



Deney Tasarımı (DOE) Reçetesi

Orhan Çevik

İstanbul, 30 Ağustos 2014

Başlangıç Uyarısı

- Deney tasarımı çalışmalarının genellikle peş peşe birkaç deney gerektiren çalışmalar olduğunu unutmayın
- Her zaman mümkün olan en sade deney tasarımıyla başlamayı tercih edin – KESİRLİ FAKTÖRİYELLER
(Genellikle ilk deneyde toplam deney bütçesinin %25'ini aşmamaya çalışın)
- Deney sonucunda elde edilen bilgi ışığında gerekiyor ise (ama gerçekten gerekiyor ise) tasarımınızı daha karmaşık (daha çok bilgi getiren) tasarımlara tamamlayın

1. Deneyin Amacını Tanımlayın

► Pratik problemi ve deneyin amacını tanımlayın.



2. y 'yi (y 'leri) Tanımlayın

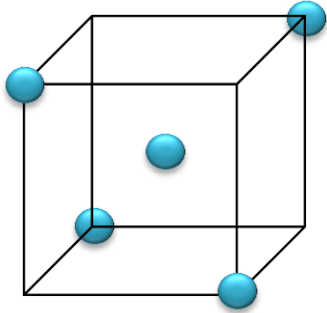
- y : Çıktıyı (çıktıları – y 'leri) tanımlayın.
 - i. Çıktının (her bir çıktı için ayrı ayrı) nasıl ölçüleceğini tanımlayın (ölçüm sistemini tanımlayın).
 - ii. Ölçüm sisteminin (her bir ölçüm sistemi için ayrı ayrı) uygunluğunu doğrulayın.

3. X 'leri ve X 'ler İçin Seviyeleri Belirleyin

- X 'leri (faktörleri – girdi değişkenleri) belirleyin
- Faktörler için seviyeleri belirleyin

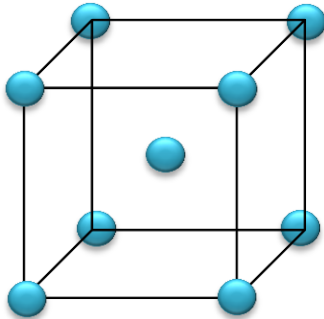
Tüm deneme noktalarının deney sırasında yönetilip yönetilemeyeceğini (ayarlanabilip ayarlanamayacağını) kontrol edin

4. Uygun Deney Tasarımını Seçin



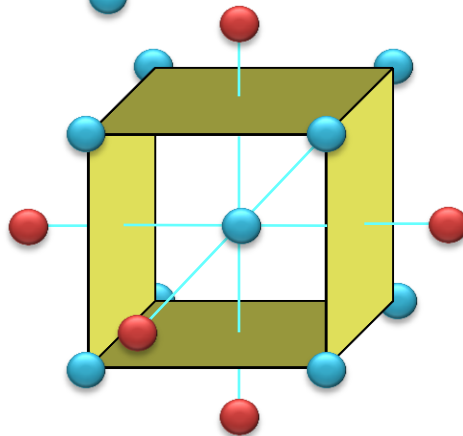
Kesirli Faktöriyel

$$\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3$$



Tam Faktöriyel

$$+ \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3$$



Tepki Yüzeyi

$$+ \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2$$

veya diğer...

5. Örnek Büyüklüğünü Hesaplayın

- α 'ya karar verin (genellikle %5)
- β 'ya Karar verin (genellikle %10)
- δ 'ya (etki - effect) karar verin
 - Etki (Effect): İki deneme noktası (köşe noktası) ortalaması arasında ne büyüklükte bir farkı ayırt etmek istiyorsunuz.
- Örnek büyüklüğünü (tekrar miktarı – replicates) hesaplayın (her köşe noktasında kaç deneme yapılacak).
 - Stat > Power and Sample Size > ...

6. Deneyi Tasarımlayın

► Deneyi tasarımlayın.

► Stat > DOE > Factorial > Create Factorial Design...

veya

► Stat > DOE > Response Surface > Create Response Surface Design...

► veya bazı özel durumlar için:

■ Stat > DOE > Mixture > Create Mixture Design... veya

■ Stat > DOE > Taguchi > Create Taguchi Design...

7. Uygulama Planını Yapın

➤ Uygulama planını yapın:

– Ne? Ne zaman? Kim? Nasıl? ...

(plan dokümante edilmiş şeydir)

➡ DİKKAT! ÇOK ÖNEMLİ!:

- Uygulamaya başlamadan önce deneyi sahada hayali olarak gerçekleştirin
- Karşınıza çıkabilecek engelleri veya plandaki eksikleri öngörün
- Önlemleri geliştirin ve planı güncelleyin

8. “Deney Hazırlık Raporu”nu Hazırlayın

➤ Rapor İçeriği:

- Pratik problem ve deneyin amacı,
- y (y 'ler),
- y (y 'ler için ölçüm sistemleri),
 - Ölçüm sistemlerinin yeterliliğini gösteren çalışma sonuçları
- x 'ler
 - Neden bu x 'lerin seçildiğiyle ilgili açıklamalar
- x 'ler için seviyeler
 - Neden bu seviyelerin belirlendiğiyle ilgili açıklamalar
- Uygulama Planı
- ...

9. Deneyi Yapın

► Sahaya çıkın, denemeleri yapın, veriyi toplayın.

