DENEYSEL DESEN TÜRLERİ

Kirk, E. ROGER*
Çev: Demet ÖNGEN**

Bir araştırma yönteminin gücünü arttırmak için önerilen yöntemlerden biri daha duyarlı bir deney deseni kullanmaktır. Bu bağlamda, deneysel desen terimi deneklerin uygulama düzeylerine atanması ve verilerin analiz edilmesi planına atıfta bulunur.

Şaşırtıcı sayıda çok, deneysel desen düzenleme türü vardır. Neyse ki en karmaşık deneysel desenler, görece daha az sayıda temel blok desenlerin bir bileşimini (kombinasyonunu) temsil etmektedir. Örneğin, en karmaşık desenler iki ya da daha fazla tam randomize, randomize blok veya Latin karesi desenlerinin birleştirilmesiyle oluşturulur. Tablo 1.4–1'de deney desenlerinin basit bir sınıflaması ana hatlarıyla verilmiştir. Daha karmaşık bir sınıflama sistemi Cox (1943); Doxtater, Tolman, Cormany, Bush ve Jensen (1942); ve Federer (1955, 1956)'de vardır.

Bu şemadaki sistematik desenler kategorisi sadece tarihsel bir önem taşımaktadır. Leonard ve Clark'a (1939) göre tarım alanında sistematik desenleri uygulayanlar 1834'lere kadar uzanmaktadır. Fischer'ın çalışmasının yanısıra Neyman ve Pearson'ın istatistiksel anlam çıkarma kuramından önce araştırmacılar uygulama düzeylerini, toprak parçalarına veya diğer uygun deneysel birimlere atamak için randomizasyon yöntemleri yerine sistematik desenler kullanmışlardır. Çünkü bu ilk deneysel araştırma girişimine hız kazandıran güç tarım tekniklerini geliştirme gereksiniminden kaynaklanmaktadır. Bugün deneysel desen terimleriyle, tarım terimleriyle doludur. Randomizasyon ilkesinin izlenmediği sistematik desenler hata varyansının geçerli bir yordamasını sağlayamamaktadır ve bu nedenle varyans analizi gibi istatistiksel analizlerin güçlü araçları değildirler.

---

* Kirk, E. Roger. Experimental Design: Procedures For the Behavioral Sciences. California: Brooks/Cole Publishing Company, SS. 11–12, 1968.

** A.Ü. Eğitim Bilimleri Fakültesi Okutmanı.

Deneysel desenin modern ilkeleri, özellikle de uygulama düzeylerinin deneysel birimlere random olarak atanması, Fisher'in çalışmasının (1922, 1923, 1935) sonucu olarak genel kabul görmüştür.

Randomizasyon ilkesini kullanan deneysel desenlere randomize desenler denir. Randomize desenler iki ayrı kategoriye (tam blok desenler ve eksik randomize blok desenler) ve iki sahte kategoriye (faktöryel deneyler ve kovaryans analizi deneyleri) ayrılır. İlk sahte kategori–faktöryel deneyler– bir faktöryel deney temel blok desenlerin bir kombinasyonundan oluşması nedeniyle bu şekilde adlandırılmaktadır. Faktöryel deney terimi, belirli bir tür deney deseninden çok bir deneyde iki ya da daha fazla uygulamanın eş zamanlı değerlendirilmesine atıfta bulunur. Kovaryans analizi deneyleri, blok desenlerini regresyon analizi yöntemleriyle birleştirir ve böylece belirli bir tip deseni temsil etmez.

Tablo 1–4.1

Deneysel Desenler

I. Sistematik Desenler (Systematic Designs)

II. Randomize Desenler (Randomized Designs)

A- Tam Blok Desenler (Complete Block Designs)

1. Tam Randomize Desen (Complete Randomized Desing)
2. Randomize Blok Desen (Randomized Blok Design)
3. Latin Karesi Deseni (Latin Square Design)
4. Greko–Latin Karesi Deseni.
5. Hiper Greko–Latin Karesi Deseni.

