

**LATİS TASARIMLAR**

**Gözde METİN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İSTATİSTİK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AĞUSTOS 2012  
ANKARA**

Gözde METİN tarafından hazırlanan LATİS TASARIMLAR adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. Hülya BAYRAK .....

Tez Danışmanı, İstatistik Anabilim Dalı

Bu çalışma jürimiz tarafından oy birliği ile İstatistik Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Berrin ÖZKAYA .....

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Hülya BAYRAK .....

İstatistik Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Fikri GÖKPINAR .....

İstatistik Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih : 02.08.2012

Bu tez ile Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU .....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tezin içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Gözde METİN

**LATİS TASARIMLAR**  
(Yüksek Lisans Tezi)

**Gözde METİN**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**Ağustos 2012**

**ÖZET**

Kombinatoryal düzen, verilen sonlu bir kümeden belirli özellikleri olan alt kümeler toplamının seçilmesinin bir yoludur. Tamamlanmamış blok tasarımlar ve Latis tasarımlar kombinatoryal düzenlere birer örnektir. Tamamlanmamış blok tasarımların kullanışlılığı büyük miktarda işlem test edildiğinde en fazladır. Latis Tasarımlar da homojen veri bulmanın zor olduğu ve çok sayıda işlemin bulunduğu yerlerde kullanılabilir. Latis tasarımlar; her bir yinelemede yer alan işlemler, her bir satırı ya da tamamlanmamış bloğu aynı miktarda işlem içeren bir kare düzenin düzenlenmesi olarak düşünülebilir. Rasgele blok tasarım verilerin bloklara bölünmesi ile uygulanır. Bu tez çalışmasında Rasgele blok tasarım ile Latis tasarım karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda Latis tasarımın Rasgele blok tasarıma göre daha etkin olduğu gösterilmiştir.

**Bilim Kodu : 205.1.066**  
**Anahtar Kelimeler : Latis tasarımlar, Dengeli tamamlanmamış blok tasarım, Rasgele blok tasarım**  
**Sayfa adedi : 77**  
**Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Hülya BAYRAK**

**LATTICE DESIGNS****(M.Sc.Thesis)****Gözde METİN****GAZI UNIVERSITY****INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY****August 2012****ABSTRACT**

Combinatorial Design is a way of selection of sum of subsets from finite set which have specific characteristics. Incomplete Block Designs and Lattice Designs are examples of Combinatorial Designs. Incomplete Block Designs' usefulness is maximized when large number of treatments are to be tested. Lattice Designs can be used when it is difficult to find homogen data and large number of treatments occur. Lattice Designs can be considered that within each replication varieties may be thought of as forming a square array in which each row or incomplete block contains the same number of varieties. In a Randomized Block Design the pool of subjects is divided into blocks. In this study Lattice design is compared with Randomized block design. As a result of this comparison it is shown that Latis design is more efficient than Randomized block design

**Science Code : 205.1.066****Key Words : Lattice design, Balanced incomplete block design, Randomized block design****Page Number : 77****Adviser : Prof. Dr. Hülya BAYRAK**

## TEŞEKKÜR

Yoğun çalışma temposuna rağmen benden yardımlarını, desteğini, sabrını ve bilgisini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Hülya BAYRAK' a, her zaman yanımda olup destekleri ile beni cesaretlendiren aileme ve sevgili eşim Cenker METİN'e sonsuz teşekkür ederim.

Gözde METİN

## İÇİNDEKİLER

|                                                                      | <b>Sayfa</b> |
|----------------------------------------------------------------------|--------------|
| ÖZET .....                                                           | iv           |
| ABSTRACT .....                                                       | v            |
| TEŞEKKÜR.....                                                        | vi           |
| İÇİNDEKİLER .....                                                    | vii          |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....                                            | ix           |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....                                             | xi           |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                         | xii          |
| 1. GİRİŞ.....                                                        | 1            |
| 2. LATİS TASARIMLAR.....                                             | 4            |
| 2.1. Kare Latis Tasarımlar.....                                      | 4            |
| 2.2. Dikdörtgensel Latis Tasarımlar.....                             | 8            |
| 2.2.1. Latinleştirilmiş dikdörtgensel latis tasarımlar .....         | 10           |
| 2.3. Latis Tasarım ile İlgili Yapılar.....                           | 12           |
| 2.3.1. Latin kareler .....                                           | 12           |
| 2.3.2. Trojen kareler.....                                           | 15           |
| 2.3.3. Dengeli tamamlanmamış blok tasarımlar.....                    | 16           |
| 2.3.4. Kısmi dengeli tamamlanmamış blok tasarımlar .....             | 19           |
| 3. RASGELE BLOK TASARIM .....                                        | 21           |
| 4. LATİS TASARIMLARIN KULLANIMI .....                                | 23           |
| 5. LATİS TASARIMLARIN VE RASGELE BLOK TASARIMLARIN<br>ETKİNLİĞİ..... | 27           |
| 6. LATİS TASARIMIN SONLU GEOMETRİ İLE İLİŞKİSİ .....                 | 29           |

|                                                            | <b>Sayfa</b> |
|------------------------------------------------------------|--------------|
| 7. UYGULAMA.....                                           | 43           |
| 8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....                                  | 63           |
| KAYNAKLAR .....                                            | 64           |
| EKLER .....                                                | 68           |
| EK-1. 4x4 Latis tasarım için etkinlik ve testin gücü ..... | 69           |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                              | 77           |

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                                   | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 2.1 Dengeli tasarımlarda denge için gerekli minimum yineleme miktarları .....                     | 6     |
| Çizelge 2.2 Kare latis, tamamlanmamış ve tamamlanmamış latin kareler için tasarım düzeni .....            | 7     |
| Çizelge 2.3 Dikdörtgen latis için kullanılan 4x4 latin kare.....                                          | 9     |
| Çizelge 2.4 Dikdörtgen latis tasarımının yinelemelerinde yer alan işlemler .....                          | 10    |
| Çizelge 2.5 $n = 2$ , $n = 3$ , $n = 4$ ve $n = 5$ için Latin Kareler.....                                | 12    |
| Çizelge 2.6 Ortogonal latin Kareler .....                                                                 | 14    |
| Çizelge 3.1 Rasgele blok tasarım düzeni.....                                                              | 22    |
| Çizelge 4.1 Latis tasarımının bloklarında yer alan işlemler .....                                         | 25    |
| Çizelge 6.1 Etken ve etkileşimlerin mümkün karışımları .....                                              | 32    |
| Çizelge 6.2 $PG(2,3)$ 'de etken ve etkileşim karışımları.....                                             | 33    |
| Çizelge 6.3 $(0,0,1)$ noktasının düğüm noktası olarak kabul edilen doğrular ve üzerindeki noktalar .....  | 34    |
| Çizelge 6.4 $(0,1,0)$ noktasının düğüm noktası olarak kabul edilen doğrular ve üzerindeki noktalar .....  | 34    |
| Çizelge 6.5 $(0,1,1)$ noktasının düğüm noktası olarak kabul edilen doğrular ve üzerindeki noktalar .....  | 34    |
| Çizelge 6.6 $(0,1,-1)$ noktasının düğüm noktası olarak kabul edilen doğrular ve üzerindeki noktalar ..... | 34    |
| Çizelge 6.7 Çizelge 6.3'den elde edilen homojen yinelemeler .....                                         | 35    |
| Çizelge 6.8 Çizelge 6.4'den elde edilen homojen yinelemeler .....                                         | 35    |

| <b>Çizelge</b>                                                                                          | <b>Sayfa</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 6.9 Çizelge 6.5'den elde edilen homojen yinelemeler .....                                       | 35           |
| Çizelge 6.10 Çizelge 6.6'den elde edilen homojen yinelemeler .....                                      | 35           |
| Çizelge 6.11 $LDL_1$ için birliktelik yapısı .....                                                      | 37           |
| Çizelge 6.12 $k(k - w)$ dikdörtgensel latis için birliktelik yapısı .....                               | 39           |
| Çizelge 6.13 Homojen yinelemelere ilişkin birliktelik yapısı .....                                      | 41           |
| Çizelge 7.1 Veriler için Q-Q grafiği .....                                                              | 43           |
| Çizelge 7.2 $4 \times 4$ 'lük dengeli latis tasarımın işlemlerinin dağılımı .....                       | 44           |
| Çizelge 7.3 5 yinelemeli $4 \times 4$ 'lük rasgele üretilen veriler .....                               | 45           |
| Çizelge 7.4 Veriler için yazılmış isabet matrisi .....                                                  | 47           |
| Çizelge 7.5 Ağırlık matrisi .....                                                                       | 48           |
| Çizelge 7.6 V matrisi .....                                                                             | 50           |
| Çizelge 7.7 Blok ve yineleme toplamaları .....                                                          | 52           |
| Çizelge 7.8 İşlem toplamı, blok toplamı, düzeltme faktörü, düzeltilmiş toplam ve birim ortalaması ..... | 54           |
| Çizelge 7.9 Düzeltilmiş işlem toplamı, düzeltilmiş işlem sapmaları ve düzeltilmiş işlem kareleri .....  | 56           |
| Çizelge 7.10 Latis tasarıma ait ANOVA tablosu .....                                                     | 56           |
| Çizelge 7.11 SAS ANOVA tablosu .....                                                                    | 57           |
| Çizelge 7.12 SAS ağırlıklar ile düzeltilmiş işlem ortalamaları .....                                    | 58           |
| Çizelge 7.13 SAS en az anlamlı farklılık test sonuçları .....                                           | 59           |
| Çizelge 7.14 Rasgele blok düzenine göre veri setinin düzenlenmiş hali .....                             | 60           |
| Çizelge 7.15 Rasgele blok tasarım için ANOVA tablosu .....                                              | 61           |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                   | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 6.1 Dört Homojen yinelemenin $EG(2,3)$ 'de bir gösterimidir. .... | 35    |
| Şekil 6.2 $(4,3,2)$ kısmi geometrisinin bir gösterimi .....             | 38    |
| Şekil 6.3 $(3,2,1)$ kısmi geometrisine ilişkin bir gösterim .....       | 42    |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan bazı simge ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| Simgeler           | Açıklama                                                   |
|--------------------|------------------------------------------------------------|
| $b$                | Blok miktarı                                               |
| $B$                | Blok matrisi                                               |
| $B_t$              | Her işlem için yinelemelerde yer aldığı bloğun toplamı     |
| $B[t, k, \lambda]$ | DTBT gösterimi                                             |
| $B_{xi}$           | i blokta düzenlenen blok çifti için sağlanan işlem toplamı |
| $C$                | Düzeltilme vektörü                                         |
| $D$                | İşlemlerden işlem ortalamalarının sapmalarının vektörü     |
| $E$                | Etkinlik faktörü                                           |
| $E_b$              | Blok kareler ortalaması                                    |
| $E_e$              | Bloklar içi hatanın kareler ortalaması                     |
| $E'_e$             | Etkin hata kareler ortalaması                              |
| $GF(p^r)$          | Sonlu Cisim                                                |
| $k$                | Blok genişliği                                             |
| $L = (a_{ij})$     | $a_{ij}$ 'nin Latin kare seti                              |
| $N$                | İsabet matrisi                                             |
| $r$                | Yineleme miktarı                                           |
| $t$                | İşlem miktarı                                              |
| $T$                | İşlem matrisi                                              |
| $T_t$              | Her işlem için yinelemelerden aldığı değer toplamı         |
| $T_{xi}$           | Y grubunun i bloğundaki listelenmiş işlemlerin toplamı     |
| $V$                | $\hat{\mu}$ 'nın kovaryans matrisi                         |

**Simgeler****Açıklama**

|                  |                                                      |
|------------------|------------------------------------------------------|
| $y_{eij}$        | $e$ yinelemede $i$ bloktaki $j$ işlemin gözlemleri   |
| $\bar{Y}$        | İşlem ortalaması                                     |
| $W$              | Ağırlık matrisi                                      |
| $\lambda$        | İki işlemin birlikte göründükleri blok sayısı        |
| $\epsilon_{eij}$ | Bloklar içi hata                                     |
| $\mu$            | Ortalama etkisi                                      |
| $\hat{\mu}$      | Genelleştirilmiş en küçük kareler tahmininin vektörü |
| $\mu_d$          | Düzeltilme faktörü                                   |
| $\rho_e$         | Yineleme etkisi                                      |
| $\pi_{ei}$       | Tamamlanmamış blok etkisi                            |
| $v_j$            | İşlem etkisi                                         |

**Kısaltmalar****Açıklama**

|         |                                             |
|---------|---------------------------------------------|
| $C.V.$  | Değişim katsayısı                           |
| BKO     | Blok kareler ortalaması                     |
| BKT     | Blok kareler toplamı                        |
| DTBT    | Dengeli Tamamlanmamış Blok Tasarımı         |
| $G$     | Genel toplam                                |
| $G.E.$  | Görelî etkinlik                             |
| HKO     | Hata kareler ortalaması                     |
| HKT     | Hata kareler toplamı                        |
| $IKO$   | İşlem kareler ortalaması                    |
| $IKT$   | İşlem kareler toplamı                       |
| $IKT^*$ | Düzeltilmiş işlem kareler toplamı           |
| KDTBT   | Kısmî Dengeli Tamamlanmamış Blok Tasarımlar |
| $LSD$   | Fisher'in en az anlamlı fark sınaması testi |

| Kısaltmalar | Açıklama                      |
|-------------|-------------------------------|
| MOLS        | İkişerli Ortogonal Latin Kare |
| RBT         | Rasgele Blok Tasarım          |
| $Yan^2$     | Yanlılığın karesi             |
| $Var$       | Varyans                       |

## 1. GİRİŞ

Kombinatorik, belirlenmiş kesin kurallara göre nesnelerin ayrılması ve düzenlenmesi problemleriyle ilgili matematiğin bir dalıdır. Kombinatoryal düzen, verilen sonlu bir kümeden belirli özellikleri olan alt kümeler toplamının seçilmesinin bir yoludur. Bu problemlere ilişkin çok sayıda çalışma olmasına rağmen, 19-20. yüzyıllarda kombinatoryal konfigürasyonların deney tasarımlarının istatistiksel teoride yararlı olduğu fark edilmiştir. Tamamlanmamış blok tasarımlar ve latis tasarımlar kombinatoryal düzenlere birer örnektir.

