sağ tarafında paydadaki ifade j inci değişkenin yarı kısmi korelasyon katsayısının karesi ($\rho^2_{Y(X_j.X_{(-j)})}$) ile;

$$f^2 = \frac{\rho^2_{Y(X_j.X_{(-j)})}}{1 - R^2} \tag{2.25}$$

şeklinde de ifade edilebilir. Eşitlik 2.25'te f^2 yerine Eşitlik 2.23'deki eşiti olan λ/(u+v+1) ifadesi, u ve v yerine de sırasıyla 1 ve n-k-1 yazılır ve elde edilen denklemden λ çekilirse Eşitlik 2.26'ya ulaşılır.

$$\lambda = \frac{\rho^2_{Y(X_j.X_{(-j)})}\,(n-k+1)}{1 - R^2} \tag{2.26}$$

Eşitlik 2.26'dan örneklem büyüklüğü (n)

$$n = \frac{\lambda\,(1-R^2)}{\rho^2_{Y(X_j.X_{(-j)})}} + k - 1 \tag{2.27}$$

olarak elde edilir.

Etki büyüklüğü için başka bir seçenek ise; j. değişkenin bağımlı değişken üzerindeki tekil (*uniqe*) etkisini ifade eden ve evren kısmi korelasyon katsayının karesi olan kısmi açıklayıcılık katsayısını kullanmaktır. Cohen (1988) etki büyüklüğü ile kısmi açıklayıcılık katsayısı arasındaki ilişkiyi Eşitlik 2.28'deki gibi tanımlamıştır.

$$f^2 = \frac{\rho^2_{YX_j\,.\,X_{(-j)}}}{1 - \rho^2_{YX_j\,.\,X_{(-j)}}} \tag{2.28}$$

Bağıntıda yer alan kısmi açıklayıcılık katsayısı ($\rho^2_{YX_j\,.\,X_{(-j)}}$), bağımlı değişkendeki değişimin j. değişken dışında kalan değişkenler tarafından açıklandıktan sonra kalan değişimin j. değişken tarafından açıklanan miktarını ifade eder. Bu ilişki çerçevesinde Eşitlik 2.27, Eşitlik 2.29 şeklinde de yazılabilir.

$$n = \frac{\lambda\,(1-\rho^2_{YX_j\,.\,X_{(-j)}})}{\rho^2_{YX_j\,.\,X_{(-j)}}} + k - 1 \qquad (2.29)$$

Etki büyüklüğününün belirlenmesinde açıklayıcılık katsayısı, kısmi açıklayıcılık katsayı veya yarı kısmi açıklayıcılık katsayısı kullanılabilmekle birlikte Maxwell, araştırmacılar için etki büyüklüğünü belirlemek için iki değişken olduğunda kullanılan sıfırıncı dereceden korelasyonları öngörmede, kısmi ve yarı kısmi korelasyonları öngörmeye göre daha başarılı olacaklarını belirtmiştir (45).

Maxwell ek olarak davranış bilimleri için çoklu doğrusal regresyon modellerinde; I) bağımsız değişkenlerin kendi aralarındaki korelasyonlar ile II) her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkenle arasındaki korelasyonların yaklaşık olarak aynı düzeyde kabul edilebileceğini belirtmiş, bu düşüncenin avantaj ve dezavantajlarını tartışmış, örneklem büyüklüğünü belirlemede en azından iyi bir başlangıç noktası olacağını vurgulamıştır (45).

Maxwell, bağımsız değişkenler arası ortak (sabit) korelasyon ρ_{XX}, her bir bağımsız değişken ile bağımlı değişken arası ortak (sabit) korelasyon ρ_{XY}, bağımsız değişken katsayısı k, merkez dışılık parametresi λ olmak üzere; açıklayıcılık katsayısı için;

$$R^2 = \frac{k\rho^2_{XY}}{1+(k-1)\rho_{XX}} \qquad (2.30)$$

yarı kısmi açıklayıcılık katsayısı için ise;

$$\rho^2_{Y(X_j.X_{(-j)})} = \frac{\rho^2_{XY}(1-\rho_{XX})}{[1+(k-1)\rho_{XX}][1+(k-2)\rho_{XX}]} \qquad (2.31)$$

eşitliklerini Eşitlik 2.27'de yerine koyarak çoklu doğrusal regresyon modellerinde gerekli örneklem büyüklüğünün;

$$n = \frac{\lambda[1+(k-1)\rho_{XX} - k\rho_{XY}^2]\,[1+(k-2)\rho_{XX}]}{\rho_{XY}^2\,(1-\rho_{XX})} + k - 1 \qquad (2.32)$$

bağıntısı ile belirlenebileceğini göstermiştir. Eşitlik 2.32'de yer alan merkez dışılık parametresine karşılık olarak, Cohen'in, Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences kitabında yer alan F testi merkez dışılık parametresi tablosundan (sayfa 452) %5 anlamlılık düzeyi, 120+ gözlem ve %80 güç için yaklaşık olarak 7,85 değerini koyarak

$$n = \frac{7{,}85[1+(k-1)\rho_{XX} - k\rho_{XY}^2]\,[1+(k-2)\rho_{XX}]}{\rho_{XY}^2\,(1-\rho_{XX})} + k - 1 \qquad (2.33)$$

eşitliğine ulaşmıştır. Bu eşitlik incelendiğinde çoklu regresyon çözümlemesinde %80 güçte gerekli olan örneklem büyüklüğünü belirlemek için gerekli olan önsel bilginin, tüm değişkenler arası sıfırıncı dereceden korelasyonlar olduğu görülmektedir (45).

Çoklu doğrusal modellerde yeterli örneklem büyüklüğünü belirlemek için parmak hesabı (rules of thumb) ve güç analizi işlemlerinin dışındaki çapraz geçerlilik (cross-validation) yöntemi aşağıda tartışılmıştır.

Örneklemden elde edilen açıklayıcılık katsayısı (R^2) evren parametresi ρ^2 için pozitif yanlı bir kestiricidir. Örneğin 5 bağımsız değişkenli ve 11 gözlemli bir modelde ρ^2=0 iken R^2=0,50; ρ^2 = 0,50 iken R^2=0,75 olarak hesap edilir. Bu nedenle birçok istatistik programı Eşitlik 2.15'de belirtilen düzeltilmiş R^2 ($\widehat{R}^2$) değerini raporlamaktadır. Düzeltilmiş R^2 formülleri açıklama ve tanımlama ile ilgili olarak yeterli görülse de kestirim ve genellenebilirlik için farklı çapraz geçerlilik düzeltme formülleri kullanılmaktadır. Genellenebilirliği yeterli olmayan bir model istatistiksel olarak anlamlı olsa da elde edildiği örneklem dışında kullanılabilmesi mümkün değildir. Bu nedenle, araştırmacılar sonuçlarına güvenilir yapmak için gerekli olan sonuçların tekrarlanabilirliğini değerlendiren stratejiler kullanmalı ve rapor etmelidir. Genellenebilirliği ölçmenin bir yolu, çapraz geçerlilik tahminidir (12).

Çapraz geçerlik açıklayıcılık katsayısı R_c^2 Stein (1960) ve Darligton (1968)'nun birbirinden bağımsız olarak geliştirdikleri bağıntı k bağımsız değişken sayısı olmak üzere

$$R_c^2 = 1 - (\frac{n-1}{n-k-1})(\frac{n-2}{n-k-2})(\frac{n+1}{n})(1 - R^2) \quad (2.34)$$

şeklinde ifade edilmiştir. Bu bağıntıya göre 4 bağımsız değişken ve 60 gözlem ile kurulan bir modelde kestirilen R^2=0,40; düzeltilmiş R^2=0,356 ve R_c^2 = 0,297 olarak bulunur (12). Aslında bu üç ölçümün birbirine yakın olması arzu edilir.

Brooks ve Barcikowski (2012) bir örneklemden elde edilen modelin gelecekte başka bir örnekleme uygulandığında ne kadar iyi bir performans beklendiğini açıklamak için

$$PE = \frac{R_c^2}{R^2} \quad (2.35)$$

şeklinde ifade ettikleri kesinlik etkinliği (*precision efficacy*) terimini tanımlamışlardır (12). R^2 ile R_c^2 arasındaki farkı daralma (*shrinkage*) olarak adlandırmış ve ε_R olarak tanımlamıştır (Eşitlik 2.36).

$$\varepsilon_R = R^2 - R_c^2 \quad (2.36)$$

Söz konusu daralma (ε_R), model için öngörülen etki büyüklüğü olarak R^2'yi de etkileyecektir. Şöyle ki araştırmacı daralma toleransı (*shrinkage tolerance*) olarak %10 bir daralma bekliyor ise etki büyüklüğü R^2'nin 0,20'den daha düşük olmaması gerekecektir. Bununla beraber Brooks ve Barcikowski (2012), araştırmacının daralma için istediği tolerans miktarının %10 olması durumunda R^2=0,50 için R_c^2=0,40 fakat R^2=0,25 için ise R_c^2=0,15 olacağından mutlak bir azalma yerine oransal daralma (*proportional shrinkage*) olarak adlandırdığı ve

$$PS = \frac{\varepsilon_R}{R^2} = \frac{R^2 - R_c^2}{R^2} \quad (2.37)$$

şeklinde ifade ettiği oranın kullanılmasını önermiş ve bu oranın düşük olmasının genellenebilirliği sağlayacağını belirtmiştir. Eşitlik 2.37

$$PS = \frac{R^2 - R_c^2}{R^2} = 1 - \frac{R_c^2}{R^2} = 1 - PE \quad (2.38)$$

şeklinde düzenlendikten sonra

$$PE = 1 - PS = 1 - \frac{\varepsilon_R}{R^2} \tag{2.39}$$

şeklinde yazılabilir. Örneğin daralma oranı, evren açıklayıcılık katsayısının (ρ^2) %20'si olarak belirlenirse (ε_R=0,2ρ^2) PE=0,80 olur. Örneklem R^2 yerine ρ^2 yazıp Eşitlik 2.39, ε_R için çözülürse

$$\varepsilon_R = \rho^2 - (PE)\rho^2 \tag{2.40}$$

eşitliği elde edilir. Eşitlik 2.40 kabul edilebilir bir daralma toleransı belirlemek için kullanılabilir. Örneğin araştırmacı, R_c^2'nin R^2'nin %80'ninden daha az olmasını istemediğinde $\rho^2 = 0{,}40$ için daralma toleransını ε_R=0,4-0,80*0,4=0,08 olarak belirleyebilir (12).

Brooks ve Barcikowski (2012), regresyon için kesinlik etkinlik analizi (*precision efficacy analysis for regression/PEAR*) adını verdikleri yöntemde çapraz geçerlilik açıklayıcılık katsayısı (R_c^2) olarak Uhl ve Eisenberg'in (1970) önerdiği; n örneklem büyüklüğü, k bağımsız değişken sayısı olmak üzere

$$R_c^2 = 1 - \left(\frac{n+k+1}{n-k-1}\right)(1 - R^2) \tag{2.41}$$

eşitliğini kullanmışlar ve cebirsel işlemlerden sonra PEAR metodu için önsel olarak belirlenen daralma toleransı ε_R olmak üzere, örneklem büyüklüğünü

$$n \geq \left(\frac{2-2\rho^2+\varepsilon_R}{\varepsilon_R}\right)(k+1) \tag{2.42}$$

eşitliği ile belirlemeyi önermişlerdir. Brooks ve Barcikowski çalışmalarını, farklı açıklayıcılık katsayıları (ρ^2), kesinlik etkinlik düzeyleri (PE) ve farklı doğrusal bağlantı seviyeleri için örneklem büyüklüğü tabloları şeklinde özetlemişlerdir (12).

Çapraz geçerlik metodu üzerine çalışan Algina ve Kaselman (2000), Park ve Dudycha (1974), Gross (1973) gibi isimler de vardır. Algina ve Kaselman (2000) benzetim yöntemiyle, Park ve Dudycha (1974) ise teorik olarak çalışmışlardır (49).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Güç analizinde en önemli ve sorunlu parametrenin etki büyüklüğü olduğu Bölüm 2.6'da, çoklu doğrusal regresyon çözümlemesi için farklı etki büyüklüğü tanımları Bölüm 2.7'de ve farklı örneklem büyüklüğü belirleme yaklaşımları Bölüm 2.8'de açıklanmıştı. Çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde örneklem büyüklüğünün belirlenmesine ilişkin yapılan bu çalışmanın 4 aşamalı olarak planlanmış senaryoları aşağıda verilmiştir.

3.1. Benzetim Çalışması İçin Planlanan Senaryolar

Bu aşamada temel araştırma sorusunun yanıtı incelenmiş, aşağıda sıralanmış koşullar altında olası bütün kombinasyonlar ile benzetim çalışması yapılmış ve %80 güç için örneklem büyüklükleri belirlenmiştir.

Benzetim senaryoları için koşullar;

I. Bağımsız değişken sayısı (k) sırasıyla 1; 2; 3; 4; 5; 10,

II. Bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasında korelasyonlar aynı (i≠j için $\rho_{x_i y} = \rho_{x_j y}$) olmak şartı ile sırasıyla 0,20; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70; 0,80; 0,90,

III. Bağımsız değişkenler arası korelasyonlar aynı (i≠j ve m≠n için $\rho_{x_i x_j} = \rho_{x_m x_n}$) olmak şartı ile sırasıyla 0,00; 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70; 0,80,

IV. 10000 deneme

şeklindedir.

Yukarıdaki benzetim senaryolarının her birinde veri seti, çok değişkenli normal dağılımdan R yazılımında (3.2.2. sürümü) "MASS" paketi kullanılarak "mvrnorm" fonksiyonu ile üretildi. Veri setinden farklı örneklem büyüklüklerinde 10000 kez örneklemler çekilip basit ve çoklu doğrusal regresyon çözümlemesi yapıldı. Çözümleme sonrasında elde edilen iki temel istatistik olan katsayı kestirimleri ve R^2 için örneklem büyüklüğü belirleme çalışması yapıldı. İlk olarak katsayı kestirimlerine ilişkin p değerinin %80'ninin anlamlı bulunduğu örneklem büyüklüğü ilgili değişken için %80 güçte gerekli örneklem büyüklüğü olarak raporlandı. İkinci olarak ise R^2 kestirimi için örneklem büyüklüğü belirlenmeye çalışıldı. Bunun için öncelikle ilgili senaryoda korelasyon bilgisine karşılık gelen ρ^2 (evren) parametresi hesaplandı. Daha sonra çözümlemelerden elde edilen R^2'nin deneme sayısının %80'inde ρ^2±%4 aralığına düştüğü örneklem büyüklüğü, R^2 kestiriminin %80 olasılıkla ρ^2±%4 aralığına düşmesi için gerekli olan örneklem büyüklüğü olarak raporlandı. Bütün bulgular grafiklerle de sunuldu.

3.2. Belirlenmiş Bir Korelasyon Yapısı ve Farklı Örneklem Büyüklüklerinde Parametre Kestirimleri İçin Örneklem Dağılımlarının İnceleneceği Senaryolar

Bu aşamada benzetim senaryolarından belirlenmiş bir tanesi için elde edilen istatistikler irdelenmiştir. Çalışılan senaryo koşulları aşağıda belirtildiği şekildedir;

I. Bağımsız değişken sayısı k =5,

II. Bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonlar aynı (i≠j için $\rho_{x_i y} = \rho_{x_j y}$) ve ρ_{xy}=0,30,

III. Bağımsız değişkenler arası korelasyonlar aynı (i≠j ve m≠n için $\rho_{x_i x_j} = \rho_{x_m x_n}$) ve ρ_{xx}=0,40,

IV. Örneklem büyüklükleri 100; 250;500; 700,

V. 50000 deneme.

Yukarıda belirtildiği üzere, aynı korelasyon yapısına sahip farklı örneklem büyüklükleri için elde edilen regresyon katsayıları ve açıklayıcılık katsayısına ilişkin örneklem dağılışları (*sampling distiribution*) elde edildikten sonra regresyon katsayılarına ilişkin dağılımın şekli, merkezi eğilim ölçüleri, yaygınlık ölçüleri incelenmiş kestirici özellikleri olan yanlılık, kesinlik ve doğruluk ölçüleri hesaplanarak yorumlanmıştır. Ayrıca istatistiksel güç hesaplanmış ve farklı örneklem büyüklükleri için karşılaştırılmıştır.

3.3. Değişen Korelasyon Katsayıları İçin Senaryolar

Bu aşamada ise

I. Bağımsız değişken sayısı k=2 ve k=3,

II. Bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonlar farklı (i≠j için $\rho_{x_i y} \neq \rho_{x_j y}$) fakat korelasyon ortalamaları sabit ($\rho_{xy_{ort}} = 0{,}50$),

III. Bağımsız değişkenler arası korelasyonlar farklı (i≠j ve m≠n için $\rho_{x_i x_j} \neq \rho_{x_m x_n}$) fakat korelasyon ortalamaları sabit ($\rho_{xx_{ort}} = 0{,}50$),

IV. 10000 deneme

olmak üzere %80 güç için örneklem büyüklüğü araştırılmış ve ulaşılan örneklem büyüklükleri raporlanmıştır.

3.4. Gerçek Veri Seti

Bu aşamada Amerikan Ulusal Kalp Enstitüsü tarafından 1948 yılında başlatılan ve halen devam eden kalp-damar hastalıkları ile ilişkili risk faktörlerinin araştırıldığı Framingham Kalp çalışmasına ait veri seti üzerinde bir çoklu doğrusal regresyon modeli kurgulanmıştır. Ancak aykırı gözlemler standartlaştırılmış artıklar 2,1 üzeri değere sahip gözlemler dışlanmış ve cinsiyete göre etkinin farklı olacağı varsayımı altında tabakalama yapılmış ve geriye kalan kadın hastalarla model test edilmiştir.

Framingham veri setinde aşağıda açıklanan değişkenler için korelasyon matrisi elde edilmiş ve bu yapıya eş koşullar altında yapılan benzetim çalışması ile gerçek veri seti sonuçları karşılaştırılmıştır.