B- Eksik Blok Desenler (Incomplete Block Design)

C- Faktöryel Deneyler.

D- Kovaryans Analizi Deneyleri.

Tam Randomize Desen (Completely Randomized Design)

Deneklerin uygulama düzeylerine atanması ve istatistiksel analizler bakımından en basit deneysel desen, tam randomize desendir. Bu desen herhangi bir sayıdaki uygulama düzeylerini karşılaştırmak için kullanılır. İki uygulama düzeyi kullanıldığında, analizlerde kullanılan istatistiksel test, ilişkisiz gruplar için t-testinin kullanıldığı bir teste eşdeğerdir (Deney sadece iki uygulama düzeyi içerdiğinde F-testi ilişkisiz veri için t-testiyle aynı vazifeyi görür). Tam randomize desenin genel özelliklerini mikrodalga radyasyonu örneğiyle gösterelim. b_1, b_2, ve b_3 sırasıyla 0, 20,000, 40.000 mikrowat radyasyonlarını temsil etsin. 15 tane albino fare bu uygulama düzeylerine random sayılar tablosuyla atanır. Her uygulama düzeyine atanan farelerin yiyecek tüketimi Xij ile gösterilir; i, j uygulama düzeyinin i inci faresini göstermektedir. Tablo 1.4–2 tam randomize desenin düzenini göstermektedir. Her uygulama düzeyindeki ortalama yiyecek tüketimi $\bar{X}._j$ ile gösterilir. Bu örnekte, uygulama ortamlamaları, bir uygulama düzeyindeki 1'den 5'e akadar olan farelerin puanlarının toplanmasıyla elde edilir. 15 farenin ortalama yiyecek tüketimi $\bar{X}..$ ile gösterilir.

Tablo 1. 4–2 Tam Randomize Desen

Uygulama Düzeyleri		
b_1	b_2	b_3
X_{11}	X_{12}	X_{13}
X_{21}	X_{22}	X_{23}
X_{31}	X_{32}	X_{33}
X_{41}	X_{42}	X_{43}
X_{51}	X_{52}	X_{53}
$\bar{X}.1$	$\bar{X}.2$	$\bar{X}.3$

genel ortalama $= \bar{X}...$

Burada, mikrodalga radyasyonunun etkilerini içeren sonuçlar deneye dahil edilen 3 uygulama düzeyi ve 15 fare ile sınırlıdır. Edgington (1966) eğer deneyci, random olarak seçilmeyen deneklerden uygulama etkilerini içeren istatistiksel yordamalar çıkarmak istiyorsa, deneklerin uygulama düzeylerine random olarak atanmalarının gerekli olduğunu vurgulamıştır*.

Random olarak atanma ilkesinin önemi nedeniyle, bir deneyci deneklerini uygulama düzeylerine atama tekniğini her zaman açıklamalıdır.

Her deneysel desen, bireysel puanları etkileyen her türlü değişkenlik kaynağını içeren bir matematiksel modelle birleştirilir. Modelin bu değişkenlik kaynaklarını tam olarak temsil etme ölçüsünde deneyci bir uygulamanın etkilerini değerlendirebilir. Tam randomize desenin düzlemsel modeli

* Davranış Bilimlerinde çok az deney random olarak seçilen deneklerle yürütülür. Random bir örneklem kullanıldığında, örneklem alınan evrenin ilgi oluşturacak kadar spesifik olması az bir olasılıktır.

$$(1) \quad Xij = \mu + \beta j + Eij$$

olarak ifade edilebilir.