Tamamlanmamış blok tasarımlar birçok alanda, özellikle biyoloji ve ziraat ile ilgili araştırmalar da çok kullanılmaktadır. Bu tasarımların kullanışlılığı büyük miktarda işlem test edildiğinde en fazladır. Rasgele tamamlanmamış bloklarla ilgili çeşitli kare latis tasarımların duyarlılığı (kesinliği) Yates (1936)[8], Goulden (1937)[9], Cochran (1941)[10], Zuber (1942)[11], ve Robinson'un (1948)[12] çalışmalarının yanı sıra diğer araştırmacılar tarafından çeşitli değişmez deney verileri üzerinde ve işlemlerin farklarını içeren deneylerde de belirlenmiştir.

Dengeli tamamlanmamış blok tasarımlar ikili tamamlanmamış blok tasarım (binary incomplete block design) sınıfının en etkin tasarımıdır; fakat parametrik değerlerin bütün kombinasyonları için uygun olmayan ve genellikle büyük miktarda yinleme gerektiren tasarımlardır. Bu zorluğun üstesinden gelmek için Yates(1936) latis tasarımları ortaya koymuştur [40].

Latis tasarım; her bir yinelemede yer alan işlemler, her bir satırı ya da tamamlanmamış bloğu aynı miktarda işlem içeren bir kare düzenin düzenlenmesi olarak düşünülebilir [4].

Çok sayıda işlemin bulunduğu bir deneyde, bunları bloklara yerleştirmek çok zordur (bazen olanaksızdır). Bazı yerleştirmelerde bloklar arası varyans,

bloklar içi varyanstan küçük olur. Bu durum ise arzu edilmez. Bu durumda işlemler çok etkenli bir deney düzenindeki etkenler arası kombinasyonlar gibi düşünülür. Bu etkenler genellikle sanal farz edilir. Elde edilen deney düzenine yarı çok etkenli düzen (Quasi Factorial Design) ya da latis tasarım (Lattice Design) denir. Homojen veri bulmanın zor olduğu ve çok sayıda işlemin bulunduğu yerlerde kullanılabilir. Bu düzenler ilk defa Yates tarafından 1936' da kullanılmıştır [13].

Bir tamamlanmamış blok tasarımının kullanılması ve işlemlerin miktarının test edilebilmesi için, gerekli koşulun ardışık iki tam sayının çarpımı olduğu durumlarda dikdörtgensel latisin kullanılması önerilir [2]. Dikdörtgensel latisler Harshbarger (1947, 1949, 1951) tarafından ortaya konmuştur [3].

Kare latis tasarımlar bir çok çalışmada tartışılmıştır. Bunlardan bazıları John & Williams (1995), Cochran & Cox (1957) ve Federer (1955) 'dir [34]. Bir dengeli latis deneyin varyans analizi için işlem prosedürü Wellhausen (1943) [26] tarafından özetlenmiştir .Rasgele latis tasarımların prosedürü Cochran ve Cox (1957) tarafından önerilmiştir [2].

Bu çalışmanın 2. kısmında latis tasarımların tanım ve özellikleri anlatılmış, latis tasarımlar ile ilgili yapılar olan latin kare tasarım, trojen kare tasarım, dengeli tamamlanmamış blok tasarım ve kısmi dengeli tamamlanmamış blok tasarımlardan bahsedilmiştir.

3. kısımda uygulamada latis tasarım ile karşılaştırmasını yapacağımız rasgele blok tasarım anlatılmıştır.

4. kısımda latis tasarımların kullanımına değinilmiştir.

5. kısımda latis ve rasgele blok tasarımların etkinlik ölçüleri anlatılmıştır.

6. kısımda latis tasarımların sonlu geometri ile ilişkisine değinilmiştir.

7.kısımda latis tasarımların analizi anlatılmıştır. Rasgele üretilen verilere R programı kullanılarak latis tasarım ve rasgele blok tasarım analizi uygulanmış ve çıkan sonuçlar SAS programından hazır eşitlik kullanılarak elde edilen çıktı ile desteklenmiş ve iki tasarım için etkinlik değerleri hesaplanarak aynı veri için tasarımların etkinliği karşılaştırılmıştır. 4x4 , 5x5 ve 7x7'lik latis tasarıma uygun 10000 tekrarlı simülasyon yapılarak etkinliğe bakılmıştır. 4x4'lük latis tasarım için 10000 tekrarlı simülasyon ile latis tasarım ve rasgele blok tasarım için testin gücüne bakılmıştır.

8. kısımda ise sonuç ve öneriler yer almaktadır.

## 2. LATİS TASARIMLAR

Latis tasarımlar, tamamlanmamış blok tasarımların en çok kullanılanıdır. Latis tasarımlar Yates tarafından 1936 yılında sunulmuştur. Tasarımın işlemleri iki yinelemeye sahip ise basit latis, üç yinelemeye sahip ise üç boyutlu latis,  $m$  yinelemeye sahip ise  $m$  boyutlu latis olarak adlandırılır.

### 2.1. Kare Latis Tasarımlar

Latis tasarım olarak adlandırılan Cochran ve Yates tarafından verilen deneysel düzen için işlem sayısı tam kare olmalıdır [4]. Ayrıca latis tasarımların karakteristik özellikleri işlem miktarının tam kare ve blok genişliği bu değerin karekökü olmalıdır [40]. Latis tasarımların avantajı blokların tamamlanmış yinelemelerdeki çeşitlilikte düzenlenebilmesidir [35].

Kare latis düzeninde  $s^n$  tane işlem vardır. Bunlar, önce  $s$  genişlikli bloklara yerleştirilir. Bu düzen, her biri  $s$  düzeyli  $n$  tane etkenin oluşturduğu faktöriyel deney düzeni gibi düşünülür. Diğer taraftan çok sayıda işlem,  $s$  yerine  $k$  genişlikli ( $k < s$ ) bloklara dağıtılarak bir çözüm yolu denenebilir. Bu deneme düzeni dengeli tamamlanmamış blok düzen olarak bilinir. Kare latis düzen ile dengeli tamamlanmamış blok düzen (2.1), (2.2) ve (2.3) eşitliklerindeki bağıntılara uyar. Bu eşitliklerde  $b$  blok sayısı,  $t$  işlem sayısı,  $k$  blok genişliği,  $r$  tekrar sayısı ve  $\lambda$  iki işlemin birlikte göründükleri blok sayısıdır [7].

$$\lambda = \frac{r(k-1)}{t-1} \quad (2.1)$$

$$r = k + 1 = s + 1 \quad (2.2)$$

$$bk = rt \quad (2.3)$$

Kare latis tasarımlar,  $s$  satır ve sütunun her biri ile  $r$  yinelemede düzenlenen  $t = s^2$  işlem için yeniden çözümlenebilir satır-sütun tasarımların önemli bir

sınıfıdır. Dengeli kare latis tasarımlar, satırlar ya da sütunlarda aynı anda yer alan işlem çiftleriyle  $s$  tek sayısı için  $\frac{1}{2}(s+1)$  yineleme gerektirir.  $s$  çift olduğunda  $s+1$  yineleme gereklidir.  $r < s+1$  olduğunda kare latis tasarımlar dengeli değildir.  $\frac{1}{2}(s+1) < r < s+1$  olduğu durumda kare latis tasarım yapılırken bazı yinelemelerdeki satırlar bazı yinelemelerdeki sütunlar gibi tekrar eder [34].

Latis tasarımların spesifik bir özelliği işlem miktarı  $t$ 'nin blok genişliği  $k$  ile  $t = k^2$  yada  $t = k^3$  yada  $t = k(k+1)$  düzenlerinde ilişkili olmasıdır. Mümkün tasarım miktarındaki bu sınırlamalar olmasına rağmen latis tasarımlar özellikle işlemlerin büyük bir miktarıyla ilgilenildiğinde tasarımların önemli bir sınıfını gösterir [36].

Latisler işlem sayısının karekökü kadar blok genişliğinde bir alt grubu düzenler [6]. Bir kare latis tasarımda  $t = k^2$  işlem vardır ve eğer tasarım  $p$  yinelemeye sahipse bu tasarım  $p$  boyutludur. Bu tasarım  $p-2$  karşılıklı ortogonal Latin karelerin  $k$  mertebesine dayanmaktadır.  $p = s+1$  olduğunda da tasarım dengeli latis olarak adlandırılır. Dengeli latis  $t = s^2$ ,  $b = s(s+1)$ ,  $r = s+1$ ,  $k = s$ ,  $\lambda = 1$  parametrelili bir afin yeniden çözülebilir dengeli tamamlanmamış blok tasarımıdır [14].

Bir latis tasarım, deneysel veri fazla değişkenliğe sahip olduğunda etkindir. Aksi durumda, varyans analizindeki blok kareler ortalaması hata kareler ortalamasından daha büyük olabilir [6].

Schutz ve Cocker (1962) bütün dengeli tasarımlarda denge için gerekli yineleme miktarlarını Çizelge 2.1 'deki gibi önermişlerdir [1]. Cochran ve Cox (1966)'da yer alan tasarımdaki işlem miktarı, satır ve sütundaki gözlem miktarına göre tasarımı dengeli ya da kısmi dengeli tasarım olarak

ayırmışlardır. Bu tasarımlar çizelge 2.2’de gösterilmiştir. Ayrıca Cochran ve Cox bu çizelge de hata için en az gerekli olan serbestlik derecesini de vermişlerdir [21].

Çizelge 2.1 Dengeli tasarımlarda denge için gerekli minimum yineleme miktarları

| Tasarım                             | Minimum yineleme miktarı |
|-------------------------------------|--------------------------|
| <b><math>k^2</math> işlem</b>       |                          |
| Basit Latis (kısmi dengeli)         | 2                        |
| Üçlü Latis (kısmi dengeli)          | 3                        |
| Dörtlü Latis (kısmi dengeli)        | 4                        |
| .                                   | .                        |
| .                                   | .                        |
| Dengeli Latis                       | $k+1$                    |
| <b><math>k(k+1)</math> işlem</b>    |                          |
| Dikdörtgensel Latis (kısmi dengeli) | 2                        |
| .                                   | .                        |
| .                                   | .                        |
| Yaklaşık Dengeli Latis              | $k$                      |
| <b><math>k^3</math> işlem</b>       |                          |
| Kübik Latis (kısmi dengeli)         | 3                        |
| .                                   | .                        |
| .                                   | .                        |
| Dengeli Latis                       | $k^2+k+1$                |

Çizelge 2.2 Kare latis, tamamlanmamış ve tamamlanmamış latin kareler için tasarım düzeni

| İşlem miktarı<br>$t$ | Sütun ve satırda yer alan gözlem miktarı<br>$k$ | Yineleme miktarı<br>$r^*$ |        | İşlem miktarı<br>$t$ | Sütun ve satırda yer alan gözlem miktarı<br>$k$ | Yineleme miktarı<br>$r^*$ |    |
|----------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|--------|----------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|----|
|                      |                                                 | K.D                       | D.     |                      |                                                 | K.D                       | D. |
| 3                    | 6,3                                             |                           | 6      | 9                    | 9,4                                             |                           | 8  |
|                      | 9,3                                             |                           | 9      |                      | 9,5                                             |                           | 10 |
|                      | 4,4                                             | 5+                        |        |                      | 8,8                                             | 7+                        |    |
|                      | 3,5                                             | 5                         |        |                      | 9,8                                             |                           | 8  |
|                      | 3,7                                             | 7                         |        |                      | 8,10                                            | 9-                        |    |
|                      | 3,8                                             | 8                         |        |                      | 10,3                                            |                           | 9  |
|                      | 3,10                                            | 10                        |        |                      | 9,9                                             | 8+                        |    |
| 4                    | 4,3                                             |                           | 3**, 6 | 10                   | 10,9                                            |                           | 9  |
|                      | 8,4                                             |                           | 8      |                      | 9,11                                            | 10-                       |    |
|                      | 3,5                                             | 4-                        |        |                      | 11,2                                            |                           | 10 |
|                      | 4,5                                             | 5                         |        |                      | 11,5                                            |                           | 5  |
|                      | 5,5                                             | 6+                        |        |                      | 11,6                                            |                           | 6  |
|                      | 4,7                                             | 7                         |        |                      | 10,10                                           | 9+                        |    |
|                      | 4,9                                             | 9                         |        |                      | 11,10                                           |                           | 10 |
| 5                    | 5,2                                             |                           | 4      | 12                   | 11,11                                           | 10+                       |    |
|                      | 5,3                                             |                           | 6      | 13                   | 13,3                                            |                           | 6  |
|                      | 4,4                                             | 3+                        |        |                      | 13,4                                            |                           | 4  |
|                      | 5,4                                             |                           | 4      |                      | 13,9                                            |                           | 9  |
|                      | 10,5                                            |                           | 10     | 15                   | 15,7                                            |                           | 7  |
|                      | 4,6                                             | 5-                        |        |                      | 15,8                                            |                           | 8  |
|                      | 5,6                                             | 6                         |        |                      | 4,4                                             |                           | 5  |
|                      | 6,6                                             | 7+                        |        | 16                   | 16,6                                            |                           | 6  |
|                      | 5,9                                             | 9                         |        |                      | 16,10                                           |                           | 10 |
| 6                    | 5,5                                             | 4+                        |        | 19                   | 19,3                                            |                           | 9  |
|                      | 6,5                                             |                           | 5      |                      | 19,9                                            |                           | 9  |
|                      | 5,7                                             | 6-                        |        |                      | 19,10                                           |                           | 10 |
|                      | 6,7                                             | 7                         |        | 21                   | 21,5                                            |                           | 5  |
|                      | 7,7                                             | 8+                        |        | 25                   | 25,4                                            |                           | 8  |
| 7                    | 7,2                                             |                           | 6      |                      | 5,5                                             |                           | 3  |
|                      | 7,3                                             |                           | 3      |                      | 25,9                                            |                           | 9  |
|                      | 7,4                                             |                           | 4      | 31                   | 31,6                                            |                           | 6  |
|                      | 6,6                                             | 5+                        |        |                      | 31,10                                           |                           | 10 |
|                      | 7,6                                             |                           | 6      | 37                   | 37,9                                            |                           | 9  |
|                      | 6,8                                             | 7-                        |        | 41                   | 41,5                                            |                           | 10 |
|                      | 7,8                                             | 8                         |        | 49                   | 7,7                                             | 3                         | 4  |
|                      | 8,8                                             | 9+                        |        | 57                   | 57,8                                            |                           | 8  |
| 8                    | 7,7                                             | 6+                        |        | 64                   | 8,8                                             | 3...                      | 9  |
|                      | 7,8                                             |                           | 7      | 73                   | 73,9                                            |                           | 9  |
|                      | 7,9                                             | 8-                        |        | 81                   | 9,9                                             | 3,4                       | 5  |
|                      | 9,9                                             | 10+                       |        | 91                   | 91,10                                           |                           | 10 |
| 9                    | 9,2                                             |                           | 8      | 121                  | 11,11                                           | 3...                      | 6  |
|                      | 3,3                                             |                           | 2**, 4 | 169                  | 13,13                                           | 3...                      | 7  |

