Kolmogorov - Smirnov Testi ile Shaphiro - Wilk Testinin Karşılaştırılması Üzerine Bir Çalışma

Eyüp Sabri TÜRKER (*)

ÖZET

Bu çalışmada, belli bir model varsayımı altında Normal ve Poisson dağılışlarından simülasyon teknikleri yardımıyla elde edilen tesadüfi değişkenlere Kolmogorov-Smirnov ve Shaphiro-Wilk testleri ayrı ayrı uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, Kolmogorov-Smirnov testinin, populasyon parametrelerinin örnekten tahminlendiği durumlarda iyi sonuçlar veremeyeceği ortaya çıkmıştır. Buna karşılık, Shaphiro-Wilk testinin populasyon parametrelerinin bilindiği ve bilinmediği her iki durum için güçlü bir test olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmada, $\alpha = 0.05$ anlamlılık seviyesi esas alınmıştır.

SUMMARY

In this study, each of the Kolmogorov-Smirnov and Shaphiro-Wilk tests have been separately applied to random numbers obtained from the Normal and the Poisson Distributions under a known model assumption with the help of the simulation. From the study it is concluded that the Kolmogorov-Smirnov test can not give good results in cases where the population parameters are estimated from the sample. On the other hand, the Shaphiro-Wilk test is understood to be a good test for both cases where the population parameters are known and not known. This study is based on the significant level of $\alpha = 0.05$.

I. GİRİŞ.

İstatistik, kesinlikle belirlenemeyen çeşitli faktörlerden etkilenen olaylardaki değişmeleri incelemek amacı ile bilgi toplayan ve bu bilgileri analiz ederek yorumlayan bir bilim dalı olarak tanımlanabilir. Tabiattaki olay-

(*) S.D.M.M. Akademisi Asistanı.

ların çoğunlukla belli kanunlara uygun olarak meydana geldiği gerçeği göz önünde bulundurulursa, olayları tek tek incelemek yerine, benzer olayların uyduğu dağılımları incelemek daha doğru olabilir. Bu amaçla fonksiyonları tamamiyle belirlenmiş dağılımlar incelenerek bunlara ait formüller ortaya konmuştur.

Bu çalışmanın amacı, örneğin birikimli dağılım fonksiyonu ile teorik birikimli dağılım fonksiyonu arasındaki mutlak farkın maksimumuna da yanan Kolmogorov-Smirnov testi ile, gözlem değerleri ve bunlara karşılık gelen Normal skorlar arasındaki korelasyon katsayısını esas alan Shaphiro-Wilk testinin bir mukayesesini yapmaktır. Çalışmanın amacını gerçekleştirebilmek için öncelikle;

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \qquad (1)$$

şeklinde bir Varyans Analizi modeli esas alınmış ve bu modelde yer alan şans değişkenleri (ε_{ij}) için simulasyon tekniklerinden yararlanılmıştır.

Yukarıdaki eşitlik ile belirtilen modelde yer alan hatalar, ortalaması 0 ve varyansı σ^2 olan Normal dağılıma uyarlar. Hataların normallik kontrolü için ayrıca Çarpıklık Katsayısı, Basıklık Katsayısı ve Heterojenlik Katsayısı kullanılmıştır.

II. MATERYAL ve METOD.

Tabiatta ve insanın etkisi bulunan sosyal ve teknik pek çok olayda, değişkenlerin Normal dağılış gösterdiği bilinmektedir. Bu gerçeğin yanısıra, istatistiğin önemli bulgularından olan Merkezi Limit Teoremi de Normal dağılımın uygulama alanını genişletmiştir. Normal Dağılım için ihtimal yoğunluk fonksiyonu;

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\, exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \;; \quad -\infty \leq X \leq +\infty \qquad (2)$$

ile verilmiştir. Burada μ dağılımın ortalama değerini ve σ dağılımın standart sapmasını göstermektedir.