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	X1	X2	X3	Y1	Y2
47	25	1	1	-1,000	1,000	1,000		
28	26	1	1	1,000	1,000	1,000		
2	27	1	1	1,000	-1,000	-1,000		
30	28	0	1	0,000	0,000	0,000		
8	29	1	1	1,000	1,000	1,000		
11	30	0	1	0,000	0,000	0,000		
51	31	0	1	0,000	0,000	0,000		
9	32	0	1	0,000	0,000	0,000		
22	33	1	1	1,000	-1,000	-1,000		
41	34	1	1	-1,000	-1,000	-1,000		
7	35	1	1	-1,000	1,000	1,000		
45	36	1	1	-1,000	-1,000	1,000		
5	37	1	1	1,000	1,000	1,000		

10. Deney Sonuçlarını Analiz Edin

- ▶ Stat > DOE > Factorial > Analyze Factorial Design...
veya
- ▶ Stat > DOE > Response Surface > Analyze Response Surface Design...

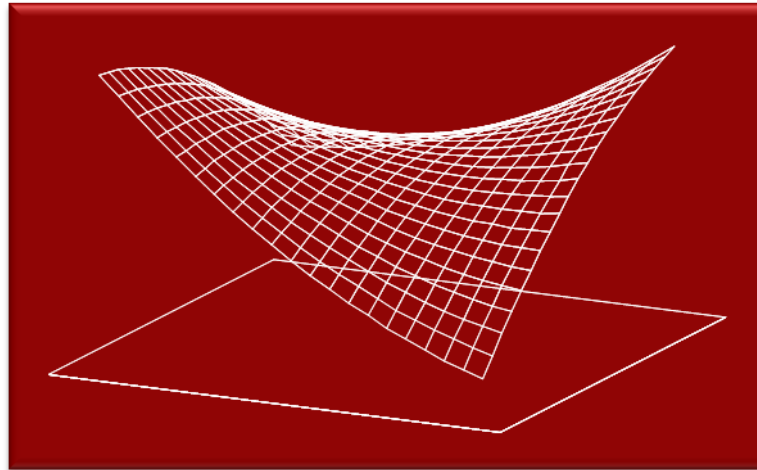
- I. Her zaman ilk olarak blok etkisinin olup olmadığını kontrol edin (deney bloklu yapıldıysa)
 - Blok etkisi var ise nedenlerini araştırın
 - Deney sonuçlarını bu araştırmalar ışığında blok etkisini de düşünerek yorumlayın
 - Blok değişkeni ile ilgili olarak ne yapılacağına karar verin

II. Önemsiz (yüksek p-değerine sahip) terimleri modelden çıkararak **indirgenmiş model**'i oluşturun.

- i. İndirgemeyi adım-adım (modelden her seferinde bir terim çıkararak) yapın
- ii. İndirgemeye önce p-değeri yüksek olan yüksek seviyeli etkileşim terimleriyle başlayın
- iii. İndirgemeye modelde p-değeri α 'nın üzerinde olan bir terim kalmayana kadar devam edin (**hiyerarşi gereği modelde bulunmak zorunda olanlar dışında**)

III. Grafiklerden yararlanarak indirgenmiş modeli değerlendirin:

- ▶ Stat >DOE> Factorial > Factorial Plots... veya
- ▶ Stat >DOE> Response Surface > Contour/Surface Plots...



IV. Artık (Residuals) analizi yaparak indirgenmiş modelin uygunluğunu kesinleştirin

► Stat > DOE > ... > Analyze ... Design > Graphs – Residual Plots ...

V. “ R^2 ” ve “ R^2 Adjusted” değerlerini inceleyin ve pratik öneme göre değerlendirin

VI. %SS’leri inceleyin ve pratik öneme göre değerlendirin

11. Matematiksel Modeli Oluşturun

- Modele karar verin ve matematiksel olarak ifade edin

$$y = f(x_1, x_2, \dots x_n)$$

- “Response Optimizer”i kullanarak modeli test edin
 - Stat > DOE > Factorial > Response Optimizer... veya
 - Stat > DOE > Response Surface > Response Optimizer...

12. Pratik Sonuç Çıkarın

- Modeli süreç terimlerine çevirerek ifade edin ve önerilerde bulunun
- Pratik Sonuçlar Çıkarın
- Bir sonraki hamleye karar verin

Deney sonucunda elde edilen bilgilerin ışığında bir sonraki hamlenin ne olacağına karar verin

13. Deney Sonuç Raporunu Hazırlayın

➤ Rapor İçeriği:

- Deney hazırlık raporu
- Deney sırasında karşılaşılan güçlükler
 - Bu güçlüklerin nasıl aşıldığı
- Deney yoluyla elde edilen:
 - Bulgular
 - Bilgiler
- Matematiksel Model
- Pratik Sonuç
- Bir Sonraki Hamle
- Deney Amacı Dışındaki Bulgular ve Öneriler

14. Deney Sonuçlarını Sunun

- Rapor içeriğini bir sunuş haline getirin
- İlgili herkesin katıldığı gruba sunun
 - Deney çalışmasına katılan ve katkı sağlayan herkes
 - Süreç sahibi
 - İlgili/kilit süreç çalışanları
 - İlgili diğer yöneticiler
- Sunuşu herkesin anlayacağı dil ve ifadeler kullanarak yapmaya özen gösterin

(anlatamazsanız sonuçlar işe yaramayacaktır)
- Çalışan ve katkı sağlayan herkese teşekkür edin
- Bir sonraki adım için mutabakatı sağlayın



ORHAN ÇEVİK
DANIŞMANLIK VE EĞİTİM

orhan@orhancevik.com
www.orhancevik.com