+ bir işlem birden fazla yinelemeye sahiptir

- bir işlem bir yinelemede yer almayabilir

\* kendisi yada katına eşit

K.D. kısmi dengeli tasarım

D. dengeli tasarım

\*\* hata için yeterli serbestlik derecesi değildir.

## 2.2. Dikdörtgensel Latis Tasarımlar

İki boyutlu latilerin (two-dimensional lattices) sınıfı işlem miktarı tam kare olduğunda uygulanabilir. Bu eksikliği gidermek için Harshbarger tarafından  $k-1$  blok genişliğindeki  $t = k(k-1)$  işlem için dikdörtgensel latis tasarım ortaya konmuştur.

Dikdörtgensel latis tasarım bir kısmı dengeli tamamlanmamış blok tasarım ya da kısmı dengeli tamamlanmamış blok tasarımın genel bir halidir [36].

Bir tamamlanmamış blok tasarımının kullanılması ve işlem miktarının test edilebilmesi için, gerekli koşulun ardışık iki tam sayının çarpımı olduğu durumlarda dikdörtgensel latis kullanılması önerilir [2]. Dikdörtgensel latiler Harshbarger (1947, 1949, 1951) tarafından ortaya konmuştur [3].

Dikdörtgensel latis tasarım  $s-1$  genişliğe sahip  $s$  bloğun  $r$  yinelenmesindeki  $t$  işlem için yeniden çözülebilir tamamlanmamış bir blok tasarımıdır. Burada  $t = s(s-1)$  ve  $s$  bir tamsayı olmak üzere  $2 \leq r \leq s$  dir. Bu tasarım herhangi işlem çiftinin en fazla bir blokta beraber meydana gelme özelliğine sahiptir. Tasarım  $r-2$  karşılıklı ortogonal  $s \times s$ 'lik latin karelerin bir setinden oluşturulur [5]. Dikdörtgensel latis her bir satırda bir kez ve her bir sütunda bir kez kayıp işlemlerin meydana gelmesiyle  $k$  kayıp gözlemlili kare bir latis olarak düşünülebilir [4].

Dikdörtgensel tasarım, işlem miktarı ardışık iki tam sayının çarpımı olduğu durum da  $s \times s$  düzenin köşegeni boş olacak şekilde bu işlemlerin düzenlenmesi olarak tanımlanabilir. Basit dikdörtgensel tasarımın (simple rectangular design) ilk yinelenmesinin blokları düzenin  $s-1$  işlem ile satırları ve ikinci yinelenmesinin blokları ise düzenin  $s-1$  işlem ile sütunlarıdır [14].

Dikdörtgensel latişler için düzenler, kare latişler için düzenlere benzerdir. Eğer tasarımıda iki ortogonal yineleme kullanıldıysa tasarım bir basit dikdörtgensel latistir (simple rectangular lattice design) . Eğer tasarımıda üç ortogonal yineleme kullanıldıysa bu üçlü dikdörtgensel latiş (triple rectangular lattice design) olduğunu gösterir [2].

Bir dikdörtgensel latiş tasarımı,  $s - 1$  genişlikli herhangi iki işlemi en fazla bir blokta beraber görülebilen ve herhangi bir  $k$  bloğun  $r \leq (t-1)/(s-1)$  yeniden çözülebilen sınıflarında kısımlarına ayrılmış bloklardaki  $s(s-1)$  işlemin bir düzenlemesidir [19]. Dikdörtgensel latiş tasarımlar genellikle kısmi dengeli olmamalarına rağmen  $r$ ' nin özel üç değeri  $r = s$  ,  $r = s - 1$  ve  $r = 2$  için kısmi dengelidirler [20].

Dikdörtgensel latiş tasarımların oluşturulmasında bir çok yöntem vardır. G. S. Watson tarafından ortaya konulan yöntem şöyledir.  $k + 1$  satır ve sütun ile köşegeni üzerinde her biri ayrı harf alacak şekilde bir latin kare alınır. Bu latin karenin köşegeni dışında yer alan harfleri numaralandırılır ve çizelge 2.3 'deki latin kare elde edilir.

Çizelge 2.3 Dikdörtgen latiş için kullanılan 4x4 latin kare

|     |     |     |    |
|-----|-----|-----|----|
| A   | B1  | C2  | D3 |
| D4  | C   | B5  | A6 |
| B7  | A8  | D   | C9 |
| C10 | D11 | A12 | B  |

Dikdörtgensel latiş tasarımının ilk yinelemesi latin karenin satırları, ikinci yinelemesi sütunları ve üçüncü yinelemesi ise latin karede yer alan harfler ile elde edilir [40].

Çizelge 2.4 Dikdörtgen latis tasarımının yinelemelerinde yer alan işlemler

| Yinelemeler | Bloklar | İşlemler   |
|-------------|---------|------------|
| 1. Yineleme | 1       | (1,2,3)    |
|             | 2       | (4,5,6)    |
|             | 3       | (7,8,9)    |
|             | 4       | (10,11,12) |
| 2.Yineleme  | 5       | (4,7,10)   |
|             | 6       | (1,8,11)   |
|             | 7       | (2,5,12)   |
|             | 8       | (3,6,9)    |
| 3.Yineleme  | 9       | (6,8,12)   |
|             | 10      | (1,5,7)    |
|             | 11      | (2,9,10)   |
|             | 12      | (3,4,11)   |

### 2.2.1. Latinleştirilmiş dikdörtgensel latis tasarımlar

İşlem sayısının, iki ardışık tam sayının çarpımı olduğu durumdur. Bu düzenlerde, birbirine ortogonal olan  $k$  satır ve  $k$  set mevcuttur. Her set  $(k-1)$  işleme sahip tamamlanmamış bloklardan oluşur.

Bu düzenleri oluşturmada ortogonal latin kare tam seti gözönüne alınacaktır. Çünkü tam setler istenen Özelliğe sahiptir.

4. mertebeden ortogonal latin kare tam seti aşağıdaki gibidir

$$L_1 = \left\{ \begin{bmatrix} A & B & C & D \\ B & A & D & C \\ C & D & A & B \\ D & C & B & A \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} A & C & D & B \\ B & D & C & A \\ C & A & B & D \\ D & B & A & C \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} A & D & B & C \\ B & C & A & D \\ C & B & D & A \\ D & A & C & B \end{bmatrix} \right\}$$

$L_1$  seti 4. mertebeden projektif düzlem tanımlar.  $L_1$  sisteminden, latinleştirilmiş Dikdörtgensel latis düzeni elde edilebilir. Latinleştirilmiş dikdörtgensel latis tasarımlarının homojen tekrarları elde etmek için şu işlemler sırasıyla yapılır:

(i)  $L_1$  'de 1. latin karesinin ilk sütunu atılır. Geriye kalan üç sütunu yazılır.

(ii) Birinci sütunda kalan üç harfe (B,C,D) alfabadeki sıralarına göre 1,2,3 numaralan verilir

(iii) İkinci satırdaki kalan üç harfe (A,D,C) alfabadeki sıralarına göre 4,6,5 numaraları verilir. Bu numaralandırma dördüncü satır içinde tekrarlanır. Böylece 1. yineleme elde edilir.

(iv) Birinci Latin kareden sırasıyla A,B,C,D'nin bulundukları konumların numaraları yazılır. Böylece 2. yineleme elde edilir.

(v)  $L_1$  'in 2. Latin karesinin yine 1. Sütünü atılır geri kalan üç sütünün harfleri 1.Latin karenin üç sütununun üzerine yerleştirilerek aynı konumlarda yazılır. Böylece 3.yineleme elde edilir.

(vi) Aynı düşünce tarzıyla  $L_1$  'in üçüncü latin karesinden 4. yineleme elde edilir.

$L_1$  tam setinden elde edilen latinleştirilmiş dikdörtgensel latis ( $LDL_1$ ) seti aşağıdadır.

$$LDL_1 = \left\{ \begin{array}{c} \text{Yineleme 1} \quad \text{Yineleme 2} \quad \text{Yineleme 3} \quad \text{Yineleme 4} \\ \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 6 & 5 \\ 9 & 7 & 8 \\ 12 & 11 & 10 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 & 7 & 10 \\ 1 & 8 & 11 \\ 2 & 5 & 12 \\ 3 & 6 & 9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 5 & 9 & 11 \\ 3 & 7 & 12 \\ 1 & 6 & 10 \\ 2 & 4 & 8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 6 & 8 & 12 \\ 2 & 9 & 10 \\ 3 & 4 & 11 \\ 1 & 5 & 7 \end{pmatrix} \end{array} \right\}$$

## 2.3. Latis Tasarım ile ilgili Yapılar

### 2.3.1. Latin kareler

Matematikte, bir matris türü olarak bilinen latin Kareler, istatistikte; sıkça başvuru alan deney düzenleme yöntemlerinden biridir. Latin kare, hiç bir satır ya da sütunda değişkenlerin ikişer kez gözükmediği  $m$  satır ve  $m$  sütundaki  $m$  değişkenin düzenidir [15].

Latin kareler, değişkenlerin tamamen farklı iki yolla, satır ve sütunlarla gruplanmasından dolayı genellikle deneysel tasarımlarda kullanılırlar. Bu çiftli gruplamanın etkisi satır ve sütunlar arasındaki farklılıklardan kaynaklanan hataların küçültülmesi içindir. Latin kare düzeninde deney hatası denemeler arası farkların satır ve sütunlarda sabit kalmadığını belirten bir ölçüdür. Bu ölçü;  $T \times R \times C$  ( işlem, satır, sütun ) şeklinde ifade edilir. Burada  $T \times R$  etkileşimi: sütundan sütuna,  $T \times C$  etkileşimi, ise satırdan satıra değişimi ifade eder. Söz konusu etkileşimin önemli olup olmadığını anlayabilmek için örnekleme hatasını bilmeye gerek vardır. Bu ise her parselde birden fazla ölçüm yapmakla hesaplanabilir. Çizelge 2.5 de latin karelerin bazı örnekleri verilmiştir [7].

Çizelge 2.5  $n = 2$  ,  $n = 3$  ,  $n = 4$  ve  $n = 5$  için Latin Kareler

|     |       |       |         |           |
|-----|-------|-------|---------|-----------|
|     |       |       |         | 1 2 3 4 5 |
|     |       |       | 4 3 2 1 | 5 1 2 3 4 |
|     | 1 2 3 | 1 3 2 | 3 4 1 2 | 4 5 1 2 3 |
| 1 2 | 3 1 2 | 3 2 1 | 2 1 4 3 | 3 4 5 1 2 |
| 2 1 | 2 3 1 | 2 1 3 | 1 2 3 4 | 2 3 4 5 1 |
|     | A     | B     | C       | D         |
| n=2 |       | n=3   | n=4     | n=5       |

Latin karelerin ortogonal dizilerle, latis tasarımlarla, transversal tasarımlarla, dengeli tamamlanmamış blok tasarımlarla (DTBT) ve diğer tasarımlarla ilişkisi vardır.

Bir Latin kare bütün sembolleri her bir satır ve her bir sütunda tam olarak bir kere meydana gelen  $s \times s$  bir kare düzendeki  $s$  sembolün bir düzenlemesidir. İki Latin kare verilsin, bu karelerden biri diğerinin üzerine yerleştirildiğinde  $s^2$  sıralı çiftlerin her biri tam olarak bir kez meydana geliyorsa bunlar ortogonaldır denir [14].

$x_1, x_2, \dots, x_m$  satırının permütasyonları latin karenin satırlarıdır.  $P_i$ , latin karenin  $i$ . satırındaki  $x_1, x_2, \dots, x_m$  dönüşümünün permütasyonu olsun.  $Q_i$ , karşılıklı ortogonal olup olmadıkları bakılacak olan ikinci latin karenin permütasyonu olsun.  $(P_1, P_2, \dots, P_m)$  ve  $(Q_1, Q_2, \dots, Q_m)$  latin kareleri sadece ve sadece  $(P_1^{-1}Q_1, P_2^{-1}Q_2, \dots, P_m^{-1}Q_m)$  bir latin kare ise ortogonallerdir [15].