Buna karşılık, seyrek ama her defasında belirli bir ihtimalle meydana gelen olayların oluş sayılarının dağılışı ise Poisson Kanununa uyar. Poisson dağılımının ihtimal yoğunluk fonksiyonu;

$$f(x\,;\,\lambda) = e^{-\lambda}\,\frac{\lambda^x}{x!} \;; \quad x = 1, 2, .. \qquad (3)$$

şeklindedir. Burada λ dağılımın ortalamasını göstermektedir.

II.1. Verilerin Elde Edilmesi ve Kullanılan Metodlar.

(1) eşitliği ile tanımlanmış olan Varyans Analizi Modelinde yer alan parametre değerleri (λ, α ve β) ve tesadüfi değişkenler (ε_{ij}) hakkında yapılan varsayımların kontrolü, modele uygun verilerin bulunması ile mümkündür. İstenen özellikleri haiz verilerin türetilmesinde simülasyon metodu kullanılmıştır. Esasında, şans sayılarının türetilmesinin temeli Monte Carlo tekniğine dayanmaktadır. Biyoloji, Tıp, Sosyoloji ve Ziraat gibi uygulamalı bilim dallarında, üzerinde çalışılan değişkenlerin çoğu Normal dağılış gösterdiğinden özellikle ε_{ij} lerin Normal dağılıştan geldiği durumlar incelenmiştir. Power Resıdue diye bilinen bir metoda göre 2^{29} kadar şans sayısı türetmek mümkün olabilmektedir.

Bu çalışma için kullanılan FORTRAN IV alt programı «IBM Manual GC-20-8011 Random Number Generating and Testing» isimli yayından alınmıştır.

II.1.1. Simülasyon.

Simülasyon metodu, verilen bir modele uygun ve dağılışı bilinen verilerin elde edilmesine imkan verir. Bu çalışma için gerekli olan şans değişkenleri, Üniform dağılış gösteren şans sayılarının türetilmesi sonucunda Box-Müller veya Gauss metodlarından her ikisi kullanılarak elde edilmiştir.

II.1.2. Testler İle İlgili Programların Hazırlanması ve Tanıtılması.

(1) eşitliği ile verilmiş olan model varsayımı altında Normal dağılıştan ve Poisson dağılışından şans değişkenleri türeten ve CALL NORMAL, CALL POISSO komutu ile çağrılabilen alt programlar kullanılmıştır. Elde edilen şans değişkenlerinin varyans analizleri VARA adlı alt program kullanılarak yapılmıştır. Her simülasyon sonunda türetilmiş olan şans değişkenlerinin Çarpıklık, Basıklık, Heterojenlik testleri yine FORTRAN IV dilinde yazılmış CALL RES komutu ile çağrılabilen bir alt program yardımıyle gerçekleştirilmiştir. Kolmogorov-Smirnov ve Shaphiro-Wilk testleri için sırasiyle CALL SHAP ve CALL TKSM komutları ile çağrılabilen iki alt program kullanılmıştır. Ayrıca MINITAB II paket programı işletilerek ε_{ij} şans değişkenlerine Shaphiro-Wilk testi uygulanmış ve grafik gösterimler elde edilmiştir.

II.2. Tek Örnek Testleri.

Tek örnek testleri genellikle iyi uyuşum tipinde testler olup, tamamen şansa bağlı olarak çekilen bir örneğin belirli bir dağılış gösteren populasyondan gelip gelmediğini test ederler. Genellikle böyle bir test için kurulan hipotez; 'Yapılan tahmin ile hakiki değer arasında bir fark yoktur veya varsa önemsizdir' şeklindedir.

II.2.1. Kolmogorov-Smirnov Tek Örnek Testinin Tanıtılması.