Regresyon modeli;

I. Kadın hastalarda,

II. Bağımlı değişken sistolik kan basıncı,

III. Bağımsız değişkenler ise yaş, total kolesterol ve vücut kitle indeksi

şeklinde kurgulanmıştır.

Tez çalışmamızda analizler ve hesaplamalar için R yazılımında (3.2.2 sürümü) “MASS”, “matrixStats”, “ppcor”, “car” paketleri ve Microsoft Office Excel (2016 sürümü) yazılımı kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Çalışmamızın bulgular bölümü 4 alt bölümden oluşmaktadır.

4.1. Planlanmış Olası Bütün Senaryolar İçin Benzetim Çalışması Sonuçları

Bu bölümde aşağıda sıralanmış olan;

I. Bağımsız değişken sayısı (k) sırasıyla 1; 2; 3; 4; 5; 10,

II. Bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasında korelasyon katsayıları aynı (i≠j için $\rho_{x_i y} = \rho_{x_j y}$) olmak şartı ile sırasıyla 0,20; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70; 0,80; 0,90,

III. Bağımsız değişkenler arası korelasyonlar aynı (i≠j ve m≠n için $\rho_{x_i x_j} = \rho_{x_m x_n}$) olmak şartı ile sırasıyla 0,00; 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70; 0,80,

IV. 10000 deneme

koşulları altında olası bütün senaryolarda ilk olarak, k bağımsız değişken sayısı,

ρ_{xy} : Bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arası 1×k boyutlu korelasyon vektörü,

ρ_{xy}^{T} : k×1 boyutlu ρ_{xy} vektörünün devriği (transpozu),

B : Bağımsız değişkenler arası k×k boyutlu korelasyon matrisi ,

olmak üzere evren açıklayıcılık katsayısı,

$$\rho^2 = \rho_{xy}\, B\, \rho_{xy}^{T} \tag{4.1}$$

eşitliği kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 4.1'de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Olası bütün senaryolarda ilgili korelasyon yapıları için hesaplanan evren açıklayıcılık katsayıları (ρ^2)

		ρ_{xy}							
Değişken sayısı	ρ_{xx}	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**
1	**-**	0,040	0,090	0,160	0,250	0,360	0,490	0,640	0,810
	0,0	0,080	0,180	0,320	0,500	0,720	0,980	NPD	NPD
	0,1	0,073	0,164	0,291	0,455	0,655	0,891	NPD	NPD
	0,2	0,067	0,150	0,267	0,417	0,600	0,817	NPD	NPD
	0,3	0,062	0,139	0,246	0,385	0,554	0,754	0,985	NPD
2	**0,4**	0,057	0,129	0,229	0,358	0,514	0,700	0,914	NPD
	0,5	0,053	0,120	0,213	0,333	0,480	0,653	0,853	NPD
	0,6	0,050	0,113	0,200	0,313	0,450	0,613	0,800	NPD
	0,7	0,047	0,106	0,188	0,294	0,424	0,577	0,753	0,953
	0,8	0,044	0,100	0,178	0,278	0,400	0,544	0,711	0,900
	0,0	0,120	0,270	0,480	0,750	NA	NPD	NPD	NPD
	0,1	0,100	0,225	0,400	0,625	0,900	NPD	NPD	NPD
	0,2	0,086	0,193	0,343	0,536	0,771	NPD	NPD	NPD
	0,3	0,075	0,169	0,300	0,469	0,675	0,919	NPD	NPD
3	**0,4**	0,067	0,150	0,267	0,417	0,600	0,817	NPD	NPD
	0,5	0,060	0,135	0,240	0,375	0,540	0,735	0,960	NPD
	0,6	0,055	0,123	0,218	0,341	0,491	0,668	0,873	NPD
	0,7	0,050	0,113	0,200	0,313	0,450	0,613	0,800	NPD
	0,8	0,046	0,104	0,185	0,289	0,415	0,565	0,739	0,935
	0,0	0,160	0,360	0,640	NA	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,1	0,123	0,277	0,492	0,769	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,2	0,100	0,225	0,400	0,625	0,900	NPD	NPD	NPD
	0,3	0,084	0,190	0,337	0,526	0,758	NPD	NPD	NPD
4	**0,4**	0,073	0,164	0,291	0,455	0,655	0,891	NPD	NPD
	0,5	0,064	0,144	0,256	0,400	0,576	0,784	NPD	NPD
	0,6	0,057	0,129	0,229	0,357	0,514	0,700	0,914	NPD
	0,7	0,052	0,116	0,207	0,323	0,465	0,632	0,826	NPD
	0,8	0,047	0,106	0,188	0,294	0,424	0,575	0,753	0,953
	0,0	0,200	0,450	0,800	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,1	0,143	0,321	0,571	0,893	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,2	0,111	0,250	0,444	0,694	NA	NPD	NPD	NPD
	0,3	0,091	0,201	0,364	0,568	0,818	NPD	NPD	NPD
5	**0,4**	0,077	0,173	0,308	0,481	0,692	0,942	NPD	NPD
	0,5	0,067	0,150	0,267	0,417	0,600	0,817	NPD	NPD
	0,6	0,059	0,132	0,235	0,368	0,529	0,721	0,941	NPD
	0,7	0,053	0,118	0,211	0,329	0,474	0,645	0,842	NPD
	0,8	0,048	0,107	0,191	0,298	0,429	0,583	0,762	NA
	0,0	0,400	0,900	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,1	0,211	0,474	0,842	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,2	0,143	0,321	0,571	0,893	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,3	0,108	0,243	0,432	0,676	NA	NPD	NPD	NPD
10	**0,4**	0,087	0,196	0,348	0,543	0,783	NPD	NPD	NPD
	0,5	0,073	0,164	0,291	0,455	0,655	0,891	NPD	NPD
	0,6	0,063	0,141	0,250	0,391	0,561	0,766	NA	NPD
	0,7	0,055	0,123	0,219	0,343	0,493	0,671	0,876	NPD
	0,8	0,049	0,110	0,195	0,305	0,439	0,598	0,781	NA

$\boldsymbol{\rho_{xx}}$: Bağımsız değişkenler arası korelasyonlar
$\boldsymbol{\rho_{xy}}$: Bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki korelasyonlar
NA: Sonuç elde edilemedi
NPD: Pozitif tanımlı olmayan korelasyon matrisi (veri üretilemedi)

Tablo 4.1 incelendiğinde hesaplanan ρ^2 değerlerinin, tablonun sol alt köşesinden sağ üst köşesine doğru artış eğiliminde olduğu gözükmektedir.

Katsayı kestirimleri için %80 güçte gerekli olan örneklem büyüklükleri Tablo 4.2'de özetlenmiştir. Bulunan sonuçlar ayrıca grafikler şeklinde de sunulmuştur (Şekil 4.1-4.6).

Tablo 4.2 incelendiğinde bağımsız değişkenler arası korelasyon azaldıkça ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenle olan korelasyonları arttıkça örneklem büyüklüğü azalmaktadır. Özetle Tablo 4.2'de örneklem büyüklükleri sol alt köşeden sağ üst köşeye doğru ilerledikçe azalan bir örüntü oluşturmaktadır. Tablo 4.1 ile Tablo 4.2 için benzer bir örüntü varlığı söz konusu olsa da bu örüntü tam olarak örtüşmemektedir. Bu iki örüntünün uyumsuzluğu sonraki sayfalarda irdelenecektir.

Şekil 4.1-4.6'daki grafikler incelendiğinde de farklı seviyelerde bağımsız değişkenler arası korelasyon katsayıları için bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arası korelasyon miktarı artarken hesaplanan örneklem büyüklüklerinin azalan bir eğri (örüntü) oluşturduğu gözükmektedir.

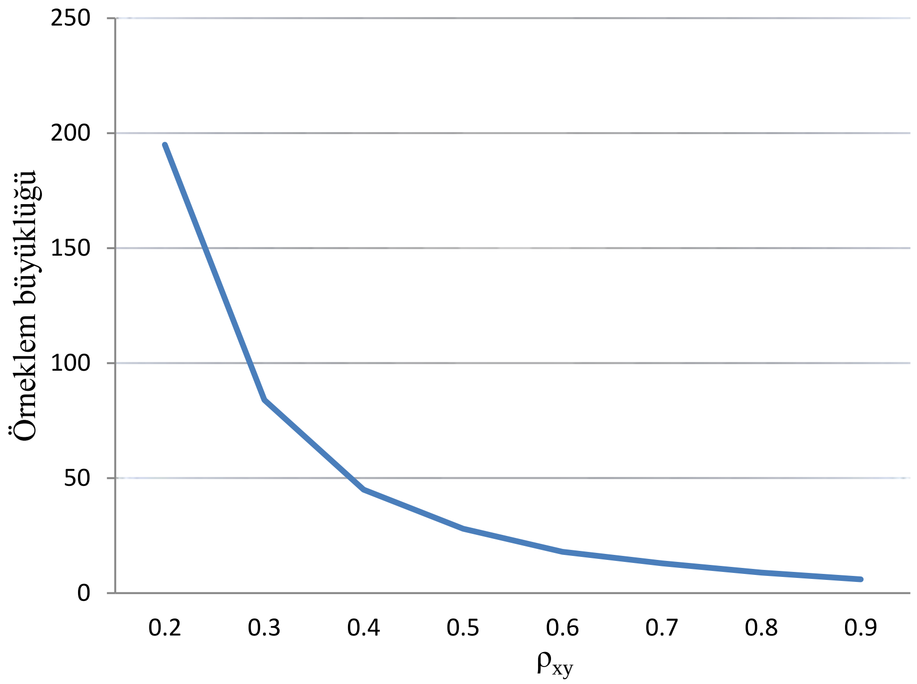
Ayrıca %80 güçte katsayı kestirimleri için elde edilen örneklem büyüklükleri farklı senaryolarda (farklı korelasyon yapılarında) birbirinden oldukça büyük farklılık göstermektedir (Tablo 4.2). Bu bulguya dayanarak, parmak hesabı yöntemleri ile elde edilen genellikle de bağımsız değişken sayısı ile belirlenen örrneklem büyüklüklerinin doğru cevabı üretmeyeceği (sayılı birkaç durum için geçerli olsa da birçok durumda geçerli olamayacağı) görülmektedir.

Elde edilen örneklem büyüklüklerinde 10000 deneme için varyans şişme faktörü (*variance inflaction factor/VIF*) de incelenmiş, sadece 25'den az elde edilen örneklem büyüklüklerinde yüksek varyans şişme faktörü görülmüştür. Bu tür bir sorunun çözümü için örneklem büyüklüğünü arttırmak gerekmektedir.

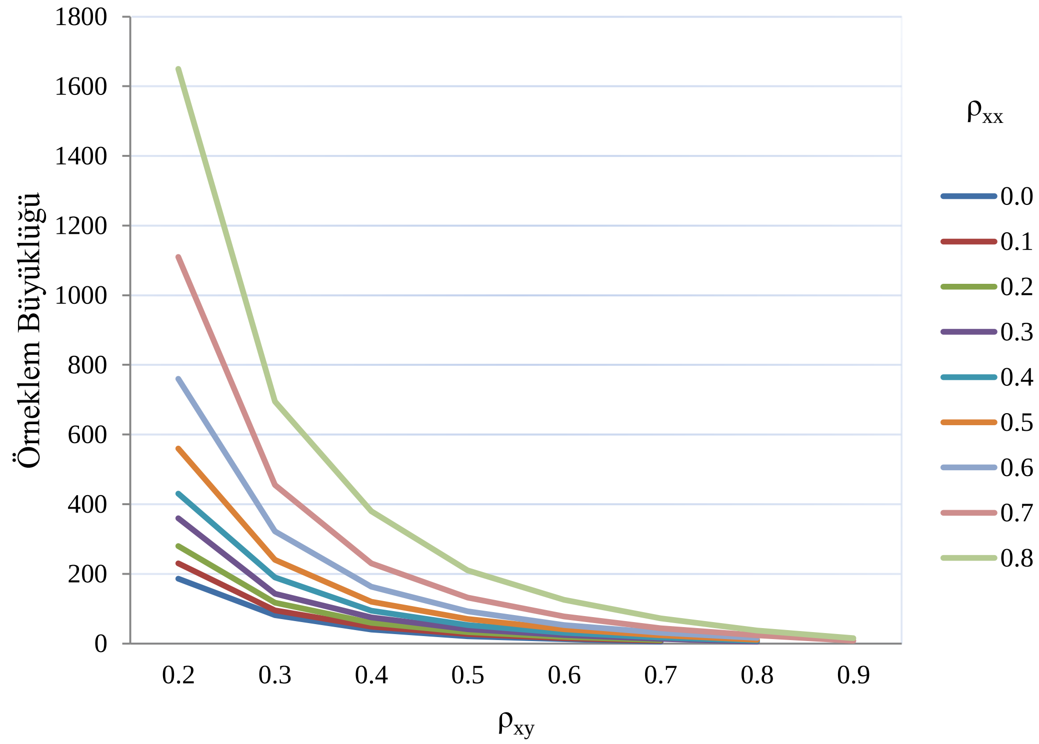
Tablo 4.2. %80 güçte katsayı kestirimleri için gerekli örneklem büyüklükleri

		ρ_{xy}							
Değişken sayısı	ρ_{xx}	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**
1	**-**	195	84	45	28	18	13	9	6
	0,0	186	81	40	21	12	5	NPD	NPD
	0,1	230	95	48	27	15	8	NPD	NPD
	0,2	280	117	59	33	19	10	NPD	NPD
	0,3	360	143	75	41	24	13	5	NPD
2	**0,4**	430	190	94	53	31	17	8	NPD
	0,5	560	240	120	70	41	23	11	NPD
	0,6	760	322	163	92	53	31	16	NPD
	0,7	1110	455	230	132	78	44	23	8
	0,8	1650	695	380	210	125	72	37	15
	0,0	180	72	33	15	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,1	270	107	50	24	10	NPD	NPD	NPD
	0,2	380	157	75	37	17	NPD	NPD	NPD
	0,3	570	225	109	57	28	10	NPD	NPD
3	**0,4**	800	320	155	85	44	19	NPD	NPD
	0,5	1130	465	232	127	68	33	10	NPD
	0,6	1700	680	350	190	105	54	21	NPD
	0,7	2600	1100	555	305	166	92	40	NPD
	0,8	4330	1850	940	545	305	175	83	22
	0,0	170	64	26	NA	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,1	310	120	51	21	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,2	490	200	90	41	14	NPD	NPD	NPD
	0,3	810	320	150	71	31	NPD	NPD	NPD
4	**0,4**	1200	480	244	125	57	19	NPD	NPD
	0,5	1900	760	380	195	100	42	NPD	NPD
	0,6	2840	1220	600	320	172	83	24	NPD
	0,7	4850	1930	970	550	300	155	60	NPD
	0,8	8050	3500	1800	1000	570	305	143	28
	0,0	165	57	19	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,1	345	130	51	16	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,2	655	250	106	43	NA	NPD	NPD	NPD
	0,3	1060	425	200	91	33	NPD	NPD	NPD
5	**0,4**	1790	695	335	166	74	18	NPD	NPD
	0,5	2820	1140	565	290	141	53	NPD	NPD
	0,6	4500	1820	910	485	255	119	26	NPD
	0,7	7300	3150	1540	850	460	235	86	NPD
	0,8	13650	5700	3000	1620	900	480	220	34
	0,0	135	23	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,1	630	190	44	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,2	1600	560	207	44	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,3	3150	1250	520	200	25	NPD	NPD	NPD
10	**0,4**	5850	2350	1100	490	170	NPD	NPD	NPD
	0,5	10300	4100	2000	960	435	110	NPD	NPD
	0,6	16600	7000	3450	1800	900	365	NA	NPD
	0,7	30000	12500	6000	3400	1880	870	260	NPD
	0,8	60000	24000	12000	6900	3900	2000	850	50

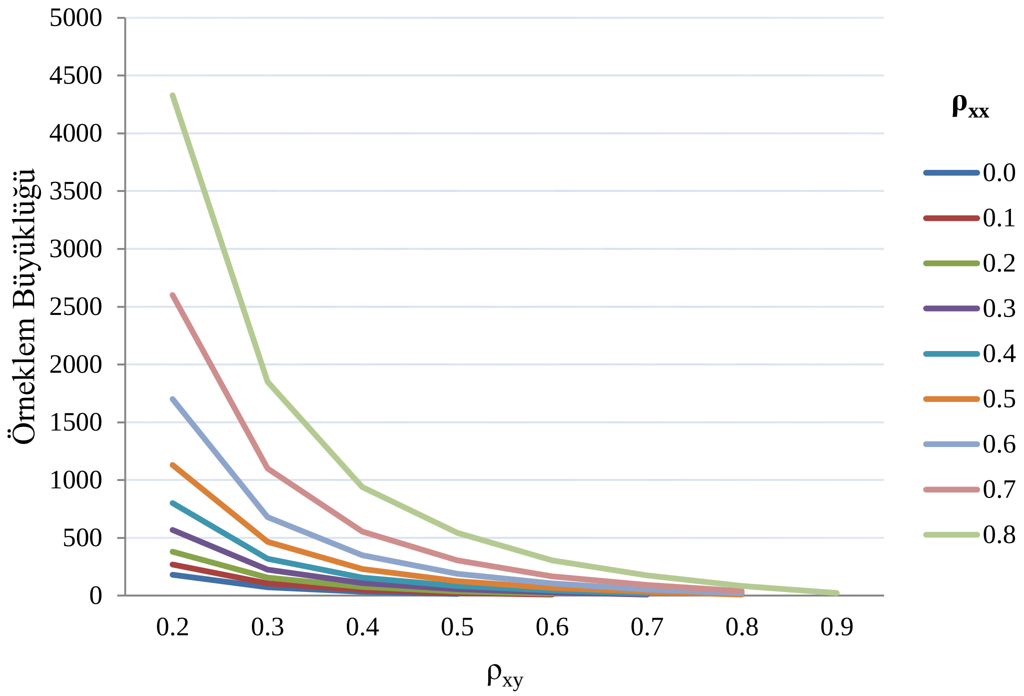
ρ_{xx}: Bağımsız değişkenler arası korelasyonlar
ρ_{xy}: Bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki korelasyonlar
NA: Sonuç elde edilemedi
NPD: Pozitif tanımlı olmayan korelasyon matrisi (veri üretilemedi)