Bir  $s \times s$  Latin kare, 1'den  $s$ 'e kadar  $s$  sayının kümesinin hiçbir satır veya sütununun aynı sayıyı iki kere içermemesi yoluyla düzenlenmesi ile oluşur. Eğer kümenin latin karelerinin her bir çifti ortogonal ise  $s \times s$  latin karelerin bir kümesi ikişerli ortogonaldır [30].

Latin karede birinci satır doğal sırada ise; latin kare standart biçimdedir denir ve bu ortogonal latin karelerin bir özelliğidir. Ortogonal latin kare setinin oluşturulmasında sonlu cisim (Galois field,  $GF$ ) kullanılır.

$g_0 = 0, g_1 = 1, g_2, \dots, g_{m-1}$  sonlu cismin  $(m-1)$  mertebeden elemanları olsun.

$$L_i = \begin{bmatrix} 0 & 1 & \dots & g_{m-1} \\ g_i & g_i + 1 & \dots & g_i + g_{m-1} \\ g_i \cdot g_i & g_i \cdot g_i + 1 & \dots & g_i \cdot g_i + g_{m-1} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ g_i \cdot g_{m-1} & g_i \cdot g_{m-1} + 1 & \dots & g_i \cdot g_{m-1} + g_{m-1} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m-1$$

Böyle verilen  $L_i$  düzenleri  $(m-1)$  tane ortogonal latin karenin bir seti yazılabilir.

Her asal  $p$  ve her  $r \in \mathbb{Z}^+$  için  $p^r$  elemanlı sonlu bir cisim vardır.

Örnek :  $GF(p^r)$  ,  $GF(5) = \{0,1,2,3,4\}$  bu bir cisim oluşturur.  $GF(5)$  dikkate alınarak aşağıdaki ortogonal Latin kare seti yazılabilir.

Çizelge 2.6 Ortogonal latin kareler

|       |   |   |   |   |       |   |   |   |   |       |   |   |   |   |       |   |   |   |   |
|-------|---|---|---|---|-------|---|---|---|---|-------|---|---|---|---|-------|---|---|---|---|
| 0     | 1 | 2 | 3 | 4 | 0     | 1 | 2 | 3 | 4 | 0     | 1 | 2 | 3 | 4 | 0     | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1     | 2 | 3 | 4 | 0 | 2     | 3 | 4 | 0 | 1 | 3     | 4 | 0 | 1 | 2 | 4     | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 2     | 3 | 4 | 0 | 1 | 4     | 0 | 1 | 2 | 3 | 1     | 2 | 3 | 4 | 0 | 3     | 4 | 0 | 1 | 2 |
| 3     | 4 | 0 | 1 | 2 | 1     | 2 | 3 | 4 | 0 | 4     | 0 | 1 | 2 | 3 | 2     | 3 | 4 | 0 | 1 |
| 4     | 0 | 1 | 2 | 3 | 3     | 4 | 0 | 1 | 2 | 2     | 3 | 4 | 0 | 1 | 1     | 2 | 3 | 4 | 0 |
| $L_1$ |   |   |   |   | $L_2$ |   |   |   |   | $L_3$ |   |   |   |   | $L_4$ |   |   |   |   |

$n$  bir asal sayının kuvveti iken daima  $(n-1)$  tane  $n$  boyutlu ortogonal latin kare seti kurulabilir.

Her bir çifti ortogonal olan bir Latin kare setine, karşılıklı ortogonal latin karelerin (Mutually Orthogonal Latin Square-MOLS) bir seti denir. Karşılıklı ortogonal Latin karelerin  $s$  düzenin (sirasının) sayısı en fazla  $s-1$  'dir.  $s-1$ 'in bir seti, MOLS' un  $s$  düzeni (sırası) MOLS 'un tam bir seti olarak adlandırılır ve  $s$  asal ya da asal katı olduğunda vardır [14]. Latis tasarımıda işlem sayısının, bir asal veya asal sayının kuvveti olduğu durumlar ilk kez Kempthorne ve Federer (1948), Federer (1949) 'de verilmiştir [16-18].

$s=10$  için iki MOLS meydana gelir ve üç MOLS 'un meydana gelip gelemeyeceği bilinmez.  $s=6$  düzeni için hiçbir MOLS çifti meydana gelmez.

MOLS ve Latin karelerle ilgili daha fazla bilgi için Denes ve Keedwell (1974) ya da Raghavarao (1971) bakılabilir [14].

### 2.3.2. Trojan kareler

Trojen kare tasarımına literatürde ilk kez Harsberger ve Davis (1952) tarafından yer verilmiştir [28]. Çalışmalarında bu tasarımları latinleştirilmiş dikdörtgensel latisler olarak isimlendirmişlerdir. Harsberger ve Davis  $k = n - 1$  durumunu ele almışlardır. Daha sonra Darby ve Gilbert (1958)  $k < n$  için genel durumu çalışmışlar ve  $k > 2$  olan tasarımlar için “trojen kare” ismini kullanmışlardır. Ancak latinleştirilmiş dikdörtgensel latis tiplerinin tüm tasarımları  $1 < k < n$  için “trojen kare” olarak isimlendirilir. Özel olarak  $n = 6$  için Trojen Kare yoktur. Trojen kareler  $k > n$  için oluşmazlar.

Trojen Kareler; yarı latin karelerin optimal bir ailesidir. Yates(1935)’in tanımına göre bir yarı latin kare  $t=kn$  sembolün  $n$  satır ve  $n$  sütundan oluşan dikdörtgensel bir düzenlemesidir. Bir yarı latin kare tasarımı eğer ikişerli ortogonal ve  $n = k + 2$  ise trojen Kare olarak isimlendirilir [29].

Tasarımın temelinde  $k$  adet ortogonal  $n * n$  Latin karelerin bir kümesi yer alır.  $kn$  adet işlem vardır. Her bir alt parsel,  $n$  satır ve  $n$  sütunla gösterilir.  $n^2$  parsel vardır. Herbiri  $k$  alt parsele bölünmüştür.

Trojen kareler, her bir hücre bir blok gibi düşünüldüğünde çift yeniden çözülebilir eksik blok tasarımları gibi düşünülebilir. Bu tasarımların detaylı incelemesi Preece (1967)[31]’de bulunabilir. Trojen karelerin istatistiksel uygulamaları Edmondson (1998)[32] tarafından çalışılmıştır. Trojen karelerin genelleştirilmiş i yine Edmondson (2002) [33] tarafından önerilmiştir.

### 2.3.3. Dengeli tamamlanmamış blok tasarımlar

Özellikle kombinatoriyel analizdeki noktaların dizilişindeki problem için bazı kesin kurallar vardır. Böyle düzenlemeler ya da dizilişler isabet sistemi (incidence structure) ve  $t$ -tasarımı olarak bilinir.  $t$ -tasarımların önemli sınıflarından biri dengeli tamamlanmamış blok tasarımlardır (Balanced incomplete block design). Bloklar  $B_1, B_2, \dots, B_b$   $b$  tane , nesneler veya noktalar  $t$  tanedir. Her bir blok  $k$  farklı nokta içerir ve her nesne çifti  $\lambda$  blokta birlikte görülür. Böyle dizilişler  $(t, k, \lambda)$  tasarımını verir.

Rasgele blok tasarımında blok genişliğinin işlem sayısına eşitliği bilinir. Bazen her blokta bütün denemeleri (assay) uygulama imkanı bulunmayabilir. Ayrıca deneme birimlerinin homojen setler içine gruplandırılması ve hata varyansının küçültülmesi istenebilir. Böyle bir durumda tamamlanmamış blok tasarım kullanılabilir. Eğer tüm deneme çiftleri için  $\lambda$  aynı ise tasarım dengeli tamamlanmamış blok tasarımıdır.

Bütün blokları aynı sayıda noktaya (işleme) sahip olan ve bütün noktaları aynı sayıda blokta gözüken  $t, b, r, k, \lambda$  parametrelili 2-tasarıma “ blok tasarımı ” denir.

Bir blok tasarımında  $1 < k < t$  koşulu sağlanıyorsa bu tasarım “ dengeli tamamlanmamış blok tasarım ” (balanced incomplete block design) (DTBT) olarak adlandırılır.

Buradaki “ dengeli ” sözcüğü 2-tasarım koşullarına ve “ tamamlanmamış ” sözcüğü ise  $k < t$  koşulunu işaret eder.

DTBT aslında bir 2-tasarımı olduğundan  $\lambda, p \neq q$  olmak üzere

$(p, q) \in \binom{t}{2}$  çiftinin birlikte görüldüğü ortak blok sayısını belirtir.

Bir DTBT farklı şekillerde gösterilebilir:  $B[t, k, \lambda]$ ,  $B[k, \lambda; t]$ ,  $S_\lambda(2, k; t)$ ,  $S_{\lambda 2}(2, k, t)$ ,  $S(\lambda, 2, k, t)$ . Ama bunlardan en genel olarak kullanılanı  $B[t, k, \lambda]$  dır.

Bir DTBT aşağıdaki özellikleri sağlayan bir tasarımıdır;

- (i)  $k \geq 2$  dir.
- (ii) Her işlem bir blokta bir kere gözükür.
- (iii) Her işlem eşit sayıda gözükür (yani  $r$  'ler aynıdır)
- (iv) Her işlem çifti aynı sayıda blokta gözükür (yani  $\lambda$  'lar aynıdır)

DTBT' ler Yates tarafından önerilmiştir. Ayrıca Yates (1936), bazı küçük DTBT' lerin oluşturulmasını tartışmıştır.

Yates' in (1936) çalışmaları daha sonraki araştırmacılar için genel bir zemin sağlamıştır. Bose' un (1939) oluşumları (constructions) ve onu takip eden çalışmalar DTBT kavramının zenginliğini göstermişlerdir.

DTBT oluşturma'nın çeşitli metotları vardır. Bu metotlar Ragvaharao (1971) ve Street' de (1987) bulunabilir.

$(t, b, r, k, \lambda)$ –DTBT  $b \geq t$  olmalıdır. Bu Fisher eşitsizliğidir.

**Not:**  $b \geq t$  nün sonucu ,  $r \geq k$  ve  $\lambda(t-1) \geq k^2 - k$  gibi diğer eşdeğer yollarla da ifade edilebilir.

Eğer DTBT da  $t = b$  ve  $k = r$  elde edilirse DTBT nın simetrik ya da kare olduğu söylenir. Simetrik DTBT lar her zaman  $(t, k, \lambda)$ –tasarımları gibi tanımlanır.

*Örnek*  $t = b = 7, r = k = 3$  parametrelili tamamlanmamış bir blok tasarımı aşağıdaki bloklarla verilsin:

$$\{1,2,3\}, \{2,3,4\}, \{3,4,5\}, \{4,5,6\}, \{5,6,0\}, \{6,0,1\}, \{0,1,2\}$$

$k = 3 < t = 7$  olduğundan tasarım tamamlanmamıştır. Fakat  $v = 7 \leq b = 7$  olmasına rağmen dengeli değildir. Çünkü işlem çiftleri aynı sayıda blokta meydana gelmez. Yani; 01, 12, ...vd. işlem çiftleri iki blokta; 02, 13, ...vd. işlem çiftleri bir blokta gözükür. 03, 14, ...vd. işlem çiftleri ise hiçbir blokta gözükmez.

$(t, b, r, k, \lambda)$  parametrelili bir DTBT' nin parametreleri arasında aşağıdaki eşitlikler vardır;

$$(i) \quad bk = tr$$

$$(ii) \quad r(k-1) = \lambda(t-1)$$

Bir DTBT' nin varlığı için aşağıdaki koşullar gereklidir [7].

$$(i) \quad \lambda(t-1) \equiv 0 \pmod{k-1}$$

$$(ii) \quad \lambda t(t-1) \equiv 0 \pmod{k(k-1)}$$

Dengeli tamamlanmamış blok tasarım bir yeniden çözülebilir tasarımdır.  $(X, A)$ , bir  $(t, k, \lambda)$  DTBT olsun.  $(X, A)$  'da bir paralel sınıf  $A$  'daki ayrık blokların alt setidir.  $A$  'nın  $r$  paralel sınıflarına parçalanması yeniden çözümleme olarak adlandırılır.

Eğer  $A$  'nın en azından bir yeniden çözümlenmesi varsa  $(X, A)$  'nın yeniden çözümlenebilir olduğu söylenebilir.

Bir paralel sınıf  $t/k$  blok içerir. Ayrıca DTBT yalnızca  $t \equiv 0 \pmod{k}$  ise bir paralel sınıfa sahip olabilir.

Bütün çift  $t$  'ler yeniden çözülebilir  $(t, k, \lambda)$  DTBT oluşturur. Bir çözülebilir  $(t, k, \lambda)$  DTBT var olması için gerek ve yeter koşul,  $t$  çift sayı ve  $t \geq 4$  olmasıdır [27].

#### 2.3.4. Kısmi dengeli tamamlanmamış blok tasarımlar

Dengeli tamamlanmamış blok tasarımlarda işlem çiftlerinin birlikte görünme sayısı  $\lambda$  tüm işlem çiftleri için aynıdır. Ancak kısmi dengeli blok tasarımları (Partially Balanced Incomplete Block Design) (KDTBT) durumunda  $\lambda$  tek olmamaktadır.

$m$  tane farklı  $\lambda$  olması durumunda  $(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)$  KDTBT  $m$ -sınıflı olarak adlandırılır. Bazen  $KB[k, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m]$  olarak ta gösterilir.

KDTBT,  $t$  işlemin  $b$  blokta aşağıda verilen koşullarda düzenlenmesidir.

(i)  $t$  işlemin her biri  $b$  blokta gözükür. Her bir blok  $k$  genişliktedir. İşlemler herhangi bir blokta 1 kez gözükür.