Bu modele göre her bireysel denek için biricik olan bireysel bir puan, evrenin ortalaması (population mean) μ artı uygulama etkisi (treatment effect) β artı hata etkisi (error effect) Eij'dir. Belirli bir deneyde μ, βj ve Eij parametreleri bilinmemektedir fakat bu parametrelerin örneklem tahminleri sırasıyla $\bar{\mu}$, $\bar{\beta}j$ ve $\bar{E}ij$ ile verilir. Maksimum olasılık yöntemleriyle, gerekli parametrelerin yansız tahminleri istatistikle sağlanır.

$$\bar{\mu} = \bar{X}.. \longrightarrow \mu$$

$$\bar{\beta}j = (\bar{X}.j - \bar{X}..) \longrightarrow \beta$$

$$\bar{E}ij = (Xij - \bar{X}.j) \longrightarrow Eij$$

"$\longrightarrow$" sembolü, soldaki terimin sağdakinin bir yordaması olduğunu göstermektedir. Maksimum-olasılık yöntemine göre en iyi tahmin, gözlemlenen verileri elde etmenin en yüksek olasılığını verendir. Tahmin dağılımının merkezi, genellikle tahmin edilen parametrenin değerine yakın olmasına karşın maksimum olasılık tahmininin mutlaka yansız olmasının gerekli olmadığına dikkat edilmelidir.

Hata etkisi (error effect) teriminin anlamı, oldukça karışıktır. Bu terimin tam olarak anlaşılması Tablo 1.4–2 ve desenin düzlemsel modelinin incelenmesiyle sağlanabilir. Bu tablodaki uygulama düzeyi b_1'e maruz kalan 5 farenin hepsinin puanları muhtemelen aynı olmayacaktır. Bu beş puan arasındaki varyans birçok kaynağa atfedilebilir-farelerin deneyde yer almadan önceki yaşantıları, uygulama düzeyini uygularken istenmeyen varyasyon, uygulama düzeyini ölçerken güvenirliğin olmaması ve diğerleri. Hata etkisi, belirli bir uygulama düzeyine atfe dilemeyen tüm hataların bir tahminidir. Bu, eğer (1)'deki eşitlik yeniden düzenlenir ve parametrelerin yerine istatistikler konulursa düzlemsel modelden anlaşılabilir:

$$\bar{E}ij = Xij - \bar{\beta}j - \bar{\mu}.$$

Böylece hata etkisi, uygulama etkisinin ve genel ortalamanın bireysel puandan çıkartıldıktan sonra geriye kalan kısmıdır. Bir deneyci, uygun bir desen ve deneysel kontroller kullanarak hata etkisinin oranını en aza indirgemeye çalışır. Bundan sonraki paragraflarda betimlenen desenler, deneycinin bunu başarmasını (hata etkisini en aza indirgemesini), bireysel puanları etkileyen ek varyasyon kaynaklarını birbirinden ayırarak sağlarlar.

Randomize Blok Desen

Randomize blok desen, her bir bloktaki deneklerin farklı bloklardaki deneklerden daha homojen olacak şekilde bloklara atanma ilkesine dayanır. Bundan önceki örnekte 15 albino farenin beş farklı batından alındığını varsayalım. Aynı batından alınan farelerin, farklı batınlardan gelenlere göre genetik açıdan daha homojen olacağı beklenebilir. Tablo 1.4–3'teki her sıradaki bir blok oluşturan 3 fare aynı batından gelmektedir. Aynı batından gelen fareler arasındaki farklılıklar, randomize blok desenin yardımıyla deneysel olarak izole edilen bir karıştırıcı değişken olarak kabul edilebilir. Xij sembolü sırasıyla belirli bir batını ve uygulama düzeyini göstermektedir. Sütun ortalamaları arasındaki farklılıklar uygulama farklılığını yansıtırken sıra ortalamaları arasındaki farklılıklar batın etkisini yansıtmaktadır.