Tüm teorik dağılışlar için uygulanabilen iyi uyuşum testi olarak bilinen Kolmogorov-Smirnov testi, örnek dağılım fonksiyonu ile teorik dağılım fonksiyonu arasındaki sapmaya dayanır. H_0 hipotezi altında teorik birikimli dağılım fonksiyonu $F_0(x)$ ve gözlemlerin birikimli dağılım fonksiyonu $S_n(x)$ olsun. Ayrıca $X_1, X_2, \ldots, X_n$ şans örneğinin büyükten küçüğe sıralanışı, $X_{(1)}, X_{(2)}, \ldots, X_{(n)}$ şeklinde ise örneğin birikimli dağılım fonksiyonu;

$$S_n(x) = P(X \leq x) = \frac{i}{n} \; ; \; i = 1, 2, \ldots, n \tag{4}$$

ile verilir. Bu durumda teorik ve gözlenen dağılış arasındaki uyumu test edebilmek için kullanılacak olan test istatistiği,

$$D_n = \operatorname*{Max}_{i=1}^{n} \left| S_n(X_{(i)}) - F_0(X_{(i)}) \right| \tag{5}$$

şeklinde verilir. Bu test istatistiği X'lerden bağımsız olup sadece örneğin büyüklüğüne bağlıdır.

$\sqrt{n}D_n$'in dağılış fonksiyonu, Scientific Subroutine Package (IBM, 1970) de verilmiştir. Asimptotik olduğu için $n \geqslant 100$ olması halinde rahatlıkla kullanılabilir.

II.2.2. Shaphiro-Wilk Testinin Tanıtılması.

Shaphiro-Wilk testi, gözlem değerleri ile bunlara tekabül eden Normal Skor'lar arasındaki korelasyon'a dayanır.

Normal Skor; Ortalaması 0 ve Varyansı 1 olan Normal dağılış gösteren bir populasyondan seçilen n bireylik bir örnekte, i.inci bireyin beklenen değeri olarak tanımlanır. Şayet;

$$F(x) = P(X \leq x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} exp\,(-t^2/2)\,dt \tag{6}$$

şeklinde ise Normal Skor;

$$P=\varphi(x)$$

den, ters transformasyon ile.

$$x=\varphi^{-1}(p)$$

formülü ile hesap edilebilir.

Korelasyon Katsayısı; İki değişken arasında doğrusal bir ilişkinin bulunup bulunmadığını belirleyen ve −1 ile +1 arasında değer alan bir katsayıdır. Şayet gözlemler Normal dağılış gösteren bir Populasyondan geliyorsa, gözlem değerleri ile bunlara karşılık gelen Normal skorlar arasındaki korelasyon katsayısı mutlak olarak 1'e çok yakın olur.

Gözlem değerlerinin birikimli dağılım fonksiyonu için,

$$S_n(X_{(i)})=\frac{i-0.375}{n+0.250} \tag{8}$$

formülü kullanılmıştır. Burada $X_{(i)}$ i.inci sıralı gözlem değerini göstermektedir. Bu durumda Normal Skor değerlerinin hesabı için;

$$NS(i)=4.91\{[S_n(X_{(i)})]^{0.14}-[1-S_n(X_{(i)})]^{0.14}\} \tag{9}$$

formülü kullanılabilir.

Test istatistiğinin kritik değerleri için ($n\leqslant 75$) tablolar hazırlanmıştır. Gözlem değerlerinin 75 den daha büyük olduğu durumlar için extrapolasyon metodu kullanılarak ilgili denklemler ve bunlara ait Belirleme katsayıları hesaplanmıştır.

III. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.

Çalışmada, (1) eşitliği ile beilrlenmiş olan varyans analizi modeli esas alınarak elde edilen gözlem değerlerine testler uygulanmış ve sonuçlar tablolar haline getirilmiştir. Modelde yer alan ve populasyon ortalamasını tanımlayan μ değeri yapılan ön çalışmaların sonuçlarından yararlanılarak her iki dağılış için $\mu=10$ olarak alınmıştır. Aynı modeldeki α_i ve β_j parametre değerlerinin tesbiti yine ön çalışmaların ışığı altında yapılmıştır. $n=100$ gözlemlik bir deneme için yapılan 25 adet simülasyonda her iki dağılım için;

α_i : 1.0, −0.8, −0.6, −0.4, −0.2, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0

β_j : −2.0, −1.6, −1.2, −0.8, −0.2, 0.2, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0

olarak alınmıştır.