(ii)  $t$  işleminin her bir çifti aşağıdaki gibi bir birliktelik yapısına sahiptir.

a) Herhangi iki işlem birinci veya ikinci birliktelik sınıfındadır.

b) Her işlem birinci birliktelikte  $n_1$  elemana ikinci birliktelikte  $n_2$  elemana sahiptir.

c)  $i$ . birliktelik sınıfında bulunan herhangi işlem çifti için birinci işlemin birinci birliktelik sınıfındaki ve ikinci işlemin birinci birliktelik sınıfındaki ortak elemanların sayısı  $P_{11}^i (i = 1, 2)$  dir.

(iii)  $i$ . birliktelik sınıfındaki işlemlerin herhangi iki çifti  $\lambda_i (i = 1, 2)$  blokta birlikte görünür.

Daima aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$P_{12}^1 = P_{21}^1 \text{ ve } P_{12}^2 = P_{21}^2 \text{ dir.}$$

$$P_{12}^1 = P_{21}^1 = n_1 - P_{11}^1 - 1,$$

$$P_{22}^1 = n_2 - n_1 + P_{11}^1 + 1$$

$$P_{12}^2 = P_{21}^2 = n_1 - P_{11}^2,$$

$$P_{22}^2 = n_2 - n_1 + P_{11}^2 - 1$$

$$bk = rv$$

$$v = n_1 + n_2 + 1$$

$$\lambda_1 n_1 + \lambda_2 n_2 = r(k - 1),$$

$$n_1 P_{11}^1 = n_2 P_{11}^2$$

$$n_1 P_{22}^1 = n_2 P_{12}^2$$

Burada  $t, b, r, k, \lambda_i, n_j$  ( $i, j = 0, \dots, m$ ) birinci çeşit parametre  $P_{jk}^i$  ( $i, j, k = 0, 1, \dots, m$ ) ikinci çeşit parametrelerdir.  $(2m + 4)$  tane birinci çeşit,  $m^2(m + 1)/2$  tane ikinci çeşit parametre vardır.

KDTBT için birliktelik yapılarına ilişkin cebirsel özellikler geniş bir şekilde Bose ve Mesner (1959) da verilmiştir [7].

### 3. RASGELE BLOK TASARIM

Rasgele blok tasarım, bloklarda yer alan tekrarlı ölçü ya da eşleşik örnekler (sample) içeren ikiden fazla grup arasındaki farkları değerlendirir. Rasgele blok tasarımda bloklar kullanılmasına rağmen grup farkları arasındaki farklılığın analizine odaklanır. Örneğin reklam ortamları ile ilgili faktörlerle ilgilenelim. İlgilenilen faktörün düzeyleri gazete, televizyon ve radyo olsun. Bloklar olarak farklı şehirler alınsın. Farklı şehirler arasındaki değişkenlik, üç farklı reklam ortamı arasındaki farklılıkların iyi belirlenebilmesi için rasgele hatadan çıkarılır. Bu rasgele blok tasarımın avantajıdır.

Rasgele blok tasarım, deney verilerinin homojen gruplara ayrıldığı (blok) ve işlemlerin rasgele bu gruplara atandığı bir kısıtlı rasgele tasarımdır [44]. Rasgele blok tasarım oluşturulurken araştırmacının mutlaka deney verilerini bloklara ayırmak için bir faktör belirlemesi gereklidir [37]. Rasgele blok tasarımda ikiden fazla işlem karşılaştırılır. Bloklar homojendir ve işlem alt birimlerinden oluşur. Bu işlemler rasgele sıralanmıştır [25]. Her bir işlem her bir blokta bir kez meydana gelir.

Bu tasarımın özü deneysel materyallerin tek bir işlem ya da yinleme içeren bloklara bölünmesidir. Deneyin her aşamasında uygulanabilecek kadar küçük gruplara bölünmüş her bir grup deneysel hata içerir. Böylece birimleri ardışık gruplara atadığımızda aynı gruba (bloğa) atanan birimler karşılaştırılabilir. Yinelemelere (bloklara) bölmek deneysel hatayı azaltmaya yardım edebilir. Rasgele blok tasarımın temel avantajları şunlardır:

1. Grup ortalamaları sayesinde genellikle tamamen rasgeleleştirilmiş tasarımdan (completely randomized design) daha doğru sonuçlar verir.
2. Bir miktar yineleme aynı miktarda işlem içerebilir. Yani her bir işlem aynı miktarda yinelemeye sahip olabilir. Eğer bazı işlemler için daha

fazla yinleme gerekirse, bu işlemler bütün gruplarda iki birim olarak uygulanabilir. Gerekirse daha fazla sayıda da uygulanabilir.

3. İstatistiksel analizi anlaşılırdır. Tasarım için en kötü durum, tamamlanmış grubun eksik gözlem içermesidir. Bazı birbirinden bağımsız birimlerin datada eksik olması durumunda Yates eksik çiziş yöntemini (missing plot) geliştirmiştir. Yates'in bu yöntemiyle mevcut sonuçları tamamen kullanılabilir hale getirmiştir.

4. Eğer bazı işlemler için deneysel hata varyansı diğer işlemlerin varyansından daha büyük ise, işlem ortalamalarının herhangi bir özel kombinasyonu test edilmesi için yansız hata elde edilebilir [21].

Örnek A, B, C, D, E olarak 5 farklı ilaç olduğunu düşünelim. Bütün ilaçlar herbiri rasgele seçilen 4 fare üzerinde olacak şekilde uygulanmış olsun. Toplam 20 farenin 4 fareden 5 yavru olarak ürediğini varsayalım. Bu sayede yavrudan yavruya olan değişkenlik dışında homojenlik sağlanmış olur. Bu deneyin düzeni çizelge 3.1'deki gibidir [44].

Çizelge 3.1 Rasgele blok tasarım düzeni

| <b>Fare/İlaç</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>1</b>         | $Y_{11}$ | $Y_{12}$ | $Y_{13}$ | $Y_{14}$ | $Y_{15}$ |
| <b>2</b>         | $Y_{21}$ | $Y_{22}$ | $Y_{23}$ | $Y_{24}$ | $Y_{25}$ |
| <b>3</b>         | $Y_{31}$ | $Y_{32}$ | $Y_{33}$ | $Y_{34}$ | $Y_{35}$ |
| <b>4</b>         | $Y_{41}$ | $Y_{42}$ | $Y_{43}$ | $Y_{44}$ | $Y_{45}$ |

#### 4. LATİS TASARIMLARIN KULLANIMI

Tamamlanmamış blok tasarım, rasgele blok tasarımdan sadece biraz daha fazla düzenleme ve özellikle en iyi olası gruplamayı yapacak şekilde rasgele deneysel planlamayı içerir. Çoğu tamamlanmamış blok tasarım 6 - 200 arası işlem içerebilir. Kübik latis tasarım söz konusu olduğunda ise 1000'e kadar işlem içerebilmektedir [21]. Çok sayıda işlemin bulunduğu bir deneyde, bunları bloklara yerleştirmek çok zordur (bazen olanaksızdır). Bazı yerleştirmelerde bloklar arası varyans, bloklar içi varyanstan küçük olur. Bu durum ise arzu edilmez. Bu durumda işlemler çok etkenli bir deney düzenindeki etkenler arası kombinasyonlar gibi düşünülür. Homojen veri bulmanın zor olduğu ve çok sayıda işlemin bulunduğu yerlerde latis tasarımlar kullanılabilir [13].

Bazen deneylerdeki büyük miktarlı işlemler, küçük miktarlı bloklarda test edilir. Genellikle böyle deneylerde yeterli miktarda veri, her biri çeşitliliğe sahip büyük denemede uygun olmayabilir. Ve bunlar 2 ya da 3 yinelemeli tasarımlarla ilgilidir. Latis tasarımlar böyle deneylerin düzenlenmesinde kullanışlıdır.

Düzenin satırları olarak ilk yinelemenin  $s$  blokları, düzenin sütunları olarak ikinci yinelemenin  $s$  blokları yazılarak basit kare latis tasarımı oluşturulabilir. Üçüncü yineleme oluşturulurken  $s \times s$  latin kare, düzen üzerine yerleştirilir ve böylece üçüncü yinelemenin  $s$  blokları oluşturulur. Burada  $i$ . blok Latin karenin  $i$ . harfine rastlayan sembolleri içerir. Üç yineleme üçlü kare latis tasarım olur. Dördüncü yineleme oluşturulurken üçüncü yinelemede kullandığımız latin kareye ortogonal olan bir latin kare kullanılır. Bu ortogonal latin kare  $s \times s$  düzenin üzerine yerleştirilir.  $i$ . blok ikinci Latin karenin  $i$ . harflerine rastlayan sembolleri içerir. Dördüncü yineleme dört boyutlu bir kare latis tasarım meydana getirir.  $s$  bir asal yada asal katı olduğunda  $s+1$

yineleme içeren, karşılıklı ortogonal latin karelerin tam setini kullanarak dengeli bir kare latis oluşturulabilir [14].

Örnek  $t = 9$  için dengeli latis tasarım oluşturulsun. Standart düzen aşağıdaki gibi olsun.

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 |

1. yinelemenin blokları satırlardan 2. yinelemenin blokları ise sütunlardan oluşur.  $k = 3$  olduğu için dengeli latis oluşması için  $r = 4$  olmalıdır. 3. yineleme ve 4. yinelemeleri oluşturabilmek için iki tane ortogonal latin kare gerekmektedir. Ortogonal latin kareler aşağıda yer almaktadır.

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| A | B | C | A | B | C |
| B | C | A | C | A | B |
| C | A | B | B | C | A |

Bu ortogonal latin kareler karşılıklı ortogonal latin karelerdir. Bu latin karelerin üzerine standart düzen yerleştirilerek çizelge 4.1'de yer alan yinelemeler ve blokları elde edilir [40].

Çizelge 4.1 Latis tasarımın bloklarında yer alan işlemler

|               | Bloklar | İşlemler | Yineleme    |
|---------------|---------|----------|-------------|
| Satırlar      | 1       | (1,2,3)  | 1. Yineleme |
|               | 2       | (4,5,6)  |             |
|               | 3       | (7,8,9)  |             |
| Sütunlar      | 4       | (1,4,7)  | 2. Yineleme |
|               | 5       | (2,5,8)  |             |
|               | 6       | (3,6,9)  |             |
| 1. Latin kare | 7       | (1,6,8)  | 3. Yineleme |
|               | 8       | (2,4,9)  |             |
|               | 9       | (3,5,7)  |             |
| 2. Latin kare | 10      | (1,5,9)  | 4. Yineleme |
|               | 11      | (2,6,7)  |             |
|               | 12      | (3,4,8)  |             |

Oluşturulan dengeli latis tasarımın parametreleri  $t = 9$ ,  $b = 12$ ,  $k = 3$ ,  $r = 4$  ve  $\lambda = 1$  'dir. Burada  $bk = tr$  ve  $\lambda(t-1) = r(k-1)$  sağladığını görürüz [1].

$p$  boyutlu kare latisler için  $s^2$  işlemleri her biri  $s$  düzeyli A ve B faktörlerini içeren bir 2-faktör deneyinin işlem kombinasyonu olarak tanımlanabilir. Kare latisin satırları A faktörünün düzeylerine, sütunları B faktörünün düzeylerine denk gelir.  $p$ - boyutlu kare latis (iki ana etkileri kısmen karışık) bir kısmi karışım (etki) faktöriyel deneydir ve  $s-1$  serbestlik derecelerinin her biriyle etkileşimlerinin  $p-2$  setleridir. Kare latislerde karışmamış etkileşim kareler toplamaları bütün yinelemelerden elde edilebilir ve kısmi karışmış etkileşimlerin kareler toplamaları bu karışmamış olan yinelemelerden hesaplanır. Bloklar için düzeltilmiş işlem kareler toplamaları standart metotlardan elde edilse de edilmese de aynıdır [14].

Yinelemelerdeki blokların ve blokların içindeki işlem miktarının rastgeleliği herhangi bir tasarımın kullanımında önde olmalıdır. Ayrıca işlem miktarını ayırmadan önce işlemler rasgele olmalıdır.

Latis tasarımının matematiksel modeli şöyledir.

$$y_{eij} = \mu + \rho_e + \pi_{ei} + v_j + \epsilon_{eij} \quad (4.1)$$

$$e = 1, 2, \dots, r ; i = 1, \dots, b ; j = 1, \dots, t$$

(4.1) eşitliğinde yer alan  $y_{eij}$  'de e yinelemedeki  $i$  tane blokta  $j$  tane işlem için gözlemler olarak ifade edilebilir.  $\mu$  ortalama,  $\rho_e$  yineleme,  $\pi_{ei}$  tamamlanmamış blok,  $v_j$  işlem etkilerini ve  $\epsilon_{eij}$  bloklar içi hatayı göstermektedir ve bunların sıfır ortalama  $\sigma_e^2$  varyansla bağımsız olarak normal dağıldıkları varsayılmaktadır [21].

## 5. LATİS TASARIMLARIN VE RASGELE BLOK TASARIMLARIN ETKİNLİĞİ

İstatistikte etkinlik terimi çeşitli istatistiksel prosedürlerin karşılaştırılmasında kullanılır. Etkinlik terimi, deney tasarımında bir tahmin edicinin optimalitesinin ölçülmesi anlamına gelir [38].

Kare latis tasarımın Rasgele blok tasarıma karşı ortalama etkinlik faktörü  $E$  (5.1) eşitliğindeki gibidir. Bu etkinlik göstergesi her iki tasarımında aynı hata varyansına sahip olduğunu varsayar [40].

$$E_{Latis:RBT} = \frac{(k+1)(r-1)}{(k+1)(r-1)+r} \quad (5.1)$$

(5.1) eşitliği herhangi bir yeniden çözülebilir tasarım için en iyi olası etkinliği ifade eder.