Tablo 1.4–3 Randomize Blok Desen

	Uygulama Düzeyleri			
	b_1	b_2	b_3	Blok Ortalamaları
Blok P_1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	$\bar{X}_{1\cdot}$
Blok P_2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	$\bar{X}_{2\cdot}$
Blok P_3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	$\bar{X}_{3\cdot}$
Blok P_4	X_{41}	X_{42}	X_{43}	$\bar{X}_{4\cdot}$
Blok P_5	X_{51}	X_{52}	X_{53}	$\bar{X}_{5\cdot}$
Uygulama Ortalamaları	$\bar{X}_{\cdot 1}$	$\bar{X}_{\cdot 2}$	$\bar{X}_{\cdot 3}$	Genel Ortalama $= \bar{X}.$

Üç uygulama düzeyinin farelere atanması her sıra için bağımsız olarak randomizedir. Bu desenin düzlemsel modeli aşağıdadır:

$$Xij = \mu + \beta j + \pi i + Eij$$

Parametrelerin yansız tahminleri şu istatistiklerle verilmektedir:

$$\bar{\mu} = X.. \longrightarrow \mu$$

$$\bar{\beta} j = (\bar{X}.j - \bar{X}..) \longrightarrow \beta j$$

$$\bar{\pi} i = (\bar{X}j. - \bar{X}..) \longrightarrow \pi i$$

$$\bar{E}ij = (Xij - \bar{X}ij - \bar{X}i + \bar{X}..) \rightarrow Eij$$

π terimi 3 farenin i inci bloğuna atfedilebilen bir etkiyi temsil etmektedir. Düzlemsel modeldeki terimleri yeniden gruplarsak ve Parametreler yerine istatistikleri koyarsak randomize blok desende hata etkisi aşağıdakine eşit olur:

$$\bar{E}ij = Xij - \bar{\beta}j - \bar{\pi}i - \bar{\mu}$$

Tam randomize desen için hata etkisi daha önce aşağıdaki gibi verilmişti:

$$\bar{E}ij = Xij - \bar{\beta}j - \bar{\mu}$$

Böylece randomize blok desen için hata etkisi ($\bar{E}ij$), tam randomize desen hata etkisi eksi blok etkisidir (πi). Bundan da randomize blok desenin hata etkisinin, eğer blok etkisi (πi), hissedilir oranda sıfırdan büyükse tam randomize desenden daha küçük olacağı açıktır.

Daha önce belirtildiği gibi deneysel bir yöntemin gücünü arttırmanın bir yolu uygulama etkilerini daha kesin olarak tahmin edecek ve daha küçük hata etkisine neden olacak bir deney deseni seçmektir. Eğer randomize blok desende blok etkisi toplam varyansın yordanan bölümünü açıklıyorsa, randomize blok desen tam randomize desenden daha güçlüdür.

Randomize blok desenin arttırılmış gücünün, eşlenmiş deneklerin kullanılmasıyla mümkün olduğuna işaret edilmelidir. Birçok araştırma koşulunda denekleri eşlemek için fazladan gereken araştırma çabası randomize blok desenle sağlanabilen daha büyük gücü haklı çıkarmayabilir.

Latin Karesi Deseni

Latin karesi deseni iki karıştırıcı değişkene ilişkin homojenlik sağlayabilmek için bloklama ilkesini kullanır. İki karıştırıcı değişkenin düzeyleri Latin karesinin sırasına ve sütunlarına atanır. Uygulama düzeyleri, Latin karesinin her hücresinde belirtilir. Randomize blok deseni örneğinde denekler genetik özellikleri temel alınarak eşitlenmişti. Aynı batından gelen farelerin ağırlıkları açısından da diğer batınlardan alınanlara göre homojen olduklarını varsaymak mantıklıdır. Ancak radyasyon örneğinde bağımlı değişken yiyecek tüketimi olması nedeniyle deneyci ağırlık değişkenini de kontrol etmek isteyebilir. Bu da her batındaki en hafif fare b_1 kategorisine, orta ağırlıktaki fare b_2 kategorisine ve en ağır fare b_3 kategorisine atanarak sağlanır. Hem genetik özellikler ai hem de ağırlık bj Tablo 1.4–4'te gösterilmiştir.