$n=50$ elemanlı örnek için ikinci bir gurup denemede α_i ve β_j değerleri ($i=1, \ldots, 5$; $j=1, \ldots, 10$) olarak

$$\sum_{i=1}^{r} \alpha_i = 0 \; ; \; \sum_{j=1}^{c} \beta_j = 0$$

şartını yerine getiren çok değişik değerlerin denenmesi sonucunda,

α_i: -1.0, -0.5, 0.0, 0.5, 1.0

β_j: -1.0, -0.8, -0.6, -0.4, -0.2, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0

değerlerinin uygun olduğu görülmüştür. Burada simetri olma özelliği aranmış, simetri olmama durumunda beklenmeyen varyasyonun yaratılmasının sözkonusu olabileceği düşünülmüştür.

III.1. Tesadüfi Değişkenlerin Normal Dağılıştan Türetildiği Durumda Elde Edilen Sonuçlar.

Normallikten sapmaları belirlemek için kullanılan istatistik testlerde H_0 hipotezi altında teorik olarak 100 simülasyonda $\alpha=0.05$ hata seviyesinde 5 ve $\alpha=0.01$ hata seviyesinde ise 1 tanesinin önemli olması beklenir. Genişliği 25, 50, 100 olan örnekler için yapılan 20 ve 100 simülasyonluk denemelerde uygulanan Çarpıklık, Basıklık, Heterojenlik, Kolmogorov-Smirnov (K-S) ve Shaphiro-Wilk (S-W) testlerinin sonuçları sırasiyle Tablo 1, Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5 te verilmiştir. Tablolar, populasyon parametrelerinin bilindiği ve bilinmeyip örnekten tahminlendiği her iki durum için ayrı ayrı düzenlenmiştir.

Tablo — 1: Genişliği $n=25$ olan 20 şans örneğine uygulanan testlerde, populasyon parametrelerinin bilindiği (Tablo — 1.a) ve bilinmeyip örnekten tahminlendiği (Tablo — 1.b) durumlar için $\alpha=0.01$ ve $\alpha=0.05$ hata seviyesinde Normallikten sapmaları önemli bulunanların sayısı.

Tablo — 1.a da genişliği $n=50$ olan 20 şans örneği için uygulanan istatistik testlerde Normallikten sapmaları önemli bulunanların sayıları verilmiştir. Görüldüğü gibi, sapmaların sayısı H_0 hipotezi altında beklenenlerden fazla farklı bulunmamıştır. Ancak, Tablo — 1.b de S-W testinin sonuçlarına göre $\alpha=0.05$ hata seviyesinde 20 örnekten 4 tanesi önemli bulunmuştur. Bu sonuç, örnek eleman sayısının küçük olmasından ileri gelmiş olabilir.

Testler	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$
K-S	0	1
S-W	1	3
Çarpıklık	0	0
Basıklık	1	2
Heterojenlik	0	0

(Tablo — 1.a)

Testler	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$
K-S	1	1
S-W	2	3
Çarpıklık	0	1
Basıklık	1	1
Heterojenlik	1	1

(Tablo — 1.b)

Tablo — 2: Genişliği $n=25$ olan 100 şans örneğine uygulanan testlerde, populasyon parametrelerinin bilindiği (Tablo — 2.a) ve bilinmeyip örnekten tahminlendiği (Tablo — 2.b) durumlar için $\alpha=0.01$ ve $\alpha=0.05$ hata seviyesinde Normallikten sapmaları önemli bulunanların sayısı.

Testler	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$
K-S	3	3
S-W	2	2
Çarpıklık	1	4
Basıklık	3	4
Heterojenlik	1	1

(Tablo — 2.a)

Testler	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$
K-S	5	5
S-W	3	5
Çarpıklık	3	4
Basıklık	5	5
Heterojenlik	1	3

(Tablo — 2.b)

Tablo — 2.a da ve Tablo — 2.b de genişliği $n=25$ olan 100 şans örneği için, gerek populasyon parametrelerinin bilindiği ve gerekse bilinmeyip örnekten tahminlendiği durumlarda testlerin sonuçları, H_0 hipotezi altında teorik olarak beklenenden pek farklı bulunmamıştır.