Tasarımın etkinliğini hesaplama da kullanılan yöntemlerden biri de (Relative efficiency) görelidir. Görelilik terimi çoğunlukla uygulanan yöntem ile en iyi olası kuramsal yöntemin karşılaştırılması olarak kullanılır. Etkinliğin tanımlanmasında genellikle arzulanan ölçü varyans ya da hata kareler ortalamasıdır [38]. Hata kareler ortalamalarına bakarak iki tahmin edicinin etkinliği hakkında karşılaştırma yapılabilir. Eğer iki tahmin edici de yansız ise bu durumda varyans göreliliğe eşittir.

$$HKO(\hat{\theta}) = Yan^2(\hat{\theta}) + Var(\hat{\theta}) \quad (5.2)$$

İki istatistiğin görelilik etkinliği içerdikleri dağılıma dayanmaktadır. Örneğin rasgele blok tasarımın, tamamlanmış rasgele tasarıma karşı görelilik etkinliği (5.3) eşitliğindeki gibidir. Latis tasarımın rasgele blok tasarıma karşı görelilik etkinliği ise (5.4) eşitliği ile hesaplanmaktadır.

$$Görelî Etkinlik_{RBT,TBT} = \frac{(b-1)BKO + b(t-1)HKO}{(bt-1)HKO} \quad (5.3)$$

$$Görelî Etkinlik_{Latis,RBT} = 100 * \left[ \left\{ BKT (düzeltilmiş) + HKT \right\} / \left\{ k(k^2 - 1) * E'_e \right\} \right] \quad (5.4)$$

$$E'_e = E_e (1 + k\mu_d) \quad (5.5)$$

$$\mu_d = \frac{(E_b - E_e)}{k^2 E_b} \quad (5.6)$$

[42].

Tasarımların etkinliklerini kıyaslanması için diğ er bir yöntem değ işim katsayısı (coefficient of variation c.v.) değ erlerine bakmaktır. İki farklı tahmini birbiri ile karşılaştırırken ölçü birimleri ve değ işken değ erlerinin farklı düzeylerinden ötürü duyarlılığı varyans ile ölçmek doğ ru olmaz. Bunun yerine tahminin standart hatasının kendisine bölümü ile elde edilen değ işim katsayısı kullanılır [39].

Değ işim katsayısı, tek değ işken için uygulandığında standart sapmanın ortalamaya oranlanması olarak tanımlanmaktadır. Tek değ işken için değ işim katsayısı, değ işkenin ölçüm birimine dayanmayacağı bir yolla değ işkenin dağılımını tanımlamayı amaçlar. Eğer değ işim katsayısı büyük ise değ işkenin dağılımı geniştir. Bir model için değ işim katsayısı, çıktı değ erleri ve artık karelerin görelî genişliğinde modele uygun olup olmadığ ının tanımlanmasını amaçlar. Değ işim katsayısının küçük olması tahmin değ erlerine göre artıkların küçük olduğunu gösterir. Bu istenilen durumdur.

Latis tasarım için değ işim katsayısı (5.7) eşitliğindeki gibi yazılır [40].

$$C.V._{Latis} = \left( \sqrt{MSE} / \bar{Y} \right) \quad (5.7)$$

## 6. LATİS TASARIMIN SONLU GEOMETRİ İLE İLİŞKİSİ

G. Fano bir doğru üzerinde noktaların sonsuz sayısının varlığını kapsayan aksiyomlara karar verme problemi ile ilgilenmiştir. Tüm aksiyomları sağlayan fakat doğru üzerinde sonsuz sayıda olmayan noktalar sistemi bulmuştur. Böylece sonlu geometri doğmuştur [7].

Sonlu geometri, üzerinde sonlu sayıda nokta içeren geometri sistemidir. Sonlu geometri sonlu sayıda boyut içerebilir.

Latis tasarımlar da sonlu geometri ile ilişkilendirildiğinde, etken ve etken kombinasyonları noktalarla, bloklar da doğrularla gösterilebilir. Noktaların uzayı ve doğruların uzayı birbirinin dual uzayları olmaktadır. Latis tasarımlara ait bazı bilgiler dual uzaylara ait özelliklerle açıklanabilir. Latis tasarımıda işlemin her biri  $p$  genişlikli  $p^{n-1}$  bloğa dağıtılır.  $p^n$  tane işleme ait  $p^n - 1$  serbestlik derecesi, her sanal etken için  $p - 1$  serbestlik derecesine bölününce,  $p^{n-1} + p^{n-1} + \dots + p + 1$  tane farklı etki karışımı elde edilir.

Burada, latis tasarım ile  $p^n$  elemanlı sonlu cisim  $GF(p^n)$  ilişkilendirilecektir.  $PG(m, p^n)$  projektif geometrinin doğruları bir uzay oluşturur.  $GF(p^n)$  üzerine kurulan projektif geometri  $PG(m, p^n)$  dir.  $PG(m, p^n)$  projektif geometri,  $GF(p^n)$ 'nin  $m$ -boyutlu noktalar ve doğrular sistemine denir.  $EG(m, p^n)$ , nokta ve doğruları analitik  $m$ -boyutlu öklit geometridir.

Doğrular üzerindeki noktalar etken ve/veya etki karışımı diye adlandırılır ki bunlar işlemlere karşılık gelir. Bu noktaların da oluşturduğu bir uzay vardır. Bu iki uzay birbirinin *dual uzayı* olur.

*Örnek 27* işlemi olan latis tasarım  $b=13$ ,  $k=r=4$  ve  $\lambda=1$  olan bir tasarım şeklindedir. Bunları her biri üçer düzeyli 3 etkenden oluşan faktöriyel düzene benzemektedir. Bunu  $p^n=3^3$  şeklinde gösterilir. 27 tane işlem ile aynı zamanda her biri  $p$  düzeyli  $n$  tane etkenden meydana gelen latis tasarım oluşturulur. Buradan, etki ya da etki karışımlarının düzeyleri sonlu cisim  $GF(3)$  ile tanımlanabilir.  $GF(3)$  üzerine kurulan  $PG(2,3)$  sonlu analitik projektif geometrisinin uygunluğu açıktır. Bu takdirde  $PG(2,3)$ 'deki blok sayısı  $p^2+p+1=13$  ve  $EG(2,3)$ 'deki blok sayısı  $p^2+p=12$ 'dir.  $PG(2,3)$ 'deki nokta sayısı  $p^2+p+1=13$  ve  $EG(2,3)$ 'deki nokta sayısı  $p^2=9$ 'dur.  $PG(2,3)$  ün her noktasından  $p+1=4$  tane doğru geçer, her doğru üzerinde  $p+1=4$  nokta bulunur.  $PG(2,3)$ 'ün bir doğrusu çıkarıldığında, bunun üzerindeki  $p+1=4$  noktanın her birinden geçen doğruların sayısı  $p=3$  olur. Böylece doğrular ortak noktası olmayan, bir anlamda paralel doğrulara dönüşür. Paralel kalan her  $p=3$  doğru grubunun atılan bir düğüm noktası vardır.

Paralel doğru gruplarından her birinin kapsadığı etken ve/veya etkileşim kombinasyonları homojen yineleme oluşturur. Böylece  $p+1$  homojen yineleme elde edilir. Homojen yinelemeler öyle bloklar oluştururki bu bloklar  $EG(2,3)$  geometrisinin tüm özelliklerini taşır. Oluşturulan bu bloklar yardımıyla etken veya etkileşim kombinasyonlarının her biri için eşit sayıda yineleme elde edilir. Bu özellik test yapımında bloklar içi hatanın hesabını kolaylaştırır.

Homojen yinelemeler  $EG(2,3)$  uzayında, bir doğrunun dışındaki bir noktanın, bu doğrunun her noktası ile toplamı alındığında diğer doğru (yani diğer blok) elde edilir.

Her noktasının toplamı alınan doğru ile, dışarda alınan noktayı taşıyan doğru bağımsız kabul edilir. Toplam yoluyla bulunan doğru bağımlı olacağından,

her yinelemede  $p-1$  serbestlik derecesinin mevcut olacağı söylenir. İlave olarak  $p^3$  sanal düzeni için  $(p+1)(p-1)$  serbestlik derecesi elde edilir. Bu serbestlik derecesi latis tasarımı etki karışımı için gerekli olan miktardır.

*Örnek 27* işlemi olan latis tasarım  $t=b=13$ ,  $k=r=4$  ve  $\lambda=1$  olan bir tasarım şeklindedir. Çizelge 6.1’de etken ve etkileşimlerin mümkün karışımlarının çizelgesi yer almaktadır.

Çizelge 6.1’de  $A$  etkeninin etkisinin karıştığı düşünölsün. Eğer  $B$  karışmış ise bu takdirde  $AB$  ve  $AB^2$ ’de karışmıştır. Böyle oluşturulan  $A$ ,  $B$ ,  $AB$ ,  $AB^2$  grubuna sistem denir. Diğer bir karışan grubun  $A$ ,  $C$ ,  $AC$  ve  $AC^2$  olduğu görölmektedir.  $A$ ,  $BC$ ,  $ABC$ ,  $AB^2C^2$  grubunun ve  $A$ ,  $BC^2$ ,  $ABC^2$ ,  $AB^2C$  grubu da karışmıştır. Diğer karışan etken ve etkileşimler çizelge 6.1’den okunabilir.

$PG(m, p^n)$  ve  $EG(m, p^n)$  geometrilerinin özellikleri kullanarak karışması mümkün olabilen etken ve etkileşim grupları ortaya koyulabilir. Çizelge 6.1’de verilen etken ve etkileşim karışımları  $PG(2,3)$ ’de Çizelge 6.2’deki gibi yazmak mümkündür [7].

Çizelge 6.1 Etken ve etkileşimlerin mümkün karışımları

| Sistem | A | B | AB | AB <sup>2</sup> | C | AC | AC <sup>2</sup> | BC | BC <sup>2</sup> | ABC | ABC <sup>2</sup> | AB <sup>2</sup> C | AB <sup>2</sup> C <sup>2</sup> |
|--------|---|---|----|-----------------|---|----|-----------------|----|-----------------|-----|------------------|-------------------|--------------------------------|
| 1      | X | X | X  | X               |   |    |                 |    |                 |     |                  |                   |                                |
| 2      | X |   |    |                 | X | X  | X               |    |                 |     |                  |                   |                                |
| 3      | X |   |    |                 |   |    |                 | X  |                 | X   |                  |                   | X                              |
| 4      | X |   |    |                 |   |    |                 |    | X               |     | X                | X                 |                                |
| 5      |   | X |    |                 | X |    |                 | X  | X               |     |                  |                   |                                |
| 6      |   | X |    |                 |   | X  |                 |    |                 | X   |                  | X                 |                                |
| 7      |   | X |    |                 |   |    | X               |    |                 |     | X                |                   | X                              |
| 8      |   |   | X  |                 | X |    |                 |    |                 | X   | X                |                   |                                |
| 9      |   |   | X  |                 |   |    | X               | X  |                 |     |                  | X                 |                                |
| 10     |   |   |    | X               | X |    |                 |    |                 |     |                  | X                 | X                              |
| 11     |   |   | X  |                 |   | X  |                 |    | X               |     |                  |                   | X                              |
| 12     |   |   |    | X               |   | X  |                 | X  |                 |     | X                |                   |                                |
| 13     |   |   |    | X               |   |    | X               |    | X               | X   |                  |                   |                                |

Çizelge 6.2'deki 5 nolu sistem dikkate alınsın. Bu bloğun  $PG(2,3)$ ' deki karşılığı  $[1, 0, 0]$  doğrusudur. Burada “[ ]” köşeli parantez doğru tanımlar.  $B$ ,  $C$ ,  $BC$ ,  $BC^2$ ' nin etkileri karıştığından bunların oluşturduğu doğru  $PG(2,3)$ ' den çıkarılmış olur. Elde edilen  $EG(2,3)$ ' deki değerler,  $b=12$ ,  $t=9$ ,  $k=r=4$  ve  $\lambda=1$  olacaktır.

Çizelge 6.2  $PG(2,3)$ 'de etken ve etkileşim karışımları

| Sistem |          | A   | B   | AB  | $AB^2$ | C   | AC  | $AC^2$ | BC  | $BC^2$ | ABC | $ABC^2$ | $AB^2C$ | $AB^2C^2$ |
|--------|----------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|--------|-----|--------|-----|---------|---------|-----------|
|        |          | 100 | 010 | 110 | 1-10   | 001 | 101 | 10-    | 011 | 01-1   | 111 | 11-1    | 1-11    | 1-1-1     |
| 1      | [0,0,1]  | X   | X   | X   | X      |     |     |        |     |        |     |         |         |           |
| 2      | [0,1,0]  | X   |     |     |        | X   | X   | X      |     |        |     |         |         |           |
| 3      | [0,-1,1] | X   |     |     |        |     |     |        | X   |        | X   |         |         | X         |
| 4      | [0,1,1]  | X   |     |     |        |     |     |        |     | X      |     | X       | X       |           |
| 5      | [1,0,0]  |     | X   |     |        | X   |     |        | X   | X      |     |         |         |           |
| 6      | [1,0,-1] |     | X   |     |        |     | X   |        |     |        | X   |         | X       |           |
| 7      | [1,0,1]  |     | X   |     |        |     |     | X      |     |        |     | X       |         | X         |
| 8      | [1,-1,0] |     |     | X   |        | X   |     |        |     |        | X   | X       |         |           |
| 9      | [-1,1,1] |     |     | X   |        |     |     | X      | X   |        |     |         | X       |           |
| 10     | [1,-1,1] |     |     |     | X      | X   |     |        |     |        |     |         | X       | X         |
| 11     | [1,1,0]  |     |     | X   |        |     | X   |        |     | X      |     |         |         | X         |
| 12     | [1,1,-1] |     |     |     | X      |     | X   |        | X   |        |     | X       |         |           |
| 13     | [1,1,1]  |     |     |     | X      |     |     | X      |     | X      | X   |         |         |           |

Dikkate alınan  $[1,0,0]$  doğrusu üzerindeki noktaların  $(0,1,0)$ ,  $(0,0,1)$ ,  $(0,1,1)$ ,  $(0,1,-1)$  olduğu Çizelge 6.2'den görülmektedir,  $[1,0,0]$  doğrusunun çıkarılması ile üzerindeki noktaların da çıkarılacağı aşıkardır. Bu noktaların her biri bir düğüm noktasıdır. Bu düğüm noktalarından geçen doğrular  $[1,0,0]$  doğrusu üzerindeki noktaların dualleri olan doğrulardır.