Tablo 1.4-4 Latin Karesi Deseni

	Farelerin Ağırlık Kategorileri			
	b_1 En Hafif	b_2 Orta Ağırlıkta	b_3 En Ağır	Blok Ortalamaları
Blok (Batın) a_1	C_1 X_{111}	C_2 X_{122}	C_3 X_{133}	$\bar{X}_{1..}$
Blok (Batın) a_2	C_2 X_{212}	C_3 X_{223}	C_1 X_{231}	$\bar{X}_{2..}$
Blok (Batın) a_3	C_3 X_{313}	C_1 X_{321}	C_2 X_{332}	$\bar{X}_{3..}$

Ağırlık Ort. $= \bar{X}_{.1.}$ $\quad \bar{X}_{.2.}$ $\quad \bar{X}_{.3.}$

Genel Ortalama $= \bar{X}_{...}$

Uygulama düzeyi ortalamaları: $C_1 = (X_{111}\ X_{321} +_{,\,231})/3 = \bar{X}_{..1}$

$C_2 = (X_{212} + X_{122} + X_{332})/3 = \bar{X}_{..2}$

$C_3 = (X_{313} + X_{223} + X_{133})/3 = \bar{X}_{..3}$

Yukarıdaki üç sayı sırasıyla bloğu, ağırlık kategorisini ve uygulama düzeyini göstermektedir. Bu üç uygulama düzeyi C_k, her uygulama düzeyi her sıra ve her sütunda sadece bir kere ortaya çıkacak şekilde 9 hücreye random olarak atanmıştır. Bu dengeyi sağlamak için Latin karesi deseninin aynı sayıda sıraya, sütuna ve uygulama düzeyine sahip olması gerekmektedir. Sonuç olarak Tablo 1.4–4'te gösterilen desende daha önce açıklanan desenlerde kullanılan 15 hayvan yerine sadece 9 tane hayvan kullanılabilir. Bu desenin düzlemsel modeli aşağıdadır:

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_i + y_k + E_{ijk}$$

Bireysel puan, genel ortalama (μ) artı, blok etkisi (α_i), artı sütun etkisi (β_j), artı uygulama etkisi (y_k), artı hata etkisine (E_{ijk}) eşittir.

Eğer bir Latin Karesi desenindeki blok ve sütun etkileri α_i ve β_i önemli oranda O'dan büyükse bu desen tam randomize ve randomize desenden daha güçlü olabilir. Bu, eğer hata etkisi daha önce betimlenen 2 desende kullanılan yöntemle incelenirse görülebilir.

Eksik Blok Desen (Incomplete Block Design)

Eksik blok desen, her blokta kullanılan denek sayısı uygulama düzeyinin sayısından daha az olduğu araştırma koşullarında uygulanabilir. Eğer, örneğin her batından 2 albino fare varsa ve araştırmacı da

3 tane uygulama düzeyi kullanmak istiyorsa eksik blok desenine gereksinim vardır. Bu desen Tablo 1.4–5'te gösterilmiştir:

Tablo 1.4–5 Eksik Blok Desen

	Uygulama Düzeyleri			
	b_1	b_2	b_3	Blok Ortalamaları
Blok (Batın)	X_{11}		X_{13}	$\bar{X}_{1.}$
Blok (Batın)		X_{22}	X_{23}	$\bar{X}_{2.}$
Blok (Batın)	X_{31}	X_{32}		$\bar{X}_{3.}$
Uygulama Ort. =	$\bar{X}_{.1}$	$\bar{X}_{.2}$	$\bar{X}_{.3}$	Genel, Ort. = $\bar{X}_{..}$

Bu desenin düzlemselgmodeli aşağıdadır:

$$X_{ij} = \mu + \beta_j + \pi_i + E_{ij}$$

Her bloğun aynı sayıda deneğe sahip olduğuna, her uygulama düzeyinin aynı sayıda ortaya çıktığına ve deneklerin uygulama düzeylerine, her uygulama düzeyi çiftinin bir blokta eşit sayıda birlikte ortaya çıkacak şekilde atandığına dikkat edilmelidir. Bu özelliklere sahip olan desene dengelenmiş eksik blok desen denir. Kısmi dengelenmiş (partially balanced) desenler ise bazı uygulama düzeyi çiftlerinin, bloklarda diğer çiftlerin ortaya çıktığından daha sık ortaya çıktığı desenlerdir.