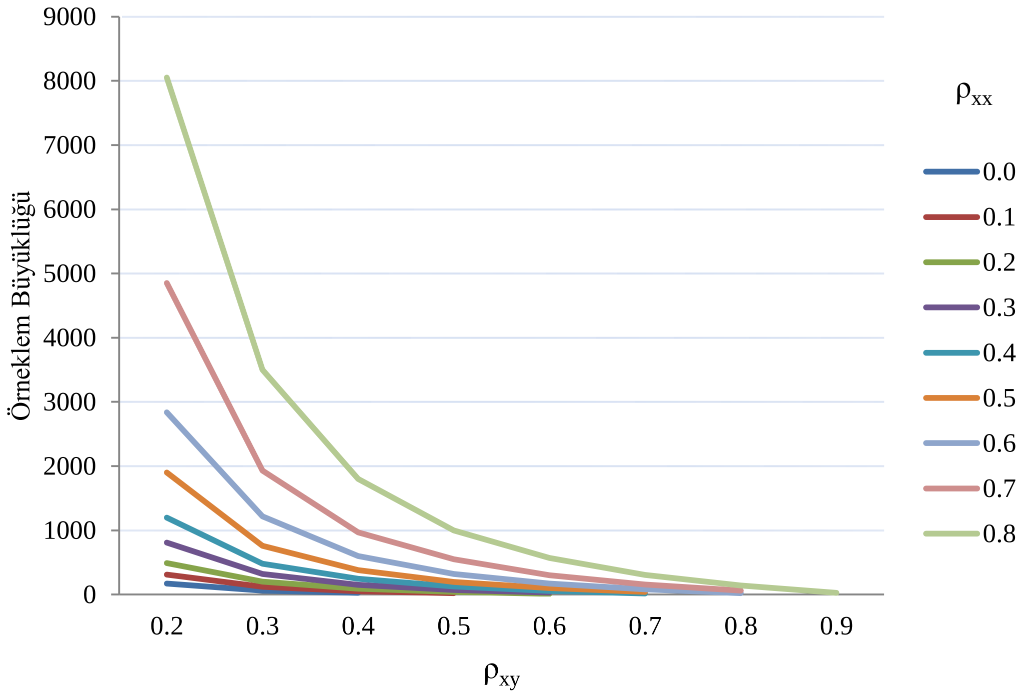
Şekil 4.1. Basit doğrusal regresyon çözümlemesinde %80 güçte katsayı kestirimleri için gerekli örneklem büyüklükleri



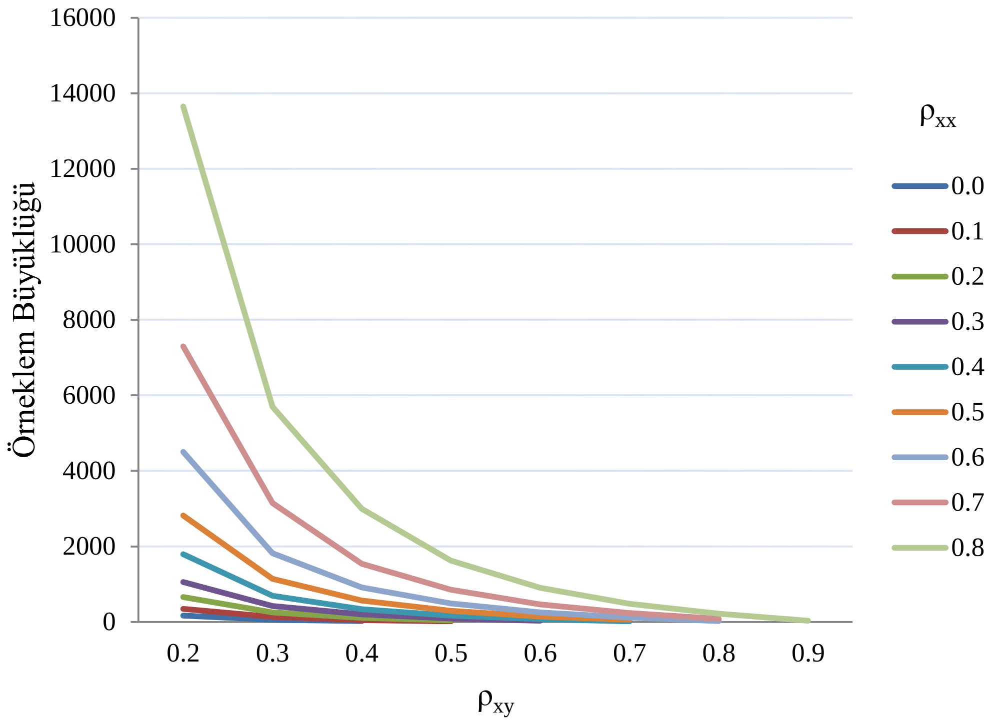
Şekil 4.2. İki bağımsız değişken ile çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde %80 güçte katsayı kestirimleri için gerekli örneklem büyüklükleri



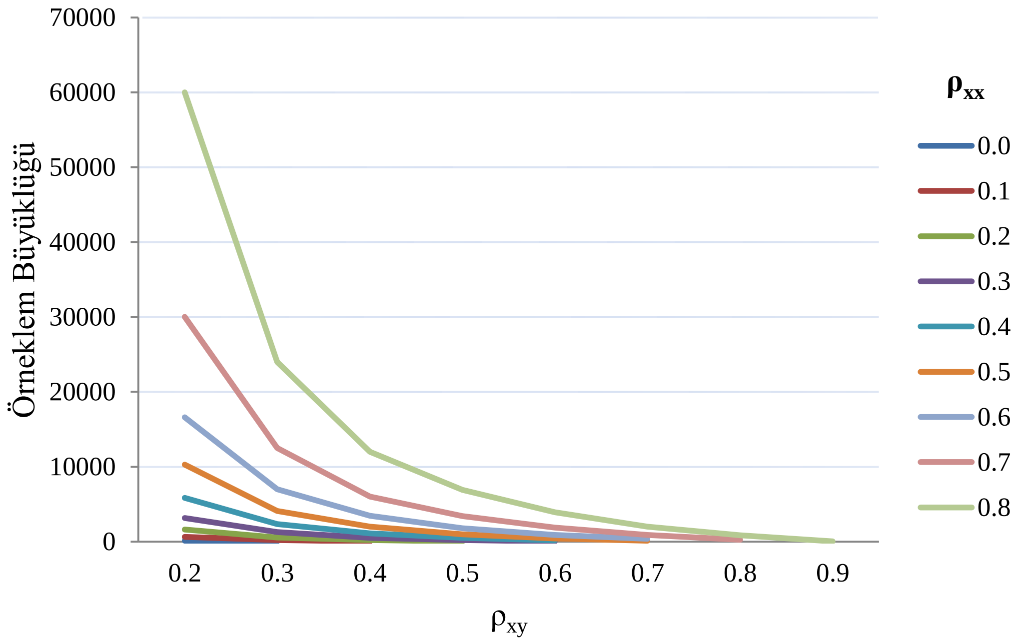
Şekil 4.3. Üç bağımsız değişken ile çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde %80 güçte katsayı kestirimleri için gerekli örneklem büyüklükleri



Şekil 4.4. Dört bağımsız değişken ile çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde %80 güçte katsayı kestirimleri için gerekli örneklem büyüklükleri



Şekil 4.5. Beş bağımsız değişken ile çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde %80 güçte katsayı kestirimleri için gerekli örneklem büyüklükleri



Şekil 4.6. On bağımsız değişken ile çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde %80 güçte katsayı kestirimleri için gerekli örneklem büyüklükleri

Evren açıklayıcılık katsayısını (ρ^2) %80 olasılıkla ±%4 hata aralığında kestirebilmek için gerekli olan örneklem büyüklükleri Tablo 4.3’de sunulmuştur. Tablo 4.3 incelendiğinde ise sol alt köşeden sağ üst köşeye doğru ilerledikçe önce artan sonra ise azalan bir örüntü oluşturmaktadır. Bu örüntü katsayı kestirimleri için gerekli olan örneklem büyüklüklerinin oluşturduğu örüntüden tamamen farklıdır. Bu bulguya dayalı olarak regresyon çözümlemelerinde örneklem büyüklüğünü belirlemeden önce regresyon modelinin amacının belirlenmesi gerekliliğini göstermektedir. Eğer amaç katsayı kestirimi ise Tablo 4.2, amaç kestirim modeli elde etmek ise Tablo 4.3 yol gösterici olacaktır.

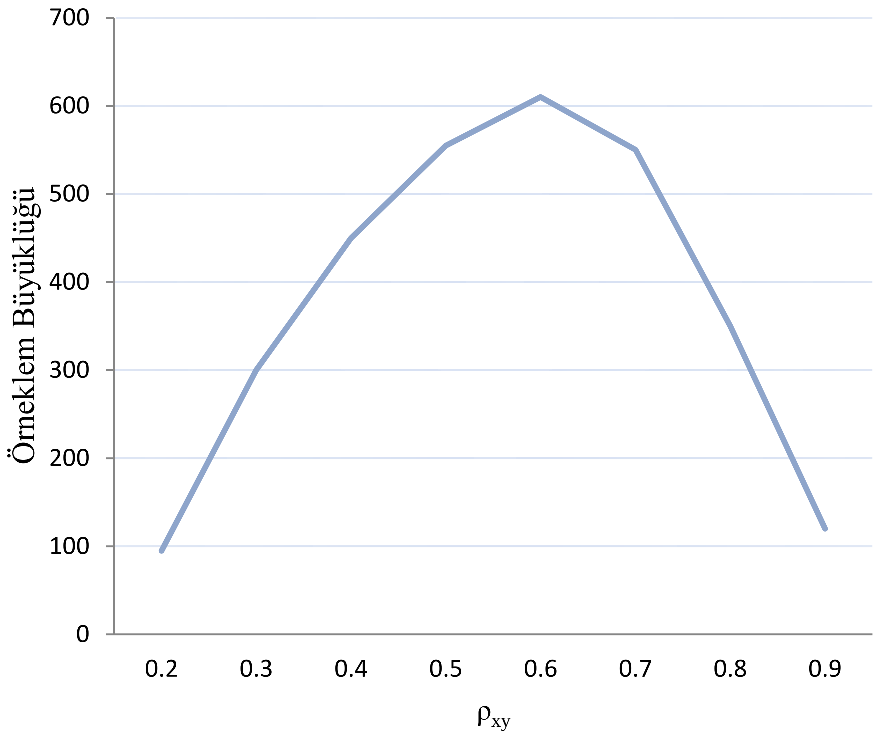
Bir diğer dikkat çeken nokta ise olası bütün senaryolar için Tablo 4.2 ve Tablo 4.3 birlikte incelendiğinde kimi zaman açıklayıcılık katsayısı, kimi zaman ise katsayı kestirimleri için gerekli örneklem büyüklüğünün daha fazla olduğu dikkat çekmektedir. Genel bilgiler bölümünde de belirtildiği üzere alanyazında, amaç açıklayıcılık katsayısı kestirimi olduğunda gerekli olan örneklem büyüklüğünün daha az olduğu yönündeki çıkarsamanın her durum altında geçerli olmadığı gözükmektedir.

Tablo 4.3’de sunulan bulgular grafiklerle de gösterilmiştir (Şekil 4.7-4.12).

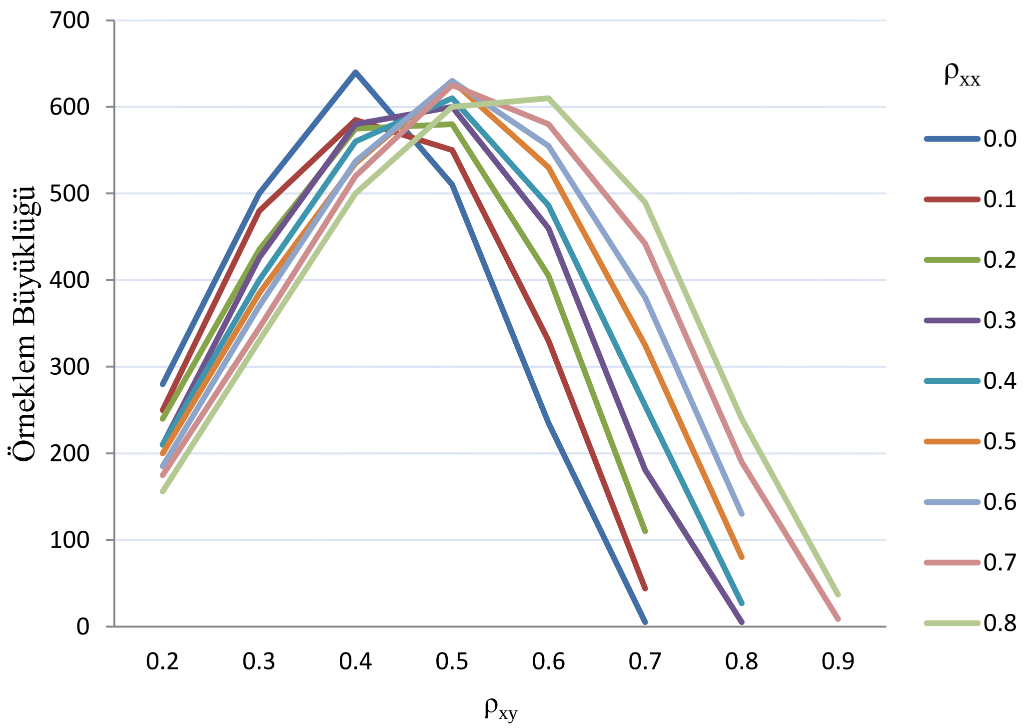
Tablo 4.3. R^2 kestiriminin %80 olasılıkla ρ^2±%4 aralığına düşmesi için gerekli olan örneklem büyüklükleri

Değişken sayısı	ρ_{xx}	ρ_{xy} 0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	***	95	300	450	555	610	550	350	120
	0,0	280	500	640	510	235	5	NPD	NPD
	0,1	250	480	585	550	330	44	NPD	NPD
	0,2	240	435	575	580	405	110	NPD	NPD
	0,3	210	426	580	600	460	181	5	NPD
2	**0,4**	210	400	560	610	486	255	27	NPD
	0,5	200	385	535	630	530	325	80	NPD
	0,6	185	370	537	630	555	380	130	NPD
	0,7	175	345	520	625	580	442	190	9
	0,8	156	330	500	600	610	490	240	37
	0,0	395	600	540	195	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,1	350	555	610	370	37	NPD	NPD	NPD
	0,2	310	530	650	485	170	NPD	NPD	NPD
	0,3	281	490	615	550	290	25	NPD	NPD
3	**0,4**	250	465	595	600	405	115	NPD	NPD
	0,5	232	425	583	610	485	210	10	NPD
	0,6	220	390	570	620	528	300	60	NPD
	0,7	215	375	535	610	565	368	135	NPD
	0,8	200	360	510	610	587	445	210	16
	0,0	475	620	350	NA	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,1	400	615	525	172	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,2	360	570	585	380	38	NPD	NPD	NPD
	0,3	325	540	615	490	185	NPD	NPD	NPD
4	**0,4**	286	475	615	565	330	46	NPD	NPD
	0,5	280	445	590	595	425	150	NPD	NPD
	0,6	256	425	575	610	500	265	29	NPD
	0,7	225	397	560	625	555	360	104	NPD
	0,8	230	375	535	620	590	450	195	9
	0,0	560	600	140	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,1	480	650	435	45	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,2	405	585	570	275	NA	NPD	NPD	NPD
	0,3	360	560	635	440	114	NPD	NPD	NPD
5	**0,4**	325	516	630	535	275	15	NPD	NPD
	0,5	310	470	610	605	400	115	NPD	NPD
	0,6	290	441	595	590	505	240	15	NPD
	0,7	270	417	575	625	555	345	86	NPD
	0,8	270	400	545	610	590	440	183	NA
	0,0	660	49	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,1	630	580	104	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,2	565	660	480	55	NPD	NPD	NPD	NPD
	0,3	520	681	615	320	NA	NPD	NPD	NPD
10	**0,4**	480	630	700	490	170	NPD	NPD	NPD
	0,5	460	575	650	600	355	58	NPD	NPD
	0,6	440	565	650	640	470	190	NA	NPD
	0,7	435	535	635	650	550	325	68	NPD
	0,8	450	550	640	700	610	410	175	NA

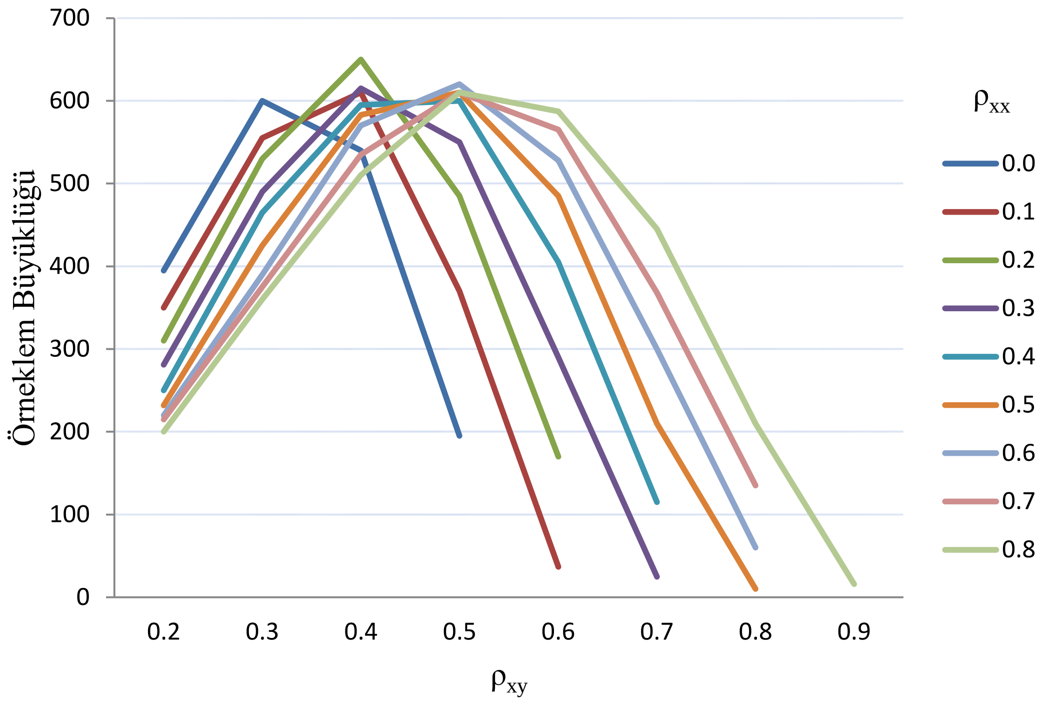
ρ_{xx}: Bağımsız değişkenler arası korelasyonlar
ρ_{xy}: Bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki korelasyonlar
NA: Sonuç elde edilemedi
NPD: Pozitif tanımlı olmayan korelasyon matrisi (veri üretilemedi)