Çizelge 6.3  $(0,0,1)$  noktasının düğüm noktası olarak kabul edilen doğrular ve üzerindeki noktalar

| Doğrular     | Doğrular Üzerindeki Noktalar |            |            |             | Etken ve Etki Karışımları |        |         |           |
|--------------|------------------------------|------------|------------|-------------|---------------------------|--------|---------|-----------|
| $[1, 0, 0]$  | $(0,1,0)$                    | $(0,0,1)$  | $(0,1,1)$  | $(0,1,-1)$  | B                         | C      | BC      | $BC^2$    |
| $[0, 0, 1]$  | $(1,0,0)$                    | $(0,1,0)$  | $(1,1,0)$  | $(1,-1,0)$  | A                         | B      | AB      | $AB^2$    |
| $[1, 0, 1]$  | $(0,1,0)$                    | $(1,0,-1)$ | $(1,1,-1)$ | $(1,-1,-1)$ | B                         | $AC^2$ | $ABC^2$ | $AB^2C^2$ |
| $[1, 0, -1]$ | $(0,1,0)$                    | $(1,0,1)$  | $(1,1,1)$  | $(1,-1,1)$  | B                         | AC     | ABC     | $AB^2C$   |

Çizelge 6.4  $(0,1,0)$  noktasının düğüm noktası olarak kabul edilen doğrular ve üzerindeki noktalar

| Doğrular     | Doğrular Üzerindeki Noktalar |            |            |            | Etken ve Etki Karışımları |         |           |         |
|--------------|------------------------------|------------|------------|------------|---------------------------|---------|-----------|---------|
| $[1, 0, 0]$  | $(0,1,0)$                    | $(0,0,1)$  | $(0,1,1)$  | $(0,1,-1)$ | B                         | C       | BC        | $BC^2$  |
| $[0, 1, 0]$  | $(1,0,0)$                    | $(0,0,1)$  | $(1,0,1)$  | $(1,0,-1)$ | A                         | C       | AC        | $AC^2$  |
| $[1, 1, 0]$  | $(0,0,1)$                    | $(1,-1,1)$ | $(-1,1,1)$ | $(1,-1,0)$ | C                         | $AB^2C$ | $AB^2C^2$ | $AB^2$  |
| $[1, -1, 0]$ | $(1,1,0)$                    | $(0,0,1)$  | $(1,1,1)$  | $(1,1,-1)$ | AB                        | C       | ABC       | $ABC^2$ |

Çizelge 6.5  $(0,1,1)$  noktasının düğüm noktası olarak kabul edilen doğrular ve üzerindeki noktalar

| Doğrular     | Doğrular Üzerindeki Noktalar |            |           |             | Etken ve Etki Karışımları |        |     |           |
|--------------|------------------------------|------------|-----------|-------------|---------------------------|--------|-----|-----------|
| $[1, 0, 0]$  | $(0,1,0)$                    | $(0,0,1)$  | $(0,1,1)$ | $(0,1,-1)$  | B                         | C      | BC  | $BC^2$    |
| $[0, 1, -1]$ | $(1,0,0)$                    | $(0,1,1)$  | $(1,1,1)$ | $(1,-1,-1)$ | A                         | BC     | ABC | $AB^2C^2$ |
| $[1, 1, -1]$ | $(1,-1,0)$                   | $(1,0,1)$  | $(0,1,1)$ | $(1,1,-1)$  | $AB^2$                    | AC     | BC  | $ABC^2$   |
| $[1,-1,-1]$  | $(1,1,0)$                    | $(1,0,-1)$ | $(0,1,1)$ | $(1,-1,1)$  | AB                        | $AC^2$ | BC  | $AB^2C$   |

Çizelge 6.6  $(0,1,-1)$  noktasının düğüm noktası olarak kabul edilen doğrular ve üzerindeki noktalar

| Doğrular     | Doğrular Üzerindeki Noktalar |            |            |            | Etken ve Etki Karışımları |        |           |         |
|--------------|------------------------------|------------|------------|------------|---------------------------|--------|-----------|---------|
| $[1, 0, 0]$  | $(0,1,0)$                    | $(0,1,1)$  | $(0,0,1)$  | $(0,-1,1)$ | B                         | C      | BC        | $BC^2$  |
| $[1, 1, 1]$  | $(1,1,1)$                    | $(1,-1,0)$ | $(1,0,-1)$ | $(0,-1,1)$ | ABC                       | $AB^2$ | $AC^2$    | $BC^2$  |
| $[0, 1, 1]$  | $(1,0,0)$                    | $(0,-1,1)$ | $(1,-1,1)$ | $(1,1,-1)$ | A                         | $BC^2$ | $AB^2C$   | $ABC^2$ |
| $[-1, 1, 1]$ | $(1,1,0)$                    | $(1,0,1)$  | $(-1,1,1)$ | $(0,-1,1)$ | AB                        | AC     | $AB^2C^2$ | $BC^2$  |

Bu işlemlerden sonra elde edilen homojen yinelemeler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.7 Çizelge 6.3'den elde edilen homojen yinelemeler

| Homojen Yineleme-1 |         |           | Düğüm Noktası |
|--------------------|---------|-----------|---------------|
| A                  | AB      | $AB^2$    | B             |
| $AC^2$             | $ABC^2$ | $AB^2C^2$ |               |
| AC                 | ABC     | $AB^2C$   |               |

Çizelge 6.8 Çizelge 6.4'den elde edilen homojen yinelemeler

| Homojen Yineleme -2 |           |         | Düğüm Noktası |
|---------------------|-----------|---------|---------------|
| A                   | AC        | $AC^2$  | C             |
| $AB^2C$             | $AB^2C^2$ | $AB^2$  |               |
| AB                  | ABC       | $ABC^2$ |               |

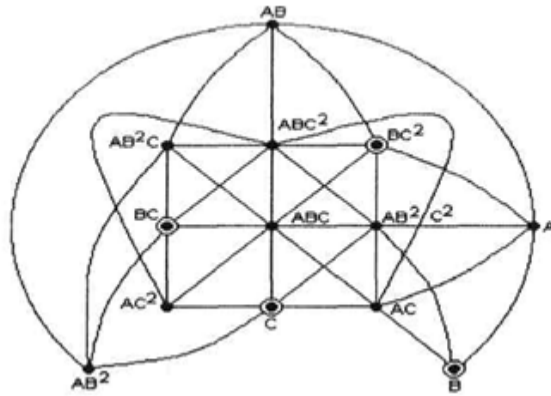
Çizelge 6.9 Çizelge 6.5'den elde edilen homojen yinelemeler

| Homojen Yineleme-3 |        |           | Düğüm Noktası |
|--------------------|--------|-----------|---------------|
| A                  | ABC    | $AB^2C^2$ | BC            |
| $AB^2$             | AC     | $ABC^2$   |               |
| AB                 | $AC^2$ | $AB^2C$   |               |

Çizelge 6.10 Çizelge 6.6'den elde edilen homojen yinelemeler

| Homojen Yineleme-4 |         |           | Düğüm Noktası |
|--------------------|---------|-----------|---------------|
| ABC                | $AB^2$  | $AC^2$    | $BC^2$        |
| A                  | $AB^2C$ | $ABC^2$   |               |
| AB                 | AC      | $AB^2C^2$ |               |

Bu dört homojen yinelemeden aşağıdaki şekil elde edilir [22] .

Şekil 6.1 Dört Homojen yinelemenin  $EG(2,3)$ 'de bir gösterimidir.

Burada dikkat edilecek diğer bir durum, homojen yinelemelerin her satırının,  $PG(2,3)$  de bir doğru olarak düşünüldüğüdür. Bu doğru üzerindeki her noktanın, homojen yinelemelerin diğer bir doğrunun tüm noktaları ile toplamları alındığında homojen yinelemelerin yukarıda bahsedilen iki doğrusunun dışındaki doğrusu elde edilir. Dolayısıyla her yinelemedeki serbestlik derecesi 2 olup, dört yineleme için 8 serbestlik derecesi elde edilir. Bu etki karışım sistemi için gerekli olan değerdir.

Ayrıca, geometrik özelliklerin kullanımı nedeniyle blok yapma, keyfi ve yanlış olmaz. Düğüm noktaları çıkarılmış doğru demetlerinin paralellik özelliğinden hangi bloğa hangi kombinasyonların gireceği bellidir.

Dikdörtgensel latis için bölüm 2.2.1 Latinleştirilmiş dikdörtgensel latis tasarımlarda yer alan örneği tekrar ele alalım.  $L_1$ , 4. Mertebeden projektif düzlem tanımlamakla birlikte  $LDL_1$ , projektif düzlem aksiyomlarını sağlamaz. Çünkü 1. Sütunun atılışı geometrik olarak, bir doğru ve üzerindeki noktaların atılışı anlamındadır.

$$LDL_1 = \left\{ \begin{array}{c} \text{Yineleme 1} \quad \text{Yineleme 2} \quad \text{Yineleme 3} \quad \text{Yineleme 4} \\ \left( \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 6 & 5 \\ 9 & 7 & 8 \\ 12 & 11 & 10 \end{array} \right) \left( \begin{array}{ccc} 4 & 7 & 10 \\ 1 & 8 & 11 \\ 2 & 5 & 12 \\ 3 & 6 & 9 \end{array} \right) \left( \begin{array}{ccc} 5 & 9 & 11 \\ 3 & 7 & 12 \\ 1 & 6 & 10 \\ 2 & 4 & 8 \end{array} \right) \left( \begin{array}{ccc} 6 & 8 & 12 \\ 2 & 9 & 10 \\ 3 & 4 & 11 \\ 1 & 5 & 7 \end{array} \right) \end{array} \right\}$$

Bloklar doğrular gibi, işlemler doğru üzerindeki noktalar gibi düşünüldüğünde. 16 doğrusu, 12 noktası olan bir isabet yapı ortaya çıkar.

$$\begin{array}{llll} d_1=1,2,3 & d_2=4,6,5 & d_3=9,7,8 & d_4=12,11,10 \\ d_5=4,7,10 & d_6=1,8,11 & d_7=2,5,12 & d_8=3,6,9 \\ d_9=5,9,11 & d_{10}=3,7,12 & d_{11}=1,6,10 & d_{12}=2,4,8 \\ d_{13}=6,8,12 & d_{14}=2,9,10 & d_{15}=3,4,11 & d_{16}=1,5,7 \end{array}$$

$\lambda$  : Herbir işlem çiftinin birlikte görünme sayısı olmak üzere  $\lambda_1=1$  ve  $\lambda_2=0$  durumu gözlenir.  $LDL_1$  ile verilen sistemin birliktelik yapısı Çizelge 6.11 deki gibidir.

Çizelge 6.11  $LDL_1$  için birliktelik yapısı

|    | Yineleme 1 |   |   |   | Yineleme 2 |   |   |   | Yineleme 3 |    |    |    | Yineleme 4 |    |    |    |
|----|------------|---|---|---|------------|---|---|---|------------|----|----|----|------------|----|----|----|
|    | 1          | 2 | 3 | 4 | 5          | 6 | 7 | 8 | 9          | 10 | 11 | 12 | 13         | 14 | 15 | 16 |
| 1  | X          |   |   |   |            | X |   |   |            |    | X  |    |            |    |    | X  |
| 2  | X          |   |   |   |            |   | X |   |            |    |    | X  |            | X  |    |    |
| 3  | X          |   |   |   |            |   |   | X |            | X  |    |    |            |    | X  |    |
| 4  |            | X |   |   | X          |   |   |   |            |    |    | X  |            |    | X  |    |
| 5  |            | X |   |   |            |   | X |   | X          |    |    |    |            |    |    | X  |
| 6  |            | X |   |   |            |   |   | X |            |    | X  |    | X          |    |    |    |
| 7  |            |   | X |   | X          |   |   |   |            | X  |    |    |            |    |    | X  |
| 8  |            |   | X |   |            | X |   |   |            |    |    | X  | X          |    |    |    |
| 9  |            |   | X |   |            |   |   | X | X          |    |    |    |            | X  |    |    |
| 10 |            |   |   | X | X          |   |   |   |            |    | X  |    |            | X  |    |    |
| 11 |            |   |   | X |            | X |   |   | X          |    |    |    |            |    | X  |    |
| 12 |            |   |   | X |            |   | X |   |            | X  |    |    | X          |    |    |    |

Çizelge 6.11'in  $(r, k, 1, 0)$  karakteristikli iki birliktelik sınıfına sahip kısmi dengeli tamamlanmamış blok tasarım oluşturduğu görülmektedir. Çizelge 6.11 için ilgili parametreler aşağıdaki gibi bulunur.