Faktöryel Deney

Faktöryel deney, bir araştırmacının tek bir deneyde iki ya da daha fazla uygulamanın birleşmiş etkisini değerlendirmesine olanak sağlar. İki ya da daha fazla uygulamanın birlikte ortaya çıkan etkisini değerlendirmek, her iki ya da daha fazla uygulamadan alınan bir düzeyin aynı anda ortaya çıkacak şekilde, blok desenlerin birleştirilmesiyle başarılır. En çok kullanılan blok desenler tam randomize ve randomize blok desenlerdir.

Mikrodalga örneğinde bir araştırmacı faktöryel bir deney yürüterek radyasyonun etkisini ve örneğin oda ısısı gibi ikinci bir uygulamanın etkisini değerlendirebilir. Oda ısısının iki düzeyi ($a_1 = 80°C$ ve $a_2 = 65°C$) ve radyasyonun üç düzeyi olduğunu ($b_1 = 0$, $b_2 = 20000$ ve $b3 = 40.000$ mikrovat) varsayalım. Tablo 1.4–6'da ve 1.4–7'de faktöryel bir deneyde sıkça kullanılan blok desenlerin kullanılması gösterilmiştir.

Tablo 1.4–6'daki 3 sembol sırasıyla belirli bir sıcaklık düzeyini, radyasyon düzeyini ve deneği göstermektedir. Tablo 1.4–7'deki üç sembol sırasıyla belirli bir ısı düzeyini, radyasyon düzeyini ve bloğu göstermektedir.

Tablo 1.4–6'daki tam randomize faktöryel desende 18 tane albino farenin 6 uygulama düzeyi kombinasyonlarına random olarak atandıkları varsayılmaktadır. Tablo 1.4–7'de gösterilen randomize blok faktöryel desen örneğinde, uygulama düzeyi kombinasyonları her batın bloğu içinde random olarak atanmıştır.

Tam randomize faktöryel desenin modeli:

$$X_{ijm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + E_{m(ij)}$$

ve randomize blok faktöryel desen modeli:

$$X_{ijm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \pi_m + \alpha\beta_{ij} + E_{ijm}$$

Sıcaklığın etkisi (α_i), radyasyonun etkisi (β_j), radyasyon ve sıcaklığın etkileşimi ($\alpha\beta_{ij}$), deneysel hata E ve batın πm ile gösterilmiştir. Her iki desen araştırmacının radyasyon dozajını, oda ısısı 80°C ve 65°C olduğu zaman yiyecek tüketimi üzerinde aynı etkiye sahip olup olmadığına karar vermesine olanak sağlar. Radyasyonun, yüksek oda ısısında düşük oda ısısında olduğundan daha zararlı olabileceği anlaşılabilir. Eğer böyle bir sonuç bulunursa buna etkileşim etkisi (ortak etki) (interaction effect) denir.

Tam randomize faktöryel desen için daha önce verilen formülü kullanarak hata etkisini aşağıdaki gibi yazabiliriz:

$$\bar{E}_{m(ij)} = X_{ijm} - \bar{\alpha}_i - \bar{\beta}_j - \bar{\alpha}\beta_{ji} - \bar{\mu}$$

Eğer T_{ij}'yi tüm uygulama etkileri için kullanırsak hata etkisi şöyle yazılabilir:

$$\bar{E}_{m(ij)} = X_{ijm} - \bar{T}_{ij} - \bar{\mu}$$

Bu şekilde ifade edildiğinde, bu desen (tam randomize faktöryel desen) için hata etkisi ile tam randomize desen için hata etkisi arasındaki benzerlik açıktır. Tam randomize desen için hata etkisi

$$\bar{E}_{ij} = X_{ij} - \bar{\beta}_j - \bar{\mu}$$

şeklinde daha önce verilmişti.