Tablo — 3: Genişliği $n=50$ olan 20 şans örneğine uygulanan testlerde, populasyon parametrelerinin bilindiği (Tablo — 3.a) ve bilinmeyip örnekten tahminlendiği (Tablo — 3.b) durumlar için $\alpha=0.01$ ve $\alpha=0.05$ hata seviyesinde Normallikten sapmaları önemli bulunanların sayısı.

Testler	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$
K-S	1	2
S-W	0	1
Çarpıklık	1	1
Basıklık	2	3
Heterojenlik	1	1

(Tablo — 3.a)

Testler	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$
K-S	3	3
S-W	0	2
Çarpıklık	0	1
Basıklık	1	1
Heterojenlik	0	2

(Tablo — 3.b)

Tablo — 3.a da eleman sayısı 50 olan 20 şans örneğine uygulanan test sonuçları teorik olarak beklenene yakın bulunmuştur. Ancak Tablo — 3.b deki sonuçlar, populasyon parametrelerinin bilinmediği durumlarda Kolmogorov-Smirnov testinin iyi sonuçlar vermediği görüşünü doğrular mahiyettedir.

Tablo — 4: Genişliği $n=50$ olan 100 şans örneğine uygulanan testlerde, populasyon parametrelerinin bilindiği (Tablo — 4.a) ve bilinmeyip örnekten tahminlendiği (Tablo — 4.b) durumlar için $\alpha=0.01$ ve $\alpha=0.05$ hata seviyesinde Normallikten sapmaları önemli bulunanların sayısı.

Testler	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$
K-S	2	3
S-W	1	3
Çarpıklık	2	3
Basıklık	3	6
Heterojenlik	1	4

(Tablo — 4.a)

Testler	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$
K-S	6	8
S-W	3	5
Çarpıklık	4	4
Basıklık	5	10
Heterojenlik	3	3

(Tablo — 4.b)

Tablo — 4.a da görüldüğü üzere Normallikten sapmaların sayısı, teorik olarak beklenenlerden fazla farklılık göstermemektedir. Örnekteki eleman sayısı arttıkça S-W testinde, K-S testine oranla Normallikten sapmalar daha az olmaktadır. Ancak Tablo — 4.b de populasyon parametrelerinin bilinmediği durumlarda Normallikten sapmaların sayısı, K-S testinin sonuçlarına göre, H_0 hipotezi altında beklenenden fazla çıkmıştır. $\alpha=0.05$ hata seviyesinde 100 örnekten 8 tanesinin önemli bulunması bu test hakkındaki şüpheleri doğrular niteliktedir.

Tablo — 5: Genişliği $n=100$ olan 100 şans örneğine uygulanan testlerde, populasyon parametrelerinin bilindiği (Tablo — 5.a) ve bilinmeyip örnekten tahminlendiği (Tablo — 5.b) durumlar için $\alpha=0.01$ ve $\alpha=0.05$ hata seviyesinde Normallikten sapmaları önemli bulunanların sayısı.

Testler	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$
K-S	2	2
S-W	0	1
Çarpıklık	2	4
Basıklık	3	3
Heterojenlik	0	0

(Tablo — 5.a)

Testler	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$
K-S	2	4
S-W	0	3
Çarpıklık	3	5
Basıklık	5	9
Heterojenlik	2	2

(Tablo — 5.b)

Tablo — 5.a daki değerlerin ortaya çıkardığı sonuç şudur; Örnekteki eleman sayısı arttıkça Normallikten sapmaların sayısı, H_0 hipotezi altında teorik olarak beklenenden az çıkmıştır. Bu durum Merkezi Limit Teoreminin bir sonucu olarak ortaya çıkmış olabilir. Zira, ortalama ve standart sapmanın bilinmediği durumda dahi Normallikten sapmalar, teorik olarak beklenenlerden büyük farklılıklar göstermemektedir.