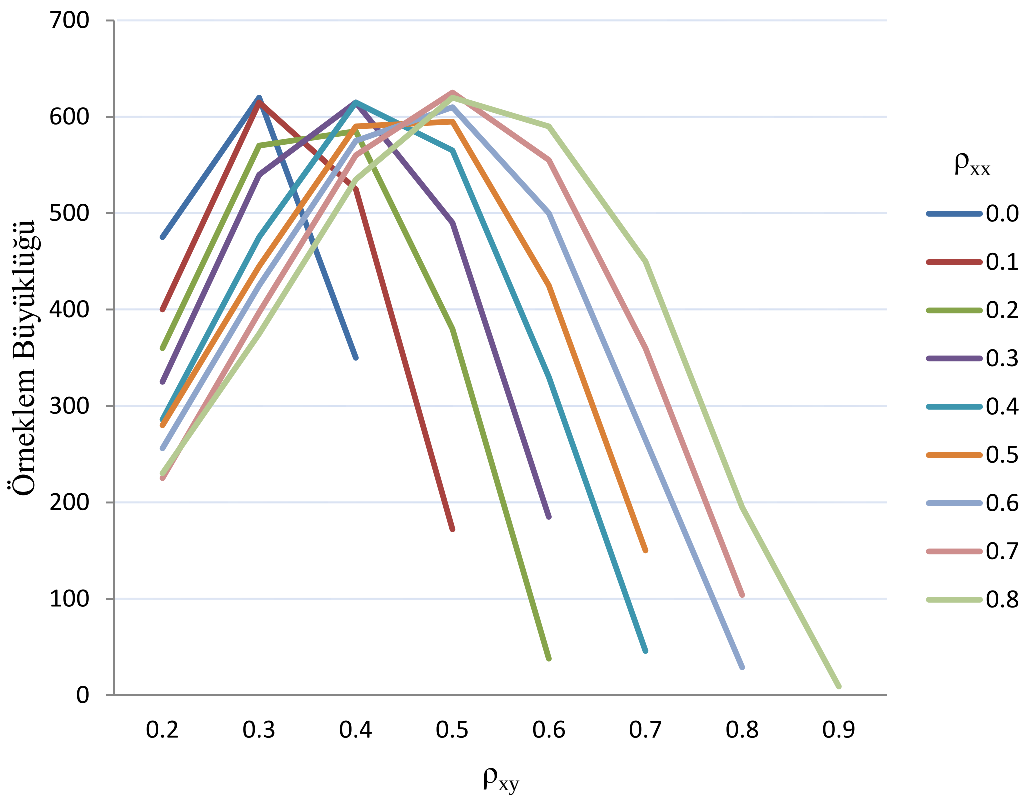
Şekil 4.7. Basit doğrusal regresyon çözümlemesinde R^2 kestiriminin %80 olasılıkla ρ^2±%4 aralığına düşmesi için gerekli olan örneklem büyüklükleri



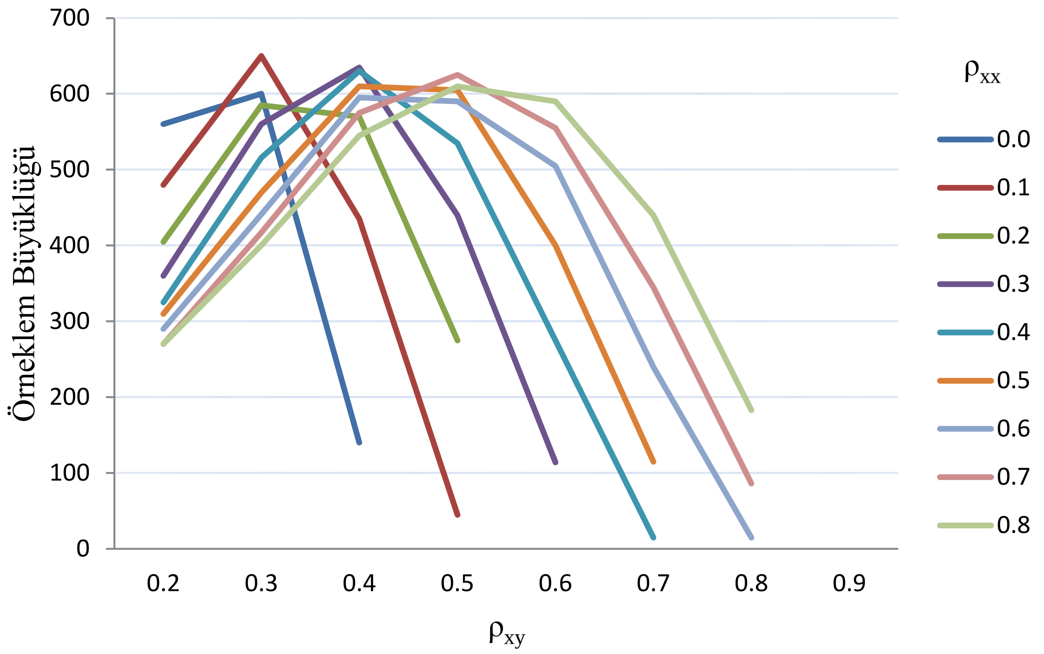
Şekil 4.8. İki bağımsız değişken ile çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde R^2 kestiriminin %80 olasılıkla ρ^2±%4 aralığına düşmesi için gerekli olan örneklem büyüklükleri



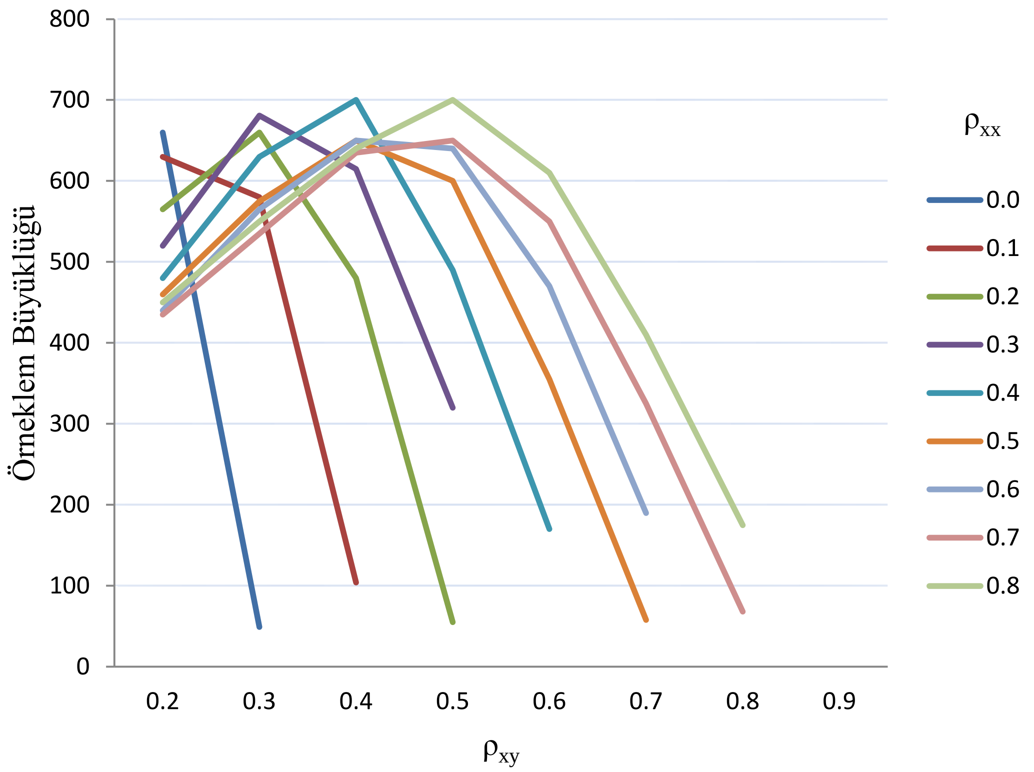
Şekil 4.9. Üç bağımsız değişken ile çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde R^2 kestiriminin %80 olasılıkla ρ^2±%4 aralığına düşmesi için gerekli olan örneklem büyüklükleri



Şekil 4.10. Dört bağımsız değişken ile çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde R^2 kestiriminin %80 olasılıkla ρ^2±%4 aralığına düşmesi için gerekli olan örneklem büyüklükler



Şekil 4.11. Beş bağımsız değişken ile çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde R^2 kestiriminin %80 olasılıkla ρ^2±%4 aralığına düşmesi için gerekli olan örneklem büyüklükleri



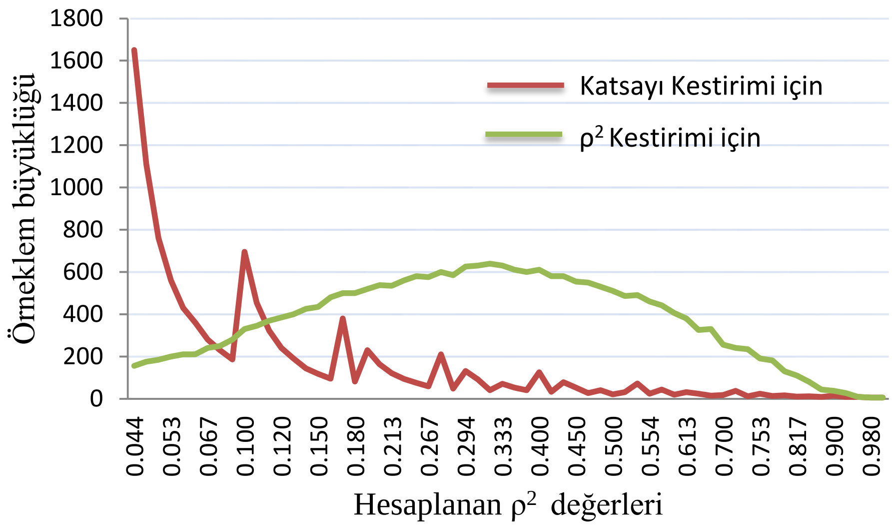
Şekil 4.12. On bağımsız değişken ile çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde R^2 kestiriminin %80 olasılıkla ρ^2±%4 aralığına düşmesi için gerekli olan örneklem büyüklükleri

Çalışmamızın bu kısmında ise elde ettiğimiz bulgular ışığında çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde etki büyüklüğü kavramı ele alınacaktır. Genel bilgiler bölümünde de ifade edildiği üzere, alanyazında çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde güç analizi yöntemi ile örneklem büyüklüğünü belirlemek için 4 farklı etki büyüklüğü ölçüsü kullanılabilir. Bunlar açıklayıcılık katsayısı (ρ^2), korelasyon katsayıları, kısmi korelasyon katsayıları ve beta katsayılarıdır.

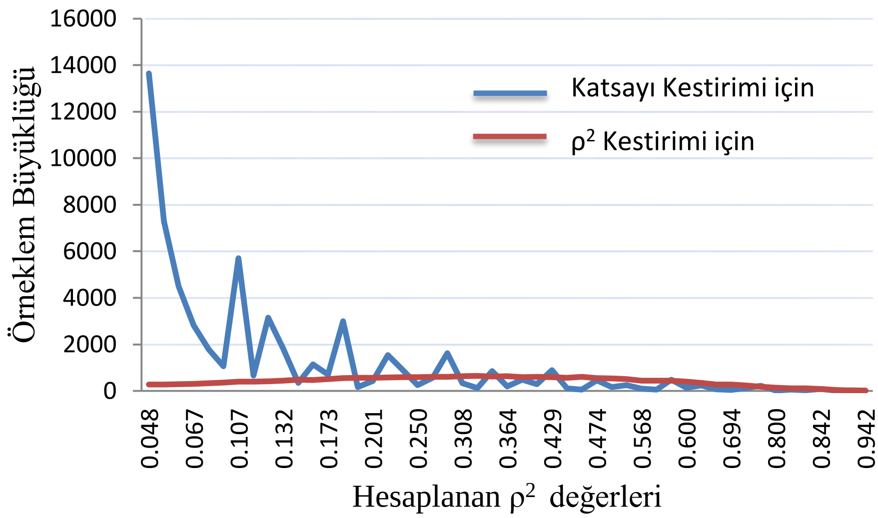
Alanyazında güç analizi yöntemi ile yapılan çalışmalarda en çok tercih edilen etki büyüklüğü ise hem regresyon çözümlemeleri sonunda raporlanması yönüyle hem de anlaşılması ve yorumlanması kolay olması yönüyle her araştırmacı için tanıdık bir istatistik olan açıklayıcılık katsayısı kullanılmaktadır.

Çoklu doğrusal regresyon çözümlemesi için örneklem büyüklüğünün belirlenmesinde, regresyon modelinin amacının da önemli olduğunu, amaca göre farklı örneklem büyüklükleri gerektiği daha önce vurgulanmıştı. Her iki amaç için elde edilen örneklem büyüklükleri ile hesaplanan evren açıklayıcılık katsayılarını (ρ^2) bir grafikte birleştirdiğimizde (2 bağımsız değişkenli bir regresyon modeli için Şekil 4.13 ve 5 bağımsız değişkenli bir regresyon modeli için Şekil 4.14); hesaplanan evren açıklayıcılık katsayısının, açıklayıcılık katsayısı kestirimleri için oldukça düzenli bir örüntü oluşturduğu (daha ayrıntılı olarak Şekil 4.15 ve Şekil 4.16 incelenebilir), fakat katsayı kestirimleri için ise genelde bir örüntü gözükse de örüntü üzerinde bazı noktalarda dalgalanmaların olduğu gözükmektedir. Birbirine yakın ρ^2 değerlerine karşılık gelen, katsayı kestirimleri için hesaplanan örneklem büyüklüklerinin çok farklı olabileceği görülmektedir. Örneğin bağımsız değişken sayısı 2, açıklayıcılık katsayısı ρ^2=0,08 (yani ρ_{xy}=0,20 ve ρ_{xx}=0,00) olduğunda katsayı kestirimi için gerekli örneklem büyüklüğü 186 iken ρ^2=0,106 (yani ρ_{xy} = 0,30 ve ρ_{xx}=0,80) olduğunda katsayı kestirimi için gerekli örneklem büyüklüğü 695 olarak hesaplanmıştır. Bir başka örnek olarak bağımsız değişken sayısı 5, açıklayıcılık katsayısı ρ^2=0,091 (yani ρ_{xy}=0,20 ve ρ_{xx}=0,30) olduğunda katsayı kestirimi için gerekli örneklem büyüklüğü 1060 iken ρ^2=0,107 (yani ρ_{xy}=0,30 ve ρ_{xx}=0,80) olduğunda katsayı kestirimi için gerekli örneklem büyüklüğü 5700 olarak hesaplanmıştır.

Dolayısı ile bağımsız değişkenler arası korelasyon matrisi ve bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki korelasyon vektörünün matris işlemleri sonucunda elde edilen ve skaler (indirgenmiş) bir değer olan açıklayıcılık katsayısının (ρ^2), katsayı kestirimleri için örneklem büyüklüğünü hesaplamada etki büyüklüğü olarak belirlenmesi doğru bir yaklaşım ol(a)mayacaktır.