Tam randomize desen modeliyle, tam randomize faktöryel desen modeli arasındaki benzerlik, tam randomize desenin, tam randomize faktöryel desen için blok oluşturması açısından şaşırtıcı değildir.

Randomize blok faktöryel desen için hata etkisi:

$$\bar{E}_{ijm} = X_{ijm} - \bar{\alpha}_i - \beta_j - \bar{\pi}m - \bar{\alpha}\beta_{ij} - \mu$$

olarak ifade edilir. Eğer uygulama etkileri T_{ij} olarak gösterilirse, hata etkisi:

$$\bar{E}_{ijm} = X_{ijm} - \bar{T}_{ij} - \bar{\pi}_m - \bar{\mu}$$

olarak yazılabilir.

Bu hata etkisiyle randomize blok desen için hata etkisi arasındaki benzerliğe işaret etmek ilginçtir, Çünkü randomize blok desen bu faktöryel desen için bloklar düzenlenirken kullanılır. Randomize blok desenin hata etkisi daha önce:

$$\bar{E}_{ij} = X_{ij} - \bar{\beta}_j - \bar{\pi}_i - \bar{\mu}$$

olarak verilmişti.

Tablo 1.4–6 Tam Randomize Faktöryel Desen

	Radyasyon Düzeyi			
Sıcaklık Düzeyi	b_1	b_2	b_3	A Uygulama Ort.
a_1	X_{111} X_{112} X_{113}	X_{121} X_{122} X_{123}	X_{131} X_{132} X_{133}	$\bar{X}_{1..}$
a_2	X_{211} X_{212} X_{213}	X_{221} X_{222} X_{223}	X_{231} X_{232} X_{233}	$\bar{X}_{2..}$
B Uygulama Ort. =	$\bar{X}1.$	$\bar{X}.2.$	$\bar{X}.3.$	Genel, Ort = $\bar{X}...$

Tablo 1.4–7 Randomize Blok Faktöryel Desen

Sıcaklık Düzeyi Radyasyon Düz.	a_1 b_1	a_1 b_2	a_1 b_3	a_2 b_1	a_2 b_2	a_2 b_3	Blok Ort.
Blok (Batın) P_1	X_{111}	X_{121}	X_{131}	X_{211}	X_{221}	X_{231}	$\bar{X}..1$
Blok (Batın) P_2	X_{112}	X_{122}	X_{132}	X_{212}	X_{222}	X_{232}	$\bar{X}..2$
Blok (Batın) P_3	X_{113}	X_{123}	X_{133}	X_{213}	X_{223}	X_{233}	$\bar{X}..3$
Sütün Ort =	$\bar{X}_{11\cdot}$	$\bar{X}_{12\cdot}$	$\bar{X}_{13\cdot}$	$\bar{X}_{21\cdot}$	$\bar{X}_{22\cdot}$	$\bar{X}_{23\cdot}$	Genel, Ort. $= \bar{X}...$

A_1 Uygulama Ort. $= (X_{111} + X_{112} + X_{113} + X_{121} + \ldots + X_{133})/9 = \bar{X}_{1..}$

A_2 Uygulama Ort. $= (X_{211} + X_{212} + X_{213} + X_{221} + \ldots + X_{233})/9 = \bar{X}_{2..}$

B_1 Uygulama Ort. $= (X_{111} + X_{112} + X_{113} + X_{211} + X_{212} + X_{213})/6 = \bar{X}.1.$

B_2 Uygulama Ort. $= (X_{121} + X_{122} + X_{123} + X_{221} + X_{222} + X_{223})/6 = \bar{X}.2.$

B_3 Uygulama Ort. $= (X_{131} + X_{132} + X_{133} + X_{231} + X_{232} + X_{233})/6 = \bar{X}.3.$

Uygun Araştırma Desenini Seçerken Gözönüne Alınması Gereken Sorular

İstatistikçiler, bir deneyciye birçok araştırma deseni sağlamışlardır. Bir deneyci, hangi deseni kullanması gerektiğine neyi temel alarak karar verecektir? Belirli bir problem için en iyi deneysel desenin seçimi şunları gerektirir:

1- Araştırma alanının bilgisi ve,

2- Farklı deneysel desenler bilgisi.