Yapılan bu çalışmaların sonucunda, Kolmogorov-Smirnov testinin populasyon parametrelerinin bilindiği durumlarda ortalama olarak 100 örnekte $\alpha=0.01$ hata seviyesine göre 2 ve $\alpha=0.05$ hata seviyesine göre 5 tanesini önemli bulduğu anlaşılmıştır. Buna karşılık, populasyon parametrelerinin bilinmediği durumlarda ortalama olarak 100 örnekten $\alpha=0.01$ hata seviyesine göre 7 tanesi ve $\alpha=0.05$ hata seviyesine göre de ortalama 9 tanesi önemli bulunmuştur.

Shaphiro-Wilk testi ile ilgili olarak elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir: Populasyon parametrelerinin bilindiği durumlarda ortalama olarak 100 örnekten $\alpha=0.01$ hata seviyesine göre 2 ve $\alpha=0.05$ hata seviyesine göre de 6 tanesi önemli bulunmuştur. Buna karşılık, populasyon parametrelerinin bilinmediği durumlarda ortalama olarak 100 örnekten $\alpha=0.01$ hata seviyesine göre 4 ve $\alpha=0.05$ hata seviyesine göre de 7 tanesi önemli bulunmuştur.

III.2. Şans Değişkenlerinin Poisson Dağılımından Elde Edildiği Durumlardaki Sonuçlar.

H_0 hipotezi altında teorik olarak 100 simülasyonda $\alpha=0.05$ hata seviyesine göre 95 ve $\alpha=0.01$ hata seviyesine göre de 99 örneğin önemsiz çıkması beklenir. Oysa yapılan program denemeleri sonucunda Shaphiro-Wilk testinin ortalama olarak 100 örnekten $\alpha=0.05$ hata seviyesine göre ancak 11 tanesini ve $\alpha=0.01$ hata seviyesine göre de ancak 13 tanesini önemsiz bulmuştur. Bu ise Shaphiro-Wilk testinin Normal dağılış dışındaki dağılışlardan çekilen örnek gurupları için kullanılamayacağını ortaya koymaktadır.

Kolmogorov-Smirnov, Çarpıklık, Basıklık ve Heterojenlikle ilgili sonuçlar, Örneğin Normal dağılıştan geldiği durumlar için yapılan deneylerin sonuçları ile benzer özellikte olmuştur. Bu ise, Kolmogorov-Smirnov testinin tüm dağılışlar için kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

IV. TARTIŞMA.

Bu çalışmada, İstatistiğin önemli iki dağılışı olan Normal ve Poisson dağılışlarından simülasyonla türetilen tesadüfi değişkenler kullanılarak

Kolmogorov-Smirnov ve Shaphiro-Wilk testlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Şans değişkenlerinin Geometrik, Hiper Geometrik, Binom, Gamma ve Beta gibi dağılışlardan türetildiği durumlar için farklı denemeler yapılabilir.

Çalışmada (1) modelinde yer alan parametre değerleri için farklılık düşünülmeyip, parametreler için hep aynı değerler kullanılmıştır. Değişik bir varyans analizi modeli esas alınarak daha değişik parametre değerleri için testlerin karşılaştırmasını yapmak düşünülebilir.

Sonuç olarak, populasyon parametrelerinin örnekten tahminlendiği durumlarda, tüm dağılışlar için uygulanabilen Shaphiro-Wilk testinin yapısına benzer yeni test istatistiklerine ihtiyaç olduğu söylenebilir.

REFERANSLAR

1 — Ergen, M. Ö. (1979), Varyans Analizinin Dayandığı Varsayımlardan Bazılarının Gerçekleşmediği Durumlarda Box ve Cox Transformasyon Yönteminin Kullanılması ile İlgili Bir Çalışma, Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, E.H.B.E. Bornova.

2 — Benjamin, J. R., Cornel, C. A. (1970), Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers. McGraw - Hill Book Company.

3 — Kobu, B. (1977), Üretim Yönetimi, İ.Ü. İşletme Fak. Yay. İstanbul.

4 — Siegel, S. (1956), Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. Mc Graw - Hill Kogakusha, LTD., Tokyo.

5 — Walpole, R. and Myers, H. R. (1972), Probability and Statistics for Engineers and Scientist. MacMillian Publishing Co., Inc. New York.