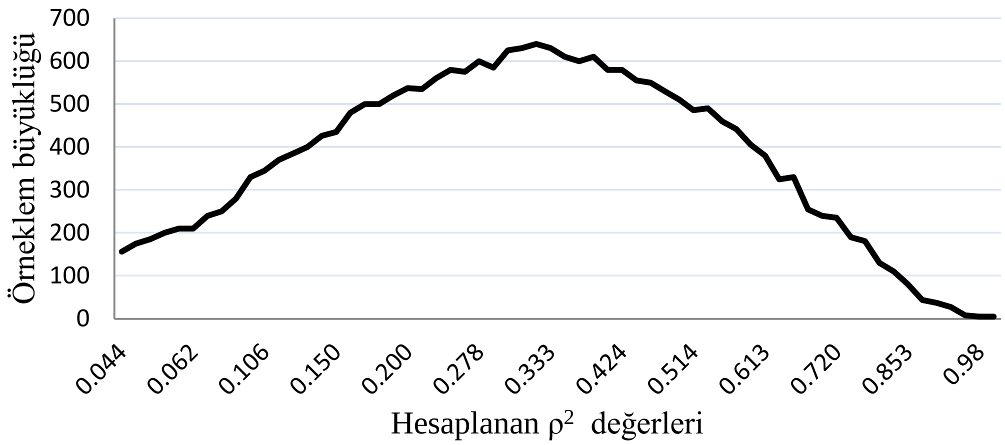


Şekil 4.13. İki bağımsız değişkenli senaryolara ilişkin %80 güçte katsayı kestirimi ve R^2 kestiriminin %80 olasılıkla $\rho^2 \pm$%4 aralığına düşmesi için gerekli olan örneklem büyüklükleri

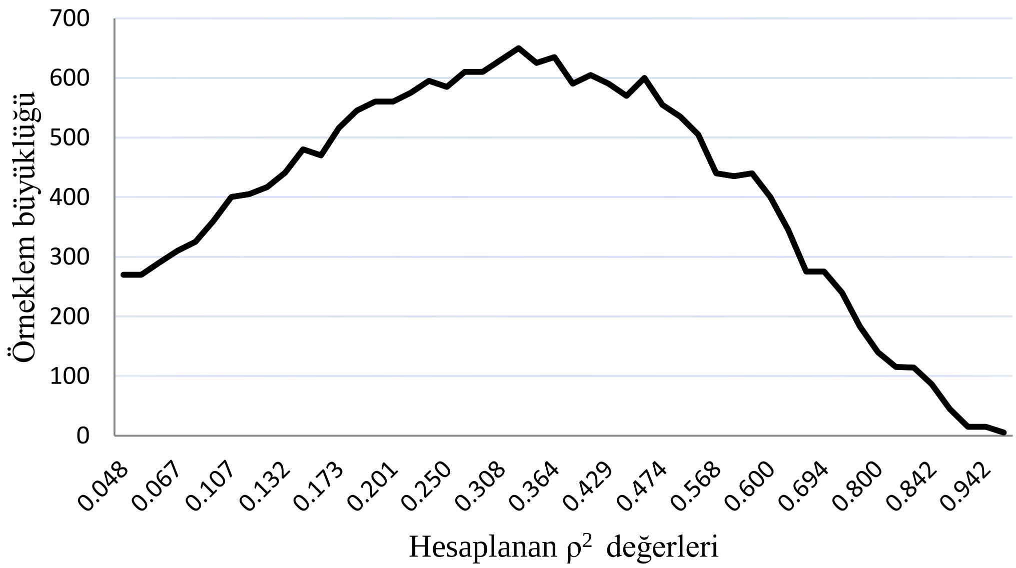


Şekil 4.14. Beş bağımsız değişkenli senaryolara ilişkin %80 güçte katsayı kestirimi ve R^2 kestiriminin %80 olasılıkla $\rho^2 \pm$%4 aralığına düşmesi için gerekli olan örneklem büyüklükleri

Daha ayrıntılı olarak Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’da ise 2 bağımsız ve 5 bağımsız değişkenli modellerde açıklayıcılık katsayılarına (ρ^2) karşılık gelen ρ^2 kestirimleri için hesaplanan örneklem büyüklükleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde ise ρ^2 kestirimleri için oldukça düzenli bir örüntü gözükmektedir. Eğer elde edilecek regresyon modeli bir kestirim modeli olarak kullanılacaksa (ki bu durumda açıklayıcılık katsayısına ilişkin kestirimler daha öncelikli olacaktır) etki büyüklüğü olarak açıklayıcılık katsayısı kullanılarak elde edilen örneklem büyüklüklerinin kullanılması uygun gözükmektedir.



Şekil 4.15. İki bağımsız değişkenli senaryolara ilişkin ρ^2 ile R^2 kestiriminin %80 olasılıkla ρ^2±%4 aralığına düşmesi için gerekli olan örneklem büyüklükleri



Şekil 4.16. Beş bağımsız değişkenli senaryolara ilişkin ρ^2 ile R^2 kestiriminin %80 olasılıkla ρ^2±%4 aralığına düşmesi için gerekli olan örneklem büyüklükleri

4.2. Belirlenmiş Bir Korelasyon Yapısı ve Farklı Örneklem Büyüklüklerinde Parametre Kestirimleri İçin Örneklem Dağılımlarının İncelenmesi

Bu bölümde yalnızca bir senaryoda farklı örneklem büyüklükleri için benzetim yoluyla elde edilen parametre kestirimlerine ilişkin örneklem dağılımları ve istatistikleri irdelenmiştir. İlk önce kendi aralarında korelasyonları (*intercorrelations*) ρ_{xx}=0,40 olan 5 bağımsız (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) değişken ve bağımsız değişkenlerle korelasyonu ρ_x =0,30 olan bir bağımlı değişken (Y) için N=10.000.000 gözlemli bir veri seti üretilmiştir. Üretilen veri seti için tanımlayıcı istatistikler Tablo 4.4'de özetlenmiştir. Değişkenler arası korelasyon matrisi Tablo 4.5'de ve regresyon modeli kurulduğunda elde edilen istatistikler (ki bunlar asıl olarak parametre değerleridir) Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.4. Üretilen değişkenler için tanımlayıcı istatistikler

	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Evren Büyüklüğü (N)	10000000	10000000	10000000	10000000	10000000	10000000
Ortalama	510,05	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Ortanca	510,07	10,00	10,00	10,01	10,00	10,00
En küçük	-3847,18	-42,72	-41,11	-41,99	-39,10	-46,57
En Büyük	4866,79	66,06	61,47	64,42	60,62	62,23
Dağılım Aralığı	8713,97	108,78	102,58	106,41	99,72	108,80
Varyans	749837,90	100,04	100,01	99,97	100,02	100,03
Std, Sapma	865,93	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00

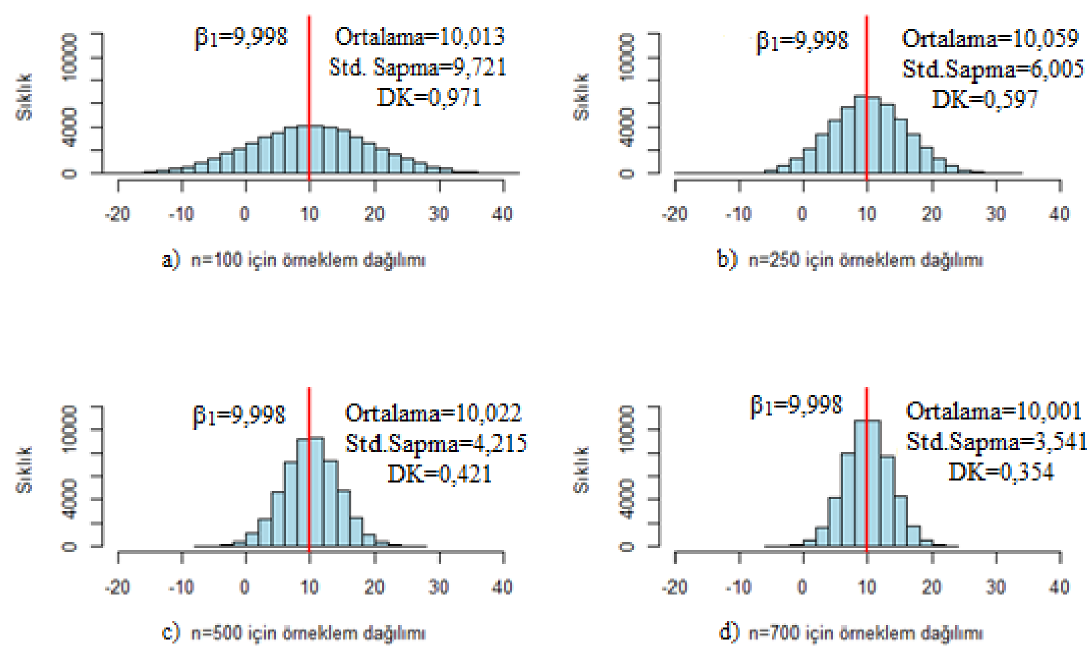
Tablo 4.5. Üretilen veri seti için korelasyon matrisi

	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Y	1	0,300	0,300	0,301	0,300	0,301
X_1	0,300	1	0,400	0,400	0,400	0,400
X_2	0,300	0,400	1	0,400	0,400	0,400
X_3	0,301	0,400	0,400	1	0,400	0,400
X_4	0,300	0,400	0,400	0,400	1	0,400
X_5	0,301	0,400	0,400	0,400	0,400	1

Tablo 4.6. Üretilen veri için kurgulanan regresyon modeline ilişkin parametreler

Sabit	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
10,126	9,998	9,939	10,045	9,978	10,036

Üretilen veriden farklı büyüklüklerde (100, 250, 500, 750) 50000 kez rastgele örneklem çekilmiş, her bir örneklem için uygulanan çoklu doğrusal regresyon çözümlemesi sonucu elde edilen parametre kestirimlerine ilişkin örneklem dağılımları irdelenmiştir. Şekil 4.17'de farklı örneklem büyüklüklerinde X_1 değişkeni için elde edilen katsayı kestirimlerine ilişkin örneklem dağılımları görülmektedir. Örneklem dağılımlarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler ayrıca Tablo 4.7'de özetlenmiştir.



Şekil 4.17. Farklı örneklem büyüklüklerinde β_1 parametresi (β_1=9,998) kestirimi için örneklem dağılımı

Kestirimlere ilişkin örneklem dağılımları ve ilgili istatistikler, bir kestirici (tahmin edici) için araştırılması gereken 3 temel özellik olan yansızlık, kesinlik ve doğruluk yönüyle incelenmiştir. Yansız kestiricilerin, evren parametresi etrafında rastgele dağılım göstermeleri gerekmektedir. Şekil 4.17 ve Tablo 4.7 incelendiğinde dağılımın parametre (9,998) etrafında normal dağıldığı görülmektedir. Örneklem dağılımının ortalaması 10,013 ve ortanca değeri ise 10,038 olarak bulunduğundan, parametre değerine oldukça yakın bir değer olduğu gözükmektedir. Ayrıca hata ortalamaları (*Mean Error/ME*) incelendiğinde sıfıra yakın olduğu görülmektedir. Özellikle göreceli hata ortalamalarının (*Mean Relative Error/MRE*) ise örneklem büyüklüğü arttıkça küçüldüğü görülmektedir. Her iki ölçü için de n=700 örneklem büyüklüğü daha yansız kesticiler üretmektedir.

Kesinlik özelliği için ise kestirimlere ilişkin örneklem dağılımının varyans, standart sapma ve özellikle standartlaştırılmış bir yaygınlık ölçüsü olan değişim katsayıları incelenmiştir. Örneklem büyüklüğü arttıkça kestirim aralığı daralmaktadır. Standartlaştırılmış yaygınlık ölçüsü olarak değişim katsayısı incelendiğinde n=100 için %97,1 değerinin çok yüksek olduğu, n=700 için ise %35,4 göreceli olarak çok daha dar olduğu değerlendirilmesi yapılabilir.

Son olarak parametre kestirimleri doğruluk yönüyle incelenmiştir. Doğruluk hem yansızlık hem de kesinlik özelliklerinin birlikte değerlendirilmesidir. Doğru bir kestirici yansız ve kesin olmalıdır. Daha doğru bir ifade ile küçük yan ve yüksek kesinlik (küçük yaygınlık) yüksek doğruluk (küçük istatistik değeri) anlamına gelmektedir. Bir doğruluk ölçütü olan hata kareler ortalaması (*Mean Square Error/MSE*) için

$$\text{MSE} = \text{ME}^2 + \text{Stand.Sapma}^2 \tag{4.2}$$

eşitliği kurulabilir. Diğer doğruluk ölçütleri ise ortalama mutlak hata (*Mean Absolute Error/MAE*) ve hata kareler ortalamasının karekökü (*Root Mean Square Error/RMSE*) istatistikleridir. Örneklem büyüklüğü arttıkça yüksek doğruluk (yani küçük yan) ve yüksek kesinlik artmaktadır (yani varyans azalmaktadır). Böylece yüksek doğruluk değerine ulaşılmaktadır.

Elde edilen istatistiğin gerçekte anlamlı kabul edilen bir farkı (ilişkiyi) belirleme performansı için ise güç değerini belirlemek gerekmektedir. 50000 deneme için elde edilen kestirime ilişkin hipotez testinin anlamlı olma olasılığı, güç değerine karşılık gelmektedir. Örneklem büyüklüğü 100, 250, 500 ve 700 için bu olasılık (x1 değişkeni için katsayı kestirimine ilişkin testin anlamlı bulunma olasılığı= GÜÇ) sırasıyla %18, %40, %66 ve %80 olarak bulunmuştur. Hem hipotez testi performansı hem de diğer kestirici özellikleri yönüyle ilgili korelasyon yapısında gerekli olan örneklem büyüklüğünün 700 olması gerektiği söylenebilir (Tablo 4.7).

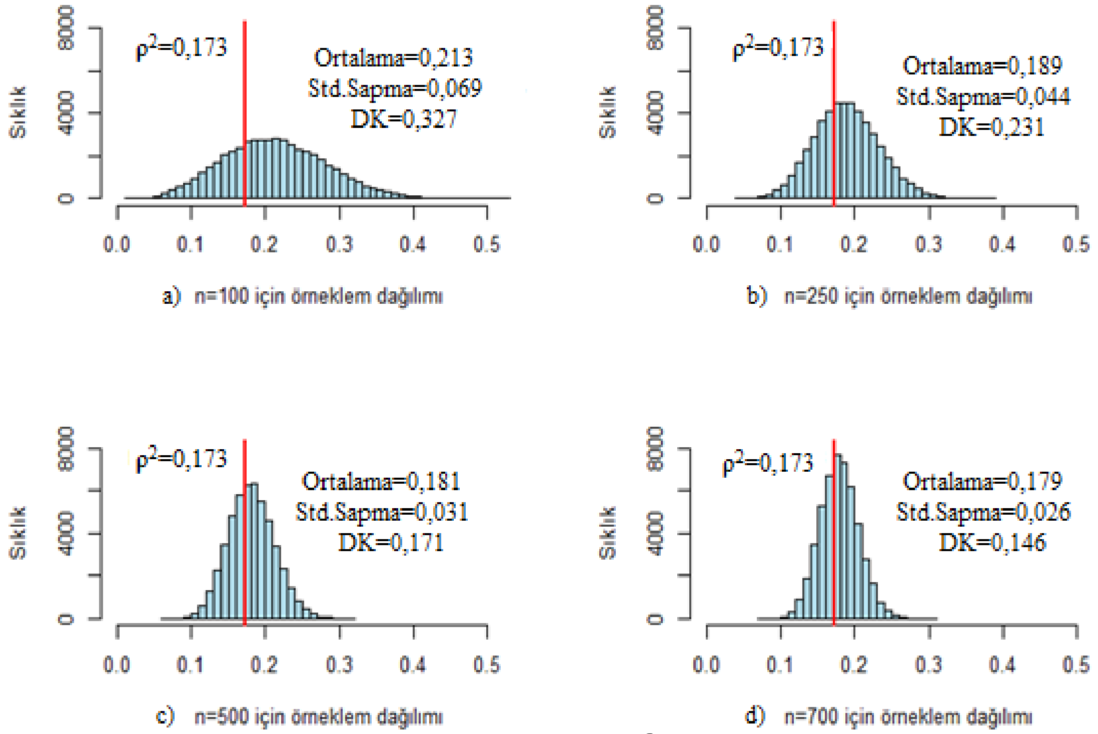
Tablo 4.7. Farklı örneklem büyüklüklerinde katsayı kestimleri için örneklem dağılımlarına ilişkin istatistikler (β_1=9,998 ve Deneme Sayısı =50000)

Nitelik	İstatistik	n=100	n=250	n=500	n=700
Merkezi Eğilim Ölçüleri	Ortalama	10,013	10,059	10,022	10,001
	Ortanca	10,038	10,069	10,028	9,996
Yaygınlık Ölçüleri	Min	-36,674	-18,220	-6,419	-4,970
	Maks	51,059	33,991	27,517	23,811
	Aralık	87,733	52,211	33,937	28,781
Kesinlik (Precision)	Varyans	94,500	36,062	17,765	12,535
	Std. Sapma	9,721	6,005	4,215	3,541
	Değişim Katsayısı	0,971	0,597	0,421	0,354
Yanlılık (Bias)	ME	0,015	0,061	0,024	0,003
	MRE	0,001	0,006	0,002	0,000
Doğruluk (Accuracy)	MAE	7,721	4,786	3,356	2,825
	MSE	94,498	36,065	17,765	12,535
	RMSE	9,721	6,005	4,215	3,541
Performans	Güç	0,178	0,392	0,664	0,803

Çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde elde edilen bir diğer istatistik ise açıklayıcılık katsayısıdır (R^2). Açıklayıcılık katsayısı için de örneklem dağılımı (Şekil 4.18) incelendiğinde ve Tablo 4.8'de ortalama ve ortanca değerlerine bakıldığında, n=100 için oldukça yanlı bir kestirim değerinin elde edildiği görülmektedir. Yanlılık için ortalama hata (*Mean Error/ME*) değeri yaklaşık %4'dür ve göreceli olarak yüksek olduğu söylenebilir. Ortalama hata (*Mean Error/ME*) n=500 için %0,0076 iken n=700 için ise %0,0054 seviyesindedir ve dağılım ortalamaları parametre değerine oldukça yakındır.

Kesinlik ölçütleri standart sapma, varyans ve değişim katsayısı değerlerine bakıldığında örneklem büyüklüğü arttıkça kesinliğin arttığı görülmekte ayrıca minimum ve maksimum değerleri incelendiğinde n=100 için yaklaşık %51'lik fark dikkat çekmektedir. n=700 için göreceli olarak daha yüksek kesinlikten (küçük değerler) söz edilebilir.

Doğruluk ölçüleri de yine örneklem büyüklüğü arttıkça daha küçük istatistikler üretmektedir. Dolayısıyla daha doğru bir kestirici elde edildiği görülmektedir.