En iyi araştırma desenini seçebilmek için araştırmacı aşağıdaki soruları gözönüne almalıdır:

1. İstatistiksel hipotezi test edebilmek için ne tür veriler gerekmektedir?

a) Kaç tane uygulama düzeyi kullanılmalıdır?

b) Deneyde kullanılacak uygulama düzeyleri önsel bir temele dayanarak mı yoksa evrenden random örnekleme ile mi seçilmelidir?

c) Etkileşim etkisini değerlendirebilmek için faktöryel bir deney kullanılmalı mıdır?

d) Deneyci için tüm uygulamalar ve uygulama düzeyleri aynı derecede önem taşımakta mıdır?

Bazı uygulamaları değerlendirirken güç kazanmak için, diğer uygulamaları değerlendirmede güçten fedekarlık edecek şekilde deneysel desenler kullanılabilir.

2. Önerilen denek örneklemi, istatistiksel hipotezi test ederken yeterli kesinliği sağlayacak kadar büyük mü?

a) Ulaşılabilen denekler, deneycinin ilgilendiği evrenin yansız bir örneklemini temsil ediyor mu?

b) Denekler homojen bloklara ayrılabiliyor mu?

c) Deneyin doğası, her deneğin bir uygulama düzeyinden fazla düzeyde gözlemlenmesine olanak tanıyor mu?

d) Deneysel uygulamalar, deneklere fiziksel olarak mı yoksa psikolojik olarak mı zarar verecek? Zarar verme potansiyeli taşıyan uygulamalar denek olarak insanların kullanılmasını engeller.

3. Önerilen deneysel desenin gücü, istatistiksel hipotezi test etmek için uygun mu?

a) Deneyciyi pratikte ilgilendiren uygulama etkilerinin büyüklüğü nedir?

b) I. tür hata ve II. tür hataya düşmenin sonuçları nelerdir?

4. Önerilen deneysel desen, istatistiksel hipotezi test ederken maksimum verimlilik sağlıyor mu?

a) Verimlilik, homojen denek bloklarını kullanan bir desenle mi yoksa çok sayıda deneğin uygulama düzeylerine random olarak mı atanmasıyla daha da arttırılabilir?

b) Verimlilik daha büyük bir örneklemle mi yoksa deneyin yürütülmesi sırasında ek deneysel kontroller uygulayarak mı daha da arttırılabilir?

c) Verimlilik, regresyon tekniklerini kullanmak için bağımlı değişkene ilişkin bir ya da daha fazla özelliğin ölçülmesiyle arttırılabilir mi?

d) Verimlilik, planlama ve analiz için önemli oranda zaman gerektiren karmaşık bir deneysel desenin mi yoksa daha basit bir desen fakat çok sayıda deneğin kullanıldığı bir desenin mi kullanılmasıyla daha da arttırılabilir? Eğer denekler çok sayıda ise ve verileri toplamak için gerekli zaman yeterliyse, çok sayıda deneğin kullanıldığı basit bir desen, pahalı planlama ve istatistiksel analizi içeren karmaşık bir desenden daha verimli olabilir.

"Kullanılması gereken en iyi deneysel araştırma deseni nedir?" sorusunun kolayca yanıtlanamadığı açıktır. İstatistiksel etmenlerin yanısıra istatistiksel olmayanların da hesaba katılması gerekmektedir. Bu tartışma, bir desenin seçilmesindeki ekonomik etmenleri vurgulamıştır. Çünkü deneysel yöntemin gücünü ve kesinliğini arttırmak için kurallar açıkça belirtilebilir fakat verimlilik gözönüne alındığında bu tür kuralların formüle edilmesi güçtür.