Şekil 4.18. Farklı örneklem büyüklüklerinde ρ^2 (0,173) kestirimi için örneklem dağılımı

Tablo 4.8. Farklı örneklem büyüklüklerinde ρ^2 (0,173) kestirimi için örneklem dağılımlarına ilişkin istatistikler (Deneme Sayısı=50000)

Nitelik	İstatistik	n=100	n=250	n=500	n=700
Merkezi Eğilim Ölçüleri	Ortalama	0,2125	0,1890	0,1810	0,1788
	Ortanca	0,2097	0,1874	0,1803	0,1783
Yaygınlık Ölçüleri	Min	0,0127	0,0489	0,0671	0,0778
	Maks	0,5221	0,3819	0,3161	0,3016
	Aralık	0,5094	0,3330	0,2491	0,2238
Kesinlik (Precision)	Varyans	0,0048	0,0019	0,0010	0,0007
	Std. Sapma	0,0694	0,0437	0,0310	0,0261
	Değişim Katsayısı	0,3266	0,2312	0,1712	0,1460
Yanlılık (Bias)	ME	0,0391	0,0156	0,0076	0,0054
	MRE	56,70	57,00	56,80	56,70
Doğruluk (Accuracy)	MSE	0,0064	0,0022	0,0010	0,0007
	RMSE	0,0797	0,0464	0,0319	0,0266
	MAE	0,0630	0,0367	0,0254	0,0212
Performans	ρ^2±0,04 aralığında %80 olasılıkla R^2 kestirimi	0,3940	0,6210	0,7930	0,8680

R^2 kestirimine ilişkin performans ise belirli bir hata (%4) aralığında elde edilen kestirimlerin olasılığı şeklinde değerlendirdiğimizde, ρ^2±%4 aralığında kestirim olasılığı, örneklem büyüklüğü 100, 250, 500 ve 700 için sırasıyla %39,4; %62,1; %79,3 ve %86,8 olarak bulunmuştur. Bu bulgular ışığında ρ^2±%4 aralığında kestirim için n=500 örneklem büyüklüğünün yeterli olduğu söylenebilir.

4.3. Değişen Korelasyon Katsayıları İçin Benzetim Çalışması Sonuçları

Bölüm 4.1'de korelasyon düzeylerinin aynı (eşit) olduğu varsayımı altında gerçekleştirilen senaryolar için sonuçlar elde edilmişti. Bu bölümde ise aynı (eşit) olmayan korelasyonlar için örneklem büyüklükleri hesaplanmıştır. Gerçek bir veri setinde değişkenler arası ilişki düzeylerinin aynı olması pek rastlanır bir durum değildir. Bu nedenle Bölüm 4.1'de incelenen senaryolardan ikisi dikkate alınarak ortalamaları sabit kalmak üzere farklı korelasyon düzeyleri için benzetim çalışmaları yapılmıştır.

Benzetim çalışmaları sonuçları Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'da özetlenmiştir. Tablolarda hem sabit (A ile indislenmiş yapılar) hem de değişen (farklı) korelasyon (B, C, vb ile indislenmiş) yapıları için farklı örneklem büyüklüklerine ilişkin güç değerleri görülmektedir. Tabloların sol sütunlarında korelasyon matrisleri; sağ sütunlarında ise farklı örneklem büyüklüklerinde katsayılar (β) için güç değerleri ve açıklayıcılık katsayıları için ρ^2±%4 aralığında kestirim olasılıkları verilmiştir.

Korelasyon katsayılarının değişimine bağlı olarak elde edilen örneklem büyüklüklerinin oldukça farklı olduğu, alanyazında çoklu doğrusal regresyon çözümlemesi için örneklem büyüklüğü belirlerken eşit düzeyde korelasyon katsayısı varsayımının geçerli sonuçlar üretmeyeceği gözükmektedir.

Tablo 4.9 incelendiğinde I) bağımsız değişkenler arası korelasyonlar eşit (0,50) ve sabit, II) bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arası korelasyon düzeyleri farklı fakat ortalamaları sabit (0,50) kalmak şartı ile 3 farklı senaryo için örneklem büyüklükleri belirlenmiştir. Bu tabloya göre katsayı kestirimleri için elde edilen örneklem büyüklükleri küçükten büyüğe 16; 29; 70; 380 ve 1180 şeklinde sıralandığında birbirinden oldukça farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Açıklayıcılık katsayısı için ise daha yakın sonuçların (530; 600 ve 630) elde edildiği gözükmektedir.

Tablo 4.9. İki bağımsız değişkenli modelde, I) eşit ve II) farklı ilişki düzeyleri için korelasyon matrisi ve farklı örneklem büyüklükleri ile elde edilen güç değerleri

	Korelasyon Matrisi				n için Performans Değerleri			
		X_1	X_2	Y	n	β_1	β_2	ρ^2
Senaryo A	X_1	1	0,5	0,5	70	0,80	0,80	0,19
	X_2	0,5	1	0,5	630	1,00	1,00	0,80
	Y	0,5	0,5	1				
	ρ^2=0,333							
		X_1	X_2	Y	n	β_1	β_2	ρ^2
Senaryo B	X_1	1	0,5	0,4	29	0,11	0,80	0,21
	X_2	0,5	1	0,6	380	0,80	1,00	0,48
	Y	0,4	0,6	1	600	0,94	1,00	0,80
	ρ^2=0,373							
		X_1	X_2	Y	n	β_1	β_2	ρ^2
Senaryo C	X_1	1	0,5	0,3	16	0,06	0,82	0,15
	X_2	0,5	1	0,7	1180	0,80	1,00	0,95
	Y	0,3	0,7	1	530	0,47	1,00	0,80
	ρ^2=0,493							

Tablo 4.10 incelendiğinde ise hem bağımsız değişkenler arası hem de bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arası değişen korelasyon düzeyleri (fakat ortalamaları sabit (0,50)) için örneklem büyüklükleri belirlenmiştir. Katsayı kestirimleri için elde edilen örneklem büyüklükleri en küçük 32, en büyük ise 15000 olmak üzere oldukça geniş bir aralıkta çok farklı değerler şeklinde gözükmektedir. Açıklayıcılık katsayıları için tablo incelendiğinde ise elde edilen örneklem büyüklükleri en küçük 557, en büyük ise 610 değerleri arasında, oldukça yakın değerlere sahip olduğu gözükmektedir.

Buradan da anlaşılacağı üzere, alanyazında etki büyüklüğü olarak açıklayıcılık katsayısının kullanılması ve açıklayıcılık katsayısı kestirimleri için gerekli olan örneklem büyüklüklerini belirleme çalışmaları, katsayı kestirimlerine göre daha dar bir aralıkta birbirine benzer sonuçlar üretmektedir. Fakat bu çalışmaların katsayı kestirimleri için kullanılamayacağı gözükmektedir.

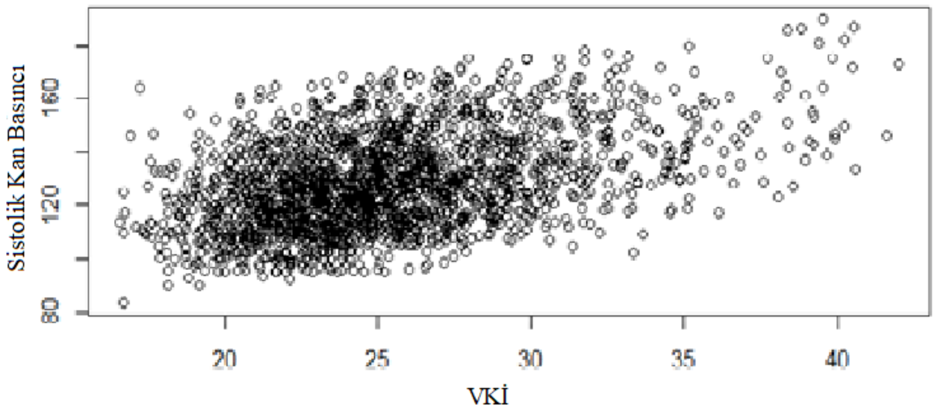
Tablo 4.10. Üç bağımsız değişkenli modelde, I) eşit ve II) farklı ilişki düzeyleri için korelasyon matrisi ve farklı örneklem büyüklükleri ile elde edilen güç değerleri

	Korelasyon Matrisi					n için Güç Değerleri				
		X_1	X_2	X_3	Y	n	β_1	β_2	β_3	ρ^2
Senaryo A	X_1	1	0,5	0,5	0,5	127	0,80	0,80	0,80	0,38
	X_2	0,5	1	0,5	0,5	610	1,00	1,00	1,00	0,80
	X_3	0,5	0,5	1	0,5					
	Y	0,5	0,5	0,5	1					
	ρ^2=0,375									
		X_1	X_2	X_3	Y	n	β_1	β_2	β_3	ρ^2
Senaryo B	X_1	1	0,4	0,6	0,4	15000	0,80	1,00	1,00	1,00
	X_2	0,4	1	0,5	0,5	97	0,60	0,80	0,99	0,39
	X_3	0,6	0,5	1	0,6	46	0,05	0,47	0,80	0,27
	Y	0,4	0,5	0,6	1	575	0,1	1,00	1,00	0,80
	ρ^2=0,414									
		X_1	X_2	X_3	Y	n	β_1	β_2	β_3	ρ^2
Senaryo C	X_1	1	0,4	0,6	0,4	1000	0,80	1,00	1,00	0,90
	X_2	0,4	1	0,5	0,6	36	0,08	0,80	0,24	0,24
	X_3	0,6	0,5	1	0,5	177	0,23	1,00	0,80	0,52
	Y	0,4	0,6	0,5	1	588	0,6	1,00	1,00	0,80
	ρ^2=0,418									
		X_1	X_2	X_3	Y	n	β_1	β_2	β_3	ρ^2
Senaryo D	X_1	1	0,4	0,6	0,5	71	0,80	0,99	0,07	0,34
	X_2	0,4	1	0,5	0,6	32	0,44	0,80	0,06	0,23
	X_3	0,6	0,5	1	0,4	4300	1,00	1,00	0,80	1,00
	Y	0,5	0,6	0,4	1	570	1,00	1,00	0,2	0,80
	ρ^2=0,442									
		X_1	X_2	X_3	Y	n	β_1	β_2	β_3	ρ^2
Senaryo E	X_1	1	0,4	0,6	0,5	195	0,80	0,39	1,00	0,53
	X_2	0,4	1	0,5	0,4	550	1,00	0,80	1,00	0,78
	X_3	0,6	0,5	1	0,6	53	0,30	0,13	0,80	0,28
	Y	0,5	0,4	0,6	1	575	1,00	0,81	1,00	0,80
	ρ^2=0,399									
		X_1	X_2	X_3	Y	n	β_1	β_2	β_3	ρ^2
Senaryo F	X_1	1	0,4	0,6	0,6	44	0,80	0,16	0,17	0,26
	X_2	0,4	1	0,5	0,4	330	1,00	0,80	0,80	0,66
	X_3	0,6	0,5	1	0,5	595	1,00	0,97	0,97	0,80
	Y	0,6	0,4	0,5	1					
	ρ^2=0,405									
		X_1	X_2	X_3	y	n	β_1	β_2	β_3	ρ^2
Senaryo G	X_1	1	0,4	0,6	0,6	34	0,80	0,54	0,07	0,23
	X_2	0,4	1	0,5	0,5	60	0,97	0,80	0,09	0,31
	X_3	0,6	0,5	1	0,4	1450	1,00	1,00	0,80	0,96
	Y	0,6	0,5	0,4	1	557	1,00	1,00	0,4	0,80
	ρ^2=0,443									

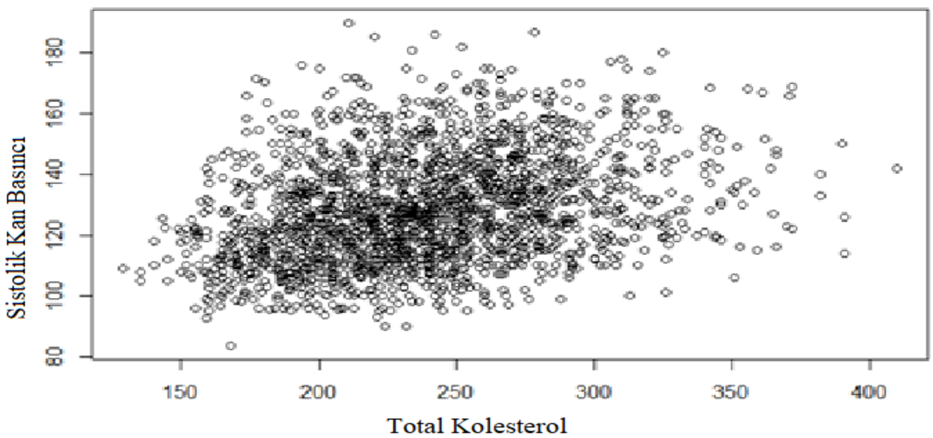
4.4. Gerçek Veri Seti için Benzetim Çalışması Sonuçları

Bu bölümde ise Framingham verisinde kadın katılımcıların verileri ile çoklu doğrusal regresyon modeli çalışılmıştır. Veride doğrusallığın sağlanması için standartlaştırılmış artıklar incelenerek, 2,1 değerinin üzeri gözlemler veriden çıkartılmış, cinsiyete göre farklı etkiler olacağı varsayımı ile tabakalama yapılmış ve geriye kalan 2089 kadın katılımcı ile çalışma sürdürülmüştür.

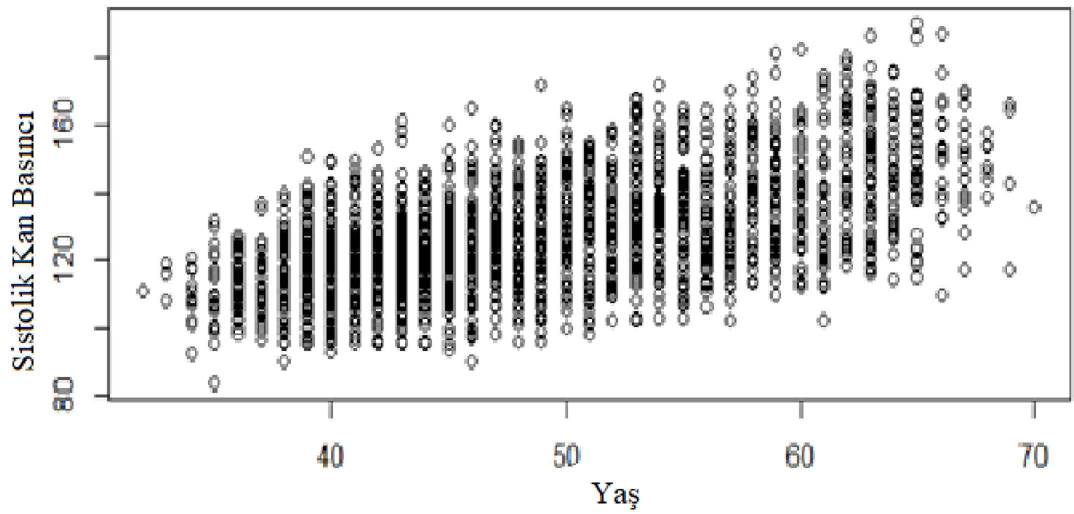
Kurgulanan modelde bağımlı değişken sistolik kan basıncı, bağımsız değişkenler ise yaş, vücut kitle indeksi (VKİ) ve total kolesterol olarak belirlenmiştir. Veriye ilişkin saçılım grafikleri, (Pearson) korelasyon matrisi ve modele ilişkin sonuçlar aşağıda sunulmuştur.



Şekil 4.19. Gerçek veri setinde sistolik kan basıncı ile vücut kitle indeksi için saçılım grafiği



Şekil 4.20. Gerçek veri setinde sistolik kan basıncı ile total kolesterol için saçılım grafiği



Şekil 4.21. Gerçek veri setinde sistolik kan basıncı ile yaş için saçılım grafiği

Tablo 4.11. Gerçek veri setinde değişkenler arası korelasyon matrisi

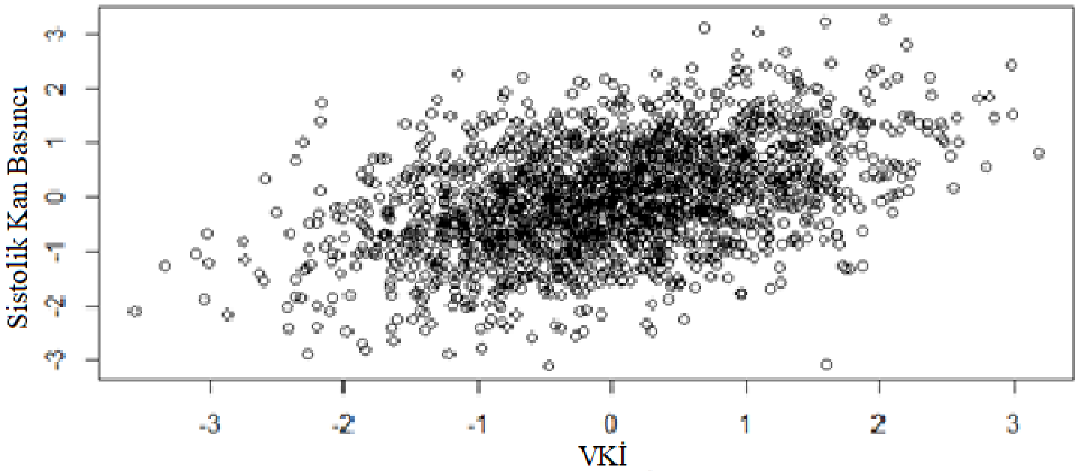
Değişkenler	T-Kolst	Yaş	VKİ	SKB
T-Kolst	1	0,44168	0,15449	0,30673
Yaş	0,44168	1	0,24783	0,57432
VKİ	0,15449	0,24783	1	0,44644
SKB	0,30673	0,57432	0,44644	1

Tablo 4.12. Gerçek veri seti için çoklu doğrusal regresyon çözümlemesine ilişkin sonuçlar

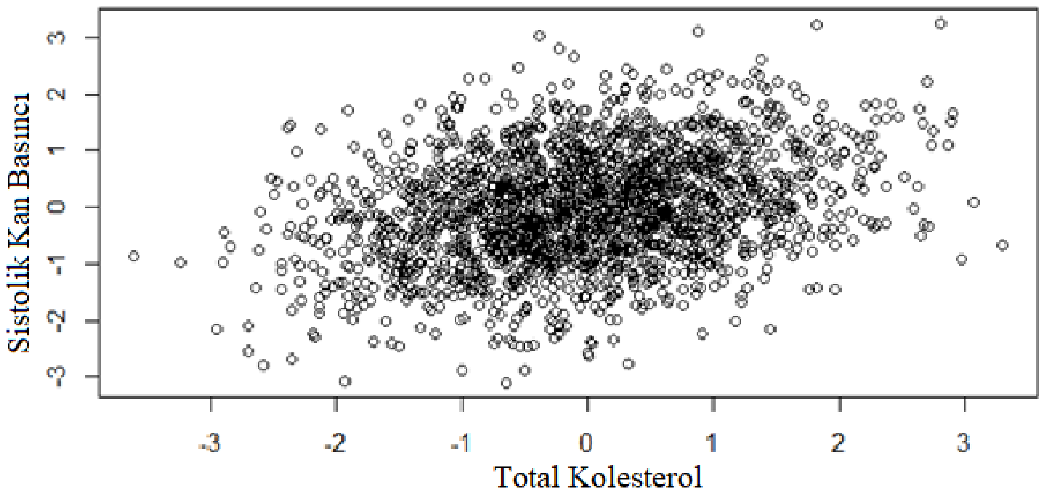
	$\hat{\beta}$	Std. Hata	t	p
Sabit	42,527455	2,323866	18,300	<0,001
T-Kolst	0,018800	0,007237	2,598	<0,001
Yaş	0,961898	0,038230	25,161	<0,001
VKİ	1,340463	0,071193	18,829	<0,001

Art. S. Hata=13,08; Çoklu R^2 =0,4302; Düz. R^2 =0,4294; F(3; 2085) = 524,8

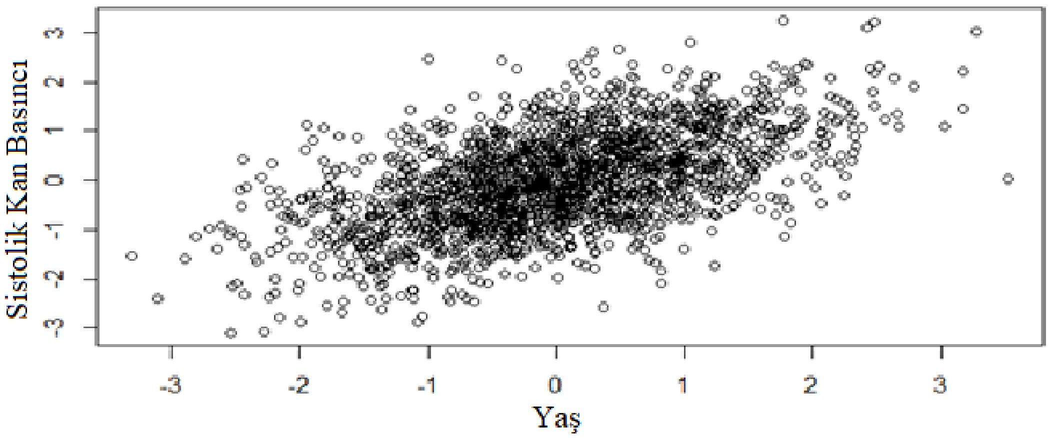
Gerçek veriye ilişkin korelasyon matrisi kullanılarak 1000000 gözlemli veri üretilmiştir. Üretilen veri setinden rastgele seçilen 2400 gözlem için saçılım grafikleri aşağıda sunulmuştur.



Şekil 4.22. Benzetim verisinde sistolik kan basıncı ile vücut kitle indeksi için saçılım grafiği



Şekil 4.23. Benzetim verisinde sistolik kan basıncı ile total kolesterol için saçılım grafiği



Şekil 4.24. Benzetim verisinde sistolik kan basıncı ile yaş için saçılım grafiği

Üretilen veri seti için güç analizi sonuçları Tablo 4.13'de özetlenmiştir, %80 güçte katsayı kestirimleri için gerekli örneklem büyüklükleri sırasıyla yaş için 33, vücut kitle indeksi için 53 ve total kolesterol için ise 2445 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.13. Benzetim verisi için örneklem büyüklükleri ve güç değerleri

n	Total Kolesterol	Yaş	VKİ	$\rho^2 \pm 0,04$
33	0,061	0,808	0,577	0,221
53	0,068	0,957	0,803	0,288
582	0,279	1,000	1,000	0,801
2445	0,801	1,000	1,000	0,991

Korelasyon matrisi incelendiğinde sistolik kan basıncı ile total kolesterol değişkenleri arasında 0,307 düzeyinde bir ilişki olmasına rağmen çok büyük bir örneklem büyüklüğü elde edilmiş olmasının nedeni, Tablo 4.14'de verilmiş olan kısmi korelasyon katsayıları incelendiğinde görülmektedir. Kısmi korelasyon katsayıları incelendiğinde diğer bağımsız değişkenlerin etkisi kaldırıldıktan sonra total kolesterol ile sistolik kan basıncı değişkenleri arasındaki doğrusal ilişkinin çok düşük olduğu görülmektedir. Etki büyüklüğü kavramı açısından değerlendirildiğinde kısmi korelasyon katsayısının da bir etki büyüklüğü ölçütü olduğu ve küçük etki büyüklüğü için yüksek sayıda gözleme ihtiyaç duyulacağına önceki bölümlerde değinilmişti.

Tablo 4.14. Gerçek verinde değişkenler arası kısmi korelasyon katsayıları

Değişken	Total Kolesterol	Yaş	VKİ	SKB
Total Kolesterol	1	0,34111	0,02616	0,05680
Yaş	0,34111	1	-0,01992	0,48261
VKİ	0,02616	-0,01992	1	0,38121
SKB	0,05680	0,48261	0,38121	1

Tablo 4.15'de ise gerçek veri setinden yerine koyarak örnekleme yöntemi ile farklı örneklem büyüklüklerinde uygulanan regresyon çözümlemesi için güç değerleri raporlanmıştır. Simülasyon sonuçları ile gerçek veri setinden elde edilen sonuçların uyumlu olduğu söylenebilir. Göreceli olarak, ρ^2 için farklı örneklem büyüklüğü elde edilmiştir.

Tablo 4.15. Gerçek veri setinde farklı örneklem büyüklükleri için elde edilen güç değerleri

n	Total Kolesterol (n=2445)	Yaş (n=33)	VKİ (n=53)	ρ^2 (n=582)
34	0,066	0,808	0,574	0,237
56	0,074	0,963	0,799	0,310
57	0,072	0,964	0,811	0,313
530	0,264	1,00	1,00	0,805
1000	0,436	1,00	1,00	0,923
1500	0,589	1,00	1,00	0,971
2000	0,714	1,00	1,00	0,987
2200	0,753	1,00	1,00	0,992
2400	0,793	1,00	1,00	0,994
2450	0,800	1,00	1,00	0,994

5. TARTIŞMA

Bu çalışmanın önceki bölümlerinde de belirtildiği üzere planlanan bir çalışmada uygulanacak çözümleme yöntemi için etki büyüklüğü, hedeflenen güç ve bunlara bağlı olarak örneklem büyüklüğü belirleme süreci, geçerli ve güvenilir parametre kestirimlerinin elde edilebilmesi açısından büyük öneme sahiptir. Bu konuda Cohen'nin 1962 tarihli çalışmasından günümüze, iki grup karşılaştırması gibi temel çözümlemelerden, çok değişkenli çözümlemelere kadar birçok yöntem için etki büyüklüğü ve güç analizi çalışmaları yapılmıştır.

Genel bilgiler bölümünde çoklu doğrusal regresyon çözümlemesinde örneklem büyüklüğünü belirlemek için kullanılan a) parmak hesabı, b) güç analizi ve c) çapraz geçerlik yaklaşımlarından söz edilmişti. Bu tez çalışmasında güç analizi yaklaşımı temel alınmış ve farklı senaryolar için örneklem büyüklüklerine bağlı olarak güç değerleri hesaplanmış, %80 güç için gerekli olan örneklem büyüklükleri rapor edilmiştir.

Bu bölümde, alanyazında güç analizi yaklaşımı ve benzer yaklaşımlarla yapılmış diğer çalışmalar özetlenecek, çalışmamız çerçevesinde tartışılacaktır.

Green (1991) hem katsayı hem de ρ^2 kestirimi (R^2) için ayrı ayrı çalışmış, çalışmalarını küçük, orta ve büyük etki büyüklükleri için pratik bağıntılar şeklinde özetlemiştir. Birçok kitapta yer alan, orta düzey etki büyülüğü ile katsayı ve ρ^2 kestirimleri (R^2) için sırasıyla 104+k ve 50+8k bağıntıları, Green'in önerdiği örneklem büyüklüğünü veren bağıntılardır. Bu süreçte Green değişkenler arası korelasyonları dikkate almamıştır. Ayrıca Green tarafından önerilen bağıntılara göre ρ^2 kestirimi (R^2) için daha küçük örneklem büyüklüğü gerekmektedir. Ancak tez çalışmamızın bulgularına göre her durum altında bu genellemenin yapılamayacağı görülmektedir (47).

Algina ve Olejnik (2000), bir hipotez testinde yeterli bir güç değeri için gerekli örneklem büyüklüğü ile bir parametrenin yeterli seviyede doğrulukla (*accuracy*) kestirimi için gerekli olan örneklem büyüklüğünün biraz farklı olduğunu belirtmiş ve ρ^2'yi ±0,05; ±0,10; ±0,15 ve ±0,20 doğruluk seviyelerinde % 95 güven düzeyinde elde edebilmek için gerekli örneklem büyüklüklerini hesaplamışlardır. Araştırmacılar çalışma bulgularını, ρ^2 değerinin (%5 aralıklarla) hem R^2 hem de düzeltilmiş R^2 kestirimlerine ilişkin örneklem dağılımlarının ortanca değerlerini ve örneklem büyüklüklerini tablolarla özetlemişlerdir (50).

Algina, Moulder ve Moser (2002), regresyon modellerinde yeni bir değişken eklenmesi ile ρ^2'de meydana gelen artış miktarını ±0,05; ±0,10; ±0,15; ±0,20 doğruluk seviyelerinde ve % 95 güven düzeyinde elde edebilmek için gerekli örneklem büyüklüklerini hesaplamışlardır. Örneklem büyüklüğünün değişken sayısından çok fazla etkilenmediğini, ancak, daha çok ρ^2'deki değişim miktarı ve doğru kestirim seviyesinden etkilendiğini belirtmişlerdir (51).

Algina ve Olejnik (2003), korelasyon katsayısı, açıklayıcılık katsayısı (ρ^2) ve de yeni bir değişken eklendiğinde ρ^2'deki artış miktarını ±0,05; ±0,10; ±0,15; ±0,20 doğruluk seviyelerinde %95 güven düzeyinde elde edebilmek için gerekli örneklem büyüklüklerini hesaplamışlardır (52). Tez çalışmamızda $\rho^2 \pm 0{,}04$ aralığında %80 olasılıkla elde edilen kestirimler için elde edilen sonuçlar, Algina ve Olejnik'in $\rho^2 \pm 0{,}05$ aralığında %95 güven düzeyinde elde ettikleri sonuçlar ile oldukça uyumludur.

VanVoorhis ve Morgan (2007), ilişki analizleri için genel bir değerlendirmeden sonra her bir değişken için 30 gözlemin küçük bir etkiyi yüksek bir güçte belirlemek için yeterli olacağını belirtmişlerdir (53).

Kelley (2008) istenen bir doğruluk düzeyinde ρ^2'yi kestirebilmek için bir benzetim çalışması yapmış ve bir R paketi (MBESS) geliştirmiştir. Çalışma bulgularını bağımsız değişken sayısı 2, 5, 10 için ±0,05; ±0,10; ±0.20; ±0,30; ±0,40 doğruluk seviyelerinde ve %95 güven düzeyinde gerekli olan örneklem büyüklüğü şeklinde sunmuştur (54).

Knofczynski ve Mundfrom (2008) çalışmalarında bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında ilişki düzeyleri belirlenmiş ve evren dağılımından üretilmiş örneklemler ile benzetim çalışması yapmışlardır. Çalışma ρ^2 kestirimi için gerekli olan örneklem büyüklüklerini hesaplamak üzere kurgulanmıştır. İlgili evrenden rastgele çekilen 2000 gözlemi, farklı örneklem büyüklüklerine bağlı olarak parçalamışlar ve elde edilen kestirimler arasındaki korelasyon düzeyine göre sonuçları iyi (%92 üstü) ve mükemmel (%98 üstü) olarak nitelemişlerdir. Çalışma bulgularını farklı bağımsız değişken sayıları için iyi ve mükemmel kestirim nitelemeleri ile tablolarda özetlemişlerdir. Knofczynski ve Mundfrom, ρ^2 ile örneklem büyüklüğü arasında negatif üstel bir ilişki olduğu belirtmiş ve bulgularını grafiklerle de desteklemişlerdir (49).

Bonett ve Wright (2011) parmak hesabı bağıntılarının doyurucu sonuçlar üretmediğini belirtmişler, diğer yapılan çalışmaları da örneklem büyüklüğüne ilişkin tablolar oluşturmaya odaklanan, kullanışsız ve yetersiz tablolar olarak eleştirmişlerdir. Kendi önerilerinin ise hem ρ^2 hem de standartlaştırılmamış regresyon katsayıları için arzulanan kesinlikte daha sade, doğru, genel bir yaklaşım olduğunu belirtmişlerdir. Bulgularını yine tablolar halinde de özetlemişlerdir (55). Ancak bu çalışma Shieh (2013) tarafından eleştirilmiş, kullanılan formülün yanlış ve sorunlu olduğu belirtilmiştir. Shieh yaptığı benzetim çalışması sonuçlarına dayanarak Bonett ve Wright'ın çalışmasını belirlenen kesinlikte kestirebilmek için çok daha büyük örneklem büyüklüklerine gerek duyulduğunu vurgulamış, Bonett ve Wright tarafından önerilen formülün kullanılmamasını önermiştir (56).

Austin ve Steyerberg (2015)'in çalışma bulgularında ise regresyon katsayısının doğru kestirimi için bağımsız değişken başına 2 gözlemin gerektiği belirtilmiş ve örneklem sayısı düşük olduğunda, R^2 yerine düzeltilmiş R^2'nin tercih edilmesi önerilmiştir (57).

Yukarıda değinilen çalışmaların (ki kimi teorik kimi benzetim çalışmasıdır), konuyu ele alış biçimleri oldukça farklıdır. Söz konusu farklılıklar aşağıda sıralanmaya çalışılmıştır.

1) Yukarıda özetlenen çalışmalarda ilk dikkat çeken nokta kullanılan etki büyüklüklerinin farklılığıdır. Etki büyüklüğü olarak açıklayıcılık katsayısı (ρ^2), kısmi korelasyon katsayısı, yarı kısmi korelasyon katsayısı ve standartlaştırılmamış regresyon katsayısı kullanılmıştır. Genellikle de açıklayıcılık katsayısı (ρ^2) etki büyüklüğü olarak kullanılmıştır.

2) Çok az sayıda çalışmada değişkenler arası korelasyon yapısı dikkate alınmıştır.
3) Birçok çalışmada ρ^2 kestirimi için örneklem büyüklüğü hesabı yapılmış, ancak katsayı kestirimleri göz ardı edilmiştir.
4) Kimi çalışmalarda hipotez testi için güç değerleri kullanılmış kimi çalışmalarda ise etki büyüklüğü için istenen bir doğruluk düzeyinde kestirilme olasılığı hesaplanmıştır.
5) Örneklem büyüklüğünü etkileyen etkenleri (faktörleri) çalışmaları bağlamında farklı sıralamışlardır. Örneğin kimi çalışma değişken sayısını önemli bulurken kimi çalışma önemsiz bulmuştur.

Tez çalışmamız, genel bilgiler bölümünde ayrıntılı olarak ele aldığımız Maxwell (2000)'in çalışmasını temel almıştır. Bu kapsamda etki büyüklüğü olarak değişkenler arası korelasyon yapısı kullanılmış ve hem katsayı hem de ρ^2 kestirimi için örneklem büyüklükleri ayrı ayrı elde edilmiştir. Ayrıca elde edilen örneklem büyüklükleri ile ρ^2 arasında bir örüntünün varlığı araştırılmış, ρ^2'nin örneklem büyüklüğünü belirlemede yeterliği irdelenmiştir.

Tez çalışmamız sürecinde elde ettiğimiz bulgulara göre; çoklu doğrusal regresyon çözümlemesi için gerekli olan örneklem büyüklüğü 3 etkene bağlıdır;

1) Kurgulanan doğrusal regresyon modelinin amacı (katsayı veya ρ^2 kestirimi),
2) Bağımsız değişken sayısı ve
3) Modelde yer alan değişkenler arası korelasyon yapısı.

Bu bulgular doğrultusunda alanyazında yapılan çalışmalara hem olumlu hem olumsuz eleştirilerimiz aşağıda sıralanmıştır.

1) Parmak hesabı yöntemleri ile belirlenen örneklem büyüklüklerinin, değişken sayısını dikkate almasına rağmen değişkenler arası korelasyon yapısını ve genellikle modelin amacını dikkate almadığından, birçok koşulda geçerli kestirimler sağlamadığı görülmektedir.

2) Güç analizi yönteminde, genellikle etki büyüklüğü olarak ρ^2'nin kullanılması katsayı kestirimleri için uygun değildir. Belirlenen bir güç değerinde katsayı kestirimleri için gerekli örneklem büyüklükleri ρ^2 ile düzenli bir örüntü oluşturmamaktadır.
3) Teorik olarak test edilmesi planlanan regresyon modeli, kestirim amacı ile kullanılacak ise istenen bir doğruluk düzeyinde ρ^2 kestirimi önem kazanacaktır. Bu durumda etki büyüklüğü olarak ρ^2'nin kullanılması yeterli örneklem büyüklüğünü vermektedir.
4) Farklı değişken sayıları için elde edilen örneklem büyüklükleri arasındaki farklar değişken sayısının önemli bir etken olduğunu göstermiştir.
5) ρ^2 kestirimi için gerekli olan örneklem büyüklüğü her durumda katsayı kestirimi için gerekli olan örneklem büyüklüğünden daha az değildir. Bu genelleme de her durum için doğru değildir.

Son olarak yukarıda sıralanan çalışmalarda genellikle etki büyüklüğü olarak ρ^2 kullanılmasına karşın bizim çalışmamızda değişkenler arası korelasyon matrisi kullanılmıştır. Çalışmamızı yukarıda özetlenmiş çalışmalardan ayrıştıran temel nokta ise; değişkenler arası korelasyon yapısının taşıdığı bütün bilginin kullanılarak, belirlenen örneklem büyüklüğünde her bir değişken için ayrı ayrı güç değerinin elde edilmesidir. Önceki çalışmalar tümel bir yaklaşımla özet tablolar oluşturma çabasıyla yapılmış çalışmalardır. Çalışmamızda benzer şekilde tümel sonuçlar raporlanmış olmakla birlikte elde edilen sonuçların yeterli olmadığı Bölüm 4.4'de gösterilmiştir. Değişkenler arası farklı korelasyon yapıları için belirli örneklem büyüklüklerinde her bir değişken için ayrı ayrı güç değeri elde edilerek, uygun örneklem büyüklüğünün belirlenmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Güç analizi süreci, planlanan bir çalışmanın doğru kestirimler üretmesi açısından çok büyük önem taşımaktadır. Güç analizi süreci birçok tek değişkenli analiz yöntemi için kolaylıkla uygulanabiliyor olmasına karşın çok değişkenli analiz yöntemlerinde söz konusu süreç çok net değildir. Bu süreci zorlaştıran temel nokta ise örneklem büyüklüğünü hesaplamak için gerekli olan etki büyüklüğünün ne olacağı ve miktarının mümkün olduğunca doğru bir değerde önsel olarak belirlenmesidir.

Regresyon çözümlemelerinde güç analizi işlemleri için 4 farklı etki büyüklüğü kullanılabilmektedir. Bunlar; ρ^2, regresyon katsayıları, kısmi, yarı kısmi ve Pearson korelasyon katsayılarıdır. Göreceli olarak; değişkenler arası Pearson korelasyonlarının elde edilebilmesi daha kolay ve olanaklıdır. Araştırmacı gerekli alanyazın taraması, pilot bir çalışma veya deneyimlerine dayalı olarak korelasyon yapısını belirlemelidir.

Etki büyüklüğü korelasyon matrisi olarak belirlendikten sonra ise kurgulanan regresyon modelinin amacı belirlenmelidir. Eğer amaç doğru ρ^2 kestirimi ise korelasyon matrisi yardımıyla elde edilebilecek ρ^2 değeri etki büyüklüğü olarak örneklem büyüklüğünü hesaplamak için kullanılabilir. Fakat amaç katsayı kestirimi ise ρ^2 değeri örneklem büyüklüğünü belirlemek için yeterli bilgi vermemektedir. Bunun nedeni ρ^2'nin, korelasyon matrisinden elde edilen ve korelasyon yapısını özetleyen, bilgi kaybının olduğu skaler bir değere indirgenmiş olmasıdır. Çalışma bulgularına göre; katsayı kestirimleri için korelasyon yapısının etki büyüklüğü olarak kullanılması geçerli ve güvenilir kestirimler için gereklidir.

Ek olarak, bir çok çalışmada değişkenler arası korelasyon düzeyleri aynı olarak kabul edilmektedir. Çalışma göstermiştir ki bu yaklaşım da doğru kestirimler elde edebilmek için yeterli değildir. Her bir bağımsız değişkenin hem kendi aralarındaki hem de bağımlı değişkenle ilişki düzeyi aynı olamayacağından aynı olarak kabul edilen korelasyon düzeyleri ile yeterli örneklem büyüklüğünün belirlenmesi mümkün değildir. Tez çalışmamızda yazılan kod yardımı ile her bir değişken için %80 güçte katsayı kestirimi sağlayan örneklem büyüklüğü belirlenmiş ve modelde yer alan değişkenlerin bağımlı değişkendeki etkisi büyük olan değişkenler için küçük, küçük ilişki düzeyine sahip değişkenler için ise büyük örneklem büyüklüğü ayrı ayrı belirlenebilmiştir.

Tez için yazılan kodlar ile farklı örneklem büyüklüklerine bağlı olarak elde edilen güç değerleri ile küçük etki büyüklüğüne (ilişki düzeyine) sahip değişkenin modelde kalıp kalmayacağı da değerlendirilebilmektedir. Bu değerlendirme öngörülen korelasyon yapısı ile kısmi korelasyonlar hesaplanarak da kısmen yapılabilir, her hangi bir bağımsız değişkenin modele tekil katkısı belirlenebilir. Kısmi korelasyon katsayısı küçük olan değişkenin modele katkısı düşük olacağından, ilgili bağımsız değişkenin doğru katsayı kestiriminin yapılabilmesi için gerekli olan örneklem büyüklüğünün çalışma koşulları açısından değerlendirilmesi yapılabilecektir.

Bu tez çalışmasında yukarıdaki yaklaşımlardan farklı olarak,

1) önsel olarak korelasyon yapısı belirlendikten sonra

2) belirlenen örneklem büyüklüğüne bağlı olarak,

i. istenilen doğruluk seviyesinde (örneğin ±%4) ρ^2 kestirimi için elde edilen olasılık değeri ve
ii. her bir bağımsız değişkene ait katsayı kestirimi için ayrı ayrı güç değerleri

hesaplanmalıdır.

Katsayı kestirimleri için istenen güç seviyesi, ρ^2 kestirimi için ise istenen olasılık değeri sağlanıncaya kadar farklı örneklem büyüklüklerinde benzetim kodları çalıştırılarak uygun örneklem büyüklüğüne karar verilebilmektedir.

Gelecekte bu konu üzerine yapılabilecek çalışmalarda, katsayı kestirimlerinde belirli doğruluk düzeyleri için olasılıklar hesaplanabilir ve yeterli görülen olasılıklar için örneklem büyüklükleri belirlenebilir.

Regresyon modelinde kategorik bağımsız değişkenlerin varlığında gerekli örneklem büyüklükleri araştırılabilir.

7. KAYNAKLAR

1. Alpar CR. Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler. 5. Baskı. Ankara: Detay Yayıncılık; 2017.

2. Tabachnick BG, Fidell LS. Using Multivariate Statistics. 6th ed. NewYork: Pearson,2013

3. Brooks GP, Barcikowski RS. The PEAR Method for Sample Sizes in Multiple Linear Regression. Multiple Linear Regression Viewpoints. 2012;38(2):1-16.

4. Stanton JM. Galton, Pearson, and the Peas: A Brief History of Linear Regression for Statistics Instructors. Journal of Statistics Education.2001;9(3):1-13.

5. Multiple Regression [internet]. [Erişim Tarihi 7 Temmuz 2018]. Erişim Adresi: http://www.statsoft.com/Textbook/Statistics-Glossary/M#Multiple%20Regression

6. Aydın D. Uygulamalı Regresyon Analizi, Kavramlar ve R Hesaplamaları. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.;2014.

7. Alpar CR. Uygulamalı İstatistik ve Geçerlik-Güvenirlik. 5. Baskı. Ankara: Detay Yayıncılık; 2018.

8. Perezgonzalez JD. Fisher, Neyman-Pearson or NHST? A Tutorial for Teaching Data Testing. Frontiers in Psychology. 2015; 6: Article 223, 1-11.

9. Lew MJ. Bad Statistical Practicein Pharmacology (and Other Basic Biomedical Disciplines): You Probably don't Know P. British Journal of Pharmacology. 2012: 166; 1559–1567.

10. Doğan İ. İstatistik Biliminin Öncüleri. Ankara: Detay Yayıncılık; 2013

11. Perezgonzalez JD . A Reconceptualization of Significance Testing. Theory & Psychology. 2014; 24(6): 852–859

12. Hubbard R, Bayarri MJ. Why P Values Are Not a Useful Measure of Evidence in Statistical Significance Testing. Theory & Psychology. 2008; 18(1):69-88.

13. Haller H, Krauss S. Misinterpretations of Significance:A Problem Students Share with Their Teachers? Methods of Psychological Research Online. 2002; 7(1).

14. Wallisch P. Brighter Than The Sun: Powerscape Visualizations İllustrate Power Needs in Neuroscience and Psychology. Publication: eprint arXiv:1512.09368 . 12/2015.

15. Mazen AM, Graf L A, Kellog KE ve Hemmasi M. Statistical Power in Contemporary Management Research. The Academy of Management Journal.1987; 30(2): 369-380.

16. Cogen, J. The Statistical Power of Abnormal-Social Psychological Research: A Review. Journal of Abnormal and Social Psychology.1962; 65: 145–153.

17. Cohen, J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. (2nd ed.), Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum; 1988.

18. O'Keefe DJ. Brief Report: Post Hoc Power, Observed Power, A Priori Power, Retrospective Power, Prospective Power, Achieved Power: Sorting Out Appropriate Uses of Statistical Power Analyses. Communication Methods and Measures. 2007; 1(4): 291-299.

19. Ellis PD. The Essential Guide to Effect Size, Statistical Power, Meta-Analysis and Interpretation Research Results. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

20. Hoenig J. ve Heisey DW.The Abuse of Power: The Pervasive Fallacy of Power Calculations for Data Analysis. The American Statistician. 2001; 55(1): 1-6.

21. Dilullo LK.A. Post Hoc Power Analysis of Inferential Research Examining The Relationship Between Mathematic Anxiety and Mathematic Performance [Doctoral Dissertation]. Alabama, USA: Auburn University; 1997.

22. Huberty CJ. A History of Effect Size Indices. Educational and Psychological Measurement. 2002; 62(2): 227-240.

23. Coe R. It's the Effect Size, Stupid. What effect size is and why it is important. Annual Conference of the British Educational Research Association. England: University of Exeter; 2002.

24. Elmore PB, Rotou O. A Primer on Basic Effect Size Concepts. Annual Meeting of the American Educational Research Association; Seattle, WA;2001; p.13.

25. Cohen J. A Power Primer. Psychological Bulletin by the American Psychological Association. 1992; 112(1): 155-159

26. Brand A. Accuracy of Effect SizeE Estimates from Published Psychological Research. Perceptual and MotorSkills. 2008; 106: 645-649.

27. Yıldırım HH, Yıldırım S. On Hypothesis Testing, Confidence Interval, Effect Size and Noncentral Probability Distributions. İlköğretim Online.2011; 10(3): 1112-1123

28. Meehl P E. Theory Testing in Psychology and Physics: A Methodological Paradox. Philosophy of Science. 1967;34: 103–115.

29. Işık İ. Yokluk Hipotezi Anlamlılık Testi ve Etki Büyüklüğü Tartışmalarının Psikoloji Araştırmalarına Yansımaları. Eleştirel Psikoloji Bülteni. 2014; 5:55-80.

30. 126b Thompson, Bruce.The Concept of Statistical Significance Testing. ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation Washington DC. 1994.

31. Ziliak ST, McCloskey DN. The Cult of Statistical Significance. Section on Statistical Education – JSM. 2009; 2302-2316.

32. Levine TR, Weber R, Hullett C, Park HS, Lindsey LLM. A Critical Assessment of Null Hypothesis Significance Testing in Quantitative Communication Research. Human Communication Research.2008; 34(2): 171–187.

33. Cohen J. Things I Have Learned (So Far). American Psychologist. 1990; 45(12): 1304-1312.

34. Benjamin DJ ve ark. Redefine Statistical Significance. Nature Human Behaviour. 2018; 2: 6–10.

35. Ioannidis JPA. The Proposal to Lower P Value Thresholds to .005. JAMA . 2018; 319 (14): 1429-1430

36. Gill J. Comments from the New Editor. Political Analysis. 2018; 26 (Issue 1):1-2.

37. Trafimow D, Marks M. Editorial. Basic and Applied Social Psychology. 2015; 37:1-2.

38. American Educational Research Association. Standards for Reporting on Emperical Social Science Research in AERA Publications.AERA Educational Researcher. 2006; 35 (6): 33-40.

39. American Psychological Association. Publication manual of the American Pyschological Association (5th ed.). Washington, DC: Author; 2001.

40. Belia S, Fidler F, Williams J ve Cumming G. Researchers Misunderstand Confidence Intervals and Standard Error Bars. Psychological Methods. 2005; 10(4): 389–396

41. Lipsey M W. Design sensitivity: Statistical power for experimental research. Newbury Park, CA: Sage; 1990.

42. Özsoy S, Özsoy G. Eğitim Araştırmalarında Etki Büyüklüğü Raporlanması. İlköğretim Online. 2013; 12(2): 334-346.

43. Pedhazur E J. Multiple Regression in Behavioral Research: Explanation and Prediction (3rd ed.). Fort Worth, TX: Harcourt Brace College Publishers; 1997.

44. Huberty C J. Anote on Interpreting an R2 Value. Journal of Educational and Behavioral Statistics. 1994; 19: 351-356.

45. Maxwell S E. Sample size and multiple regression analysis. Psychological Methods. 2000; 5: 434-458.

46. Minitab Blog Editor. Regression Analysis: How Do I Interpret R-squared and Assess the Goodness-of-Fit? [internet]. [Erişim Tarihi 20 Temmuz 2018]. Erişim Adresi: http://blog.minitab.com/blog/adventures-in-statistics-2/regression-analysis-how-do-i-interpret-r-squared-and-assess-the-goodness-of-fit

47. Green S. How Many Subject Does It Take To Do a Regression Analysis? Multivariate Behavioral Research. 1991; 26(3): 499-510.

48. Sawyer R. Sample Size and the Accuracy of Predictions Made from Multiple Regression Equations. Journal of educational statistics. 1982; 7(2): 91-104.

49. Knofczynski GT. Sample Sizes When Using Multiple Linear Regression for Prediction. Educational and Psychological Measurement. 2008; 68 (3); 431-442.

50. Algina J, Olejnik S. Determining Sample Size for Accurate Estimation of the Squared Multiple Correlation Coefficient, Multivariate Behavioral Research. 2000; 35(1): 119-137.

51. Algina J, Moulder BC ve Moser BK. Sample Size Requirements for Accurate Estimation of Squared Semi-Partial Correlation Coefficients, Multivariate Behavioral Research, 2002; 37(1): 37-57.

52. Algina J, Olejnik S. Sample Size Tables for Correlation Analysis with Applications in Partial Correlation and Multiple Regression Analysis, Multivariate Behavioral Research. 2003; 38(3): 309-323.

53. VanVoorhis CRW and Morgan BL. Understanding Power and Rules of Thumb for Determining Sample Sizes . Tutorials in Quantitative Methods for Psychology. 2007; 3 (2): 43-50.

54. Kelley K. Sample Size Planning for the Squared Multiple Correlation Coefficient: Accuracy in Parameter Estimation via Narrow Confidence Intervals Multivariate Behavioral Research. 2008; 43: 524–555.

55. Bonett DG, Wright TA. Sample Size Requirements for Multiple Regression Interval Estimation. Journal of Organizational Behavior. 2011; 32: 822–830.

56. Shieh G. Sample Size Requirements for Interval Estimation of the Strength of Association Effect Sizes in Multiple Regression Analysis. Psicotf^ema. 2013; 25(3): 402-407.

57. Austin PC, Steyerberg EW. The Number of Subjects per Variable Required in Linear Regression Analyses. Journal of Clinical Epidmiology. 2015; 68(6): 627-636.

8. EKLER

EK-1: Tez Çalışması Orjinalik Raporu

turnitin

Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen:	Ayhan Parmaksız
Ödev başlığı:	AP_odev
Gönderi Başlığı:	Ayhan Parmaksız Doktora Tezi
Dosya adı:	23.01.2019.pdf
Dosya boyutu:	2.35M
Sayfa sayısı:	94
Kelime sayısı:	20,592
Karakter sayısı:	119,236
Gönderim Tarihi:	24-Oca-2019 01:09AM (UTC+0300)
Gönderim Numarası:	1067672586

Tez Başlığı: Çoklu Doğrusal Regresyon Çözümlemesinde Farklı Korelasyon Yapılarında %80 Güç İçin Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi

Öğrenci Ad Soyad: Ayhan PARMAKSIZ

Toplam Sayfa: 94 sayfa

Ayhan Parmaksız Doktora Tezi

ORİJİNALLİK RAPORU

%4	%3	%2	%2
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	www.egitimkomisyonu.hacettepe.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
2	samverk.aicon.is İnternet Kaynağı	<%1
3	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	<%1
4	GÜNAL, Altuğ and GÜREL GÜNAL, Gülçin. "AVRUPA BİRLİĞİ BEŞİNCİ GENİŞLEME SÜRECİNDE İŞSİZLİK ORANLARININ BELİRLEYİCİLERİ: MEKANSAL EKONOMETRİ ANALİZİ", Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi, 2016. Yayın	<%1
5	efdergi.yyu.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
6	studylibtr.com İnternet Kaynağı	<%1
7	C. B. Bott. "Implicating the Glutathione-Gated	<%1

9. ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ayhan PARMAKSIZ

Doğum Yeri ve Tarihi : KARAMAN - 14/02/1977

Yabancı Dil : İngilizce

E-posta : aparmaksiz@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Doktora	Biyoistatistik	Hacettepe Üni.	2015-2019
Y.Lisans	İstatistik	Yıldız Teknik Üni	2011-2013
Lisans	Matematik	Çukurova Üni	1995-2001
Lise	Fen	Özel Gündoğdu Lisesi	1994-1995
	Fen	Adana fen Lisesi	1992-1994
Ortaokul	-	Karaman Anadolu Lisesi	1989-1992
	-	Ereğli Anadolu Lisesi	1988-1989
İlkokul	-	Gazi Mustafa Kemal İlkO.	1983-1988

KONGRE, SEMPOZYUM

Parmaksız, A.,Alpar, C.R., Çoklu Doğrusal Regresyon Çözümlemesinde Güç Analizi, XX. Ulusal ve III. Uluslararası Biyoistatistik Kongresi, Sözlü Bildiri. 26-29 Ekim 2018, Gaziantep.

Parmaksız, A.,Alpar, C.R., Çoklu Regresyon Modellerinde Örneklem Büyüklüğü ve Güç Hesabı:Bir Benzetim Uygulaması, IXX. Ulusal ve II. Uluslararası Biyoistatistik Kongresi, Sözlü Bildiri. 25-28 Ekim 2017, Antalya.

PROJE

Demir, İ.,Parmaksız, A., Özel Bir Okulun Veli Memnuniyetinin Yapısal Eşitlik Modelle İncelenmesi, Yıldız Teknik Üni. BAP projesi. 14.06.2014.