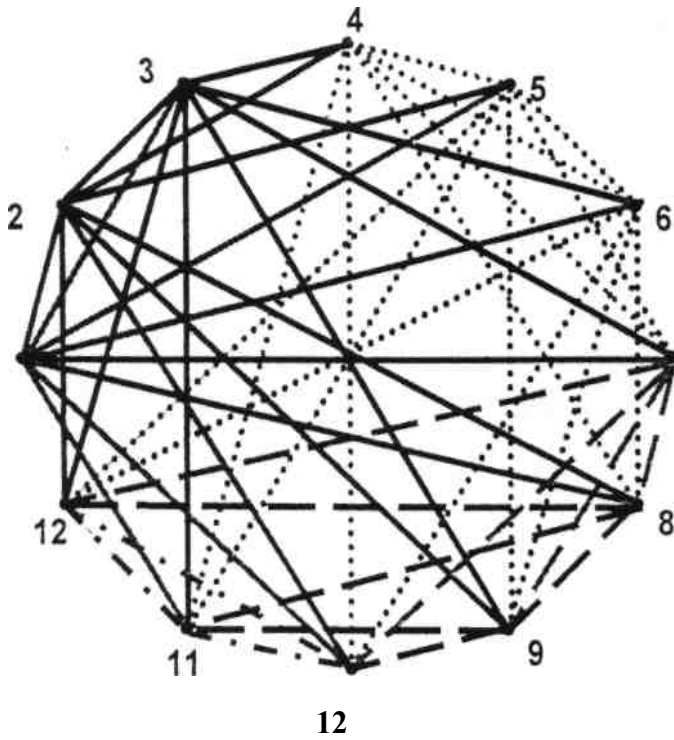
$$n_1 = 8, n_2 = 3, t = 12, b = 16, \lambda_1 = 1, \lambda_2 = 0$$

$$P_1 = \begin{pmatrix} 4 & 3 \\ 3 & 0 \end{pmatrix}, P_2 = \begin{pmatrix} 8 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$$

Dikkat edilecek olursa, kare latislerde homojen tekrarların net Özelliğini göstermesine rağmen, dikdörtgensel latis durumunda bu özellik görülmemektedir.

Çizelge 6.11'te verilen birliktelik yapısı  $(r, k, t)$  karakteristikli güçlü düzenli grafiğine izomorftur.

Çizelge 6.11' de verilen birliktelik yapısının güçlü düzenli grafiği üzerine kurulan  $(4,3,2)$  kısmi geometrisi olduğu görülür. Bunun için bir gösterim aşağıda verilmiştir [23].



Şekil 6.2  $(4,3,2)$  kısmi geometrisinin bir gösterimi

$L_1$  setinde, her bir kareden bir blok yerine ardışık iki blok atıldığında  $k(k-w)$  dikdörtgensel latis tasarım elde edilir. Bunun için birliktelik yapısı ve parametreleri aşağıdaki gibidir.

$$\lambda_1 = 1, \lambda_2 = 0, n_1 = 4, n_2 = 3, t = 8, b = 16, r = 4, k = 2, v = 1$$

$$P_1 = \begin{pmatrix} 0 & 3 \\ 3 & 0 \end{pmatrix}, P_2 = \begin{pmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$$

Çizelge 6.12'deki yapının  $(4,2,1)$  kısmi geometrisi olduğu görülür. Homojen yinelemeler aşağıdaki gibidir.

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \\ 7 & 8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 5 & 8 \\ 6 & 7 \\ 1 & 4 \\ 2 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 & 7 \\ 2 & 5 \\ 3 & 8 \\ 1 & 6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 & 6 \\ 1 & 8 \\ 2 & 7 \\ 4 & 5 \end{pmatrix}$$

Çizelge 6.12  $k(k-w)$  dikdörtgensel latis için birliktelik yapısı

|          | Bloklar    |   |   |   |            |   |   |   |            |    |    |    |            |    |    |    |
|----------|------------|---|---|---|------------|---|---|---|------------|----|----|----|------------|----|----|----|
|          | Yineleme 1 |   |   |   | Yineleme 2 |   |   |   | Yineleme 3 |    |    |    | Yineleme 4 |    |    |    |
| İşlemler | 1          | 2 | 3 | 4 | 5          | 6 | 7 | 8 | 9          | 10 | 11 | 12 | 13         | 14 | 15 | 16 |
| 1        | X          |   |   |   |            |   | X |   |            |    |    | X  |            | X  |    |    |
| 2        | X          |   |   |   |            |   |   | X |            | X  |    |    |            |    | X  |    |
| 3        |            | X |   |   |            |   |   | X |            |    | X  |    | X          |    |    |    |
| 4        |            | X |   |   |            |   | X |   | X          |    |    |    |            |    |    | X  |
| 5        |            |   | X |   | X          |   |   |   |            | X  |    |    |            |    |    | X  |
| 6        |            |   | X |   |            | X |   |   |            |    |    | X  | X          |    |    |    |
| 7        |            |   |   | X |            | X |   |   | X          |    |    |    |            |    | X  |    |
| 8        |            |   |   | X | X          |   |   |   |            |    | X  |    |            | X  |    |    |

Çizelge 6.12 ile verilen birliktelik yapısının  $(r,k,v)$  karakteristikli güçlü düzenli grafiğine izomorftur. Bu grafiğin duali, 8 doğrusu 16 noktası olan pseudo geometrik grafiktir.

$$d_1=1,7,12,14$$

$$d_2=1,8,10,15$$

$$d_3=2,8,11,13$$

$$d_4=2,7,9,16$$

$$d_5=3,5,10,16$$

$$d_6=3,6,12,13$$

$$d_7=4,6,9,15$$

$$d_8=4,5,11,14$$

parametreler şöyledir:  $n_1 = 6, n_2 = 9, k = 4, r = 2, \lambda_1 = 1, \lambda_2 = 0, t = 16, b = 8$

$$P_1 = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 3 & 6 \end{pmatrix} \quad P_2 = \begin{pmatrix} 2 & 4 \\ 4 & 4 \end{pmatrix}$$

pseudo geometrik grafiğinin karakteristikleri (2, 4, 1) dir. Duallik gözönüne alındığında 2 yinelemeye sahip kare latis elde edilir.

Homojen yinelemeler

$$\begin{pmatrix} 1 & 7 & 12 & 14 \\ 2 & 8 & 11 & 13 \\ 3 & 5 & 10 & 16 \\ 4 & 6 & 9 & 15 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & 8 & 10 & 15 \\ 3 & 6 & 12 & 13 \\ 2 & 7 & 9 & 16 \\ 4 & 5 & 11 & 14 \end{pmatrix}$$

Homojen yinelemeler pseudo net grafik özelliği gösterdi. Pseudo net için defışinsi  $d = k - r + 1 = 4 - 2 + 1 = 3$  dir. Güçlü düzenli grafiğinin duali pseudo net grafiktir.

3. mertebeden ortogonal latin kare tam seti alınmış olsun.

$$L_2 = \left\{ \begin{pmatrix} A & C & B \\ B & A & C \\ C & B & A \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} A & B & C \\ B & C & A \\ C & A & B \end{pmatrix} \right\}$$

$L_2$  setinden elde edilen latinleştirilmiş dikdörtgensel latis düzeni için Homojen yinelemeler şöyledir.

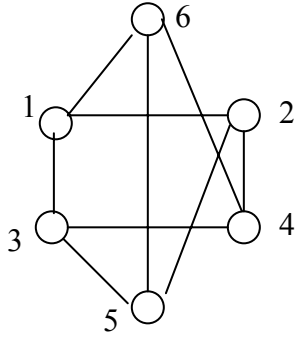
$$\begin{array}{ccc} \text{Yineleme 1} & \text{Yineleme 2} & \text{Yineleme 3} \\ \overline{\begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 1 & 6 \\ 2 & 4 \end{pmatrix}} & \overline{\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 4 \\ 6 & 5 \end{pmatrix}} & \overline{\begin{pmatrix} 4 & 6 \\ 1 & 3 \\ 2 & 5 \end{pmatrix}} \end{array}$$

Homojen tekrarlara ilişkin birliktelik yapısı Çizelge 6.13'de verilmiştir.

Çizelge 6.13 Homojen yinelemelere ilişkin birliktelik yapısı

| BLOKLAR  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| İşlemler | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1        |   | X |   | X |   |   |   | X |   |
| 2        |   |   | X | X |   |   |   |   | X |
| 3        | X |   |   |   | X |   |   | X |   |
| 4        |   |   | X |   | X |   | X |   |   |
| 5        | X |   |   |   |   | X |   |   | X |
| 6        |   | X |   |   |   | X | X |   |   |

Homojen yinelemeler (3, 2, 1) kısmi geometrisidir. (3, 2, 1) kısmi geometrisinin bir gösterimi aşağıda verilmiştir [24].



Şekil 6.3  $(3,2,1)$  kısmi geometrisine ilişkin bir gösterim

$(3, 2, 1)$  kısmi geometrisinin duali ;  $(2, 3, 1)$  pseudo geometri özelliği gösterir. Elde edilen Homojen yinelemeler aşağıdaki gibidir.

| Yineleme 1                                                          | Yineleme 2                                                          |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| $\begin{pmatrix} 1 & 6 & 9 \\ 2 & 4 & 8 \\ 3 & 5 & 7 \end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix} 1 & 5 & 8 \\ 2 & 6 & 7 \\ 3 & 4 & 9 \end{pmatrix}$ |

Bu yapıda  $\nu = 1$  olduğundan homojen yinelemeler pseudo net graf özelliği taşır. Bu net için defişinsi  $d = 2$  dir.

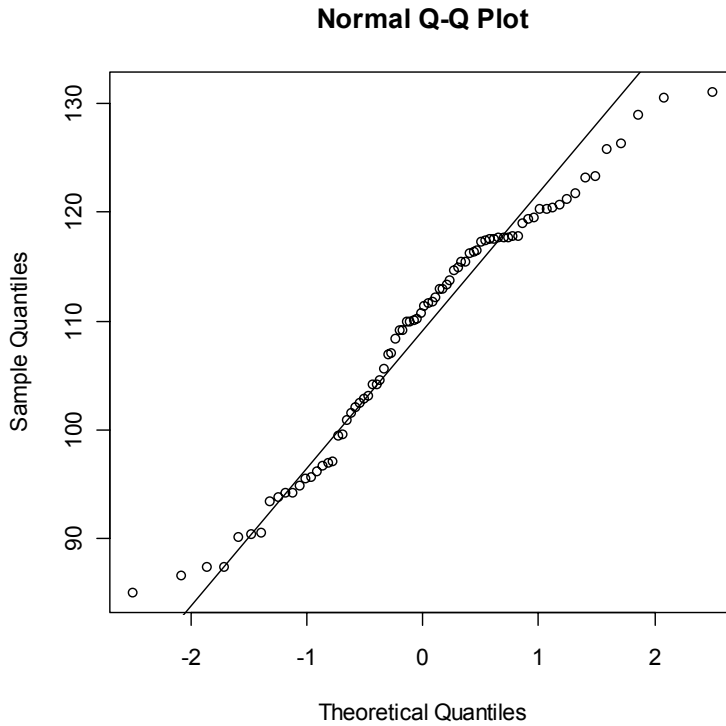
Dengeli tamamlanmamış bloklar düzeninin geometrik yapısı projektif geometridir. Bu düzenlerden elde edilen kare latislerin homojen yinelemeleri Öklit geometrisidir.

Kısmi dengeli tamamlanmamış blok düzenlerinin birliktelik şemasının geometrik yapısı güçlü düzenli grafiğe izomorftur. Dikdörtgensel latislerin homojen yinelemelerin geometrik yapısı  $(r, k, \nu)$  kısmi geometrisine uyar [7].

## 7. UYGULAMA

Bu tez çalışmasında uygulama için R-Project’de ortalama kan şekeri değerleri çevresinde  $4 \times 4$ ’lük dengeli latis tasarıma uygun rasgele veri seti üretilmiştir. Üretmiş olduğumuz veri setinin normal dağılıp dağılmadığını tespit etmek için ilk olarak Q-Q grafiği çizdirilmiştir. Q-Q grafiği şöyledir.

Çizelge 7.1 veriler için Q-Q grafiği



Q-Q grafiğine bakarak kesin bir bilgi elde edilemediği için Shapiro Wilk testi uygulanmıştır. Shapiro wilk testine göre hesaplanan W değeri 0.9665 ve p-değeri 0.03426 ‘tür. Bu değerlere göre  $\alpha$  değeri 0,01 alındığında normal dağılmaktadır.

Bu veri setine R-Project yazılımında program yazılarak kare latis ve rasgele blok tasarımın analizi yapılacak ve etkinlik araştırılacaktır.  $4 \times 4$  ‘lük tasarım da yer alan işlemler, yinelenmelere ve bloklara çizelge 7.2’de gösterildiği şekilde dağıtılarak dengeli latis tasarım oluşturulmuştur.

Çizelge 7.2 4×4'lük dengeli latis tasarımının işlemlerinin dağılımı

| Blok | Yineleme 1 |    |    |    |
|------|------------|----|----|----|
| 1    | 1          | 2  | 3  | 4  |
| 2    | 5          | 6  | 7  | 8  |
| 3    | 9          | 10 | 11 | 12 |
| 4    | 13         | 14 | 15 | 16 |

| Blok | Yineleme 2 |   |    |    |
|------|------------|---|----|----|
| 5    | 1          | 5 | 9  | 13 |
| 6    | 2          | 6 | 10 | 14 |
| 7    | 3          | 7 | 11 | 15 |
| 8    | 4          | 8 | 12 | 16 |

| Blok | Yineleme 3 |    |    |    |
|------|------------|----|----|----|
| 9    | 1          | 6  | 11 | 16 |
| 10   | 5          | 2  | 15 | 12 |
| 11   | 9          | 14 | 3  | 8  |
| 12   | 13         | 10 | 7  | 4  |

| Blok | Yineleme 4 |    |    |    |
|------|------------|----|----|----|
| 13   | 1          | 14 | 7  | 12 |
| 14   | 13         | 2  | 11 | 8  |
| 15   | 5          | 10 | 3  | 16 |
| 16   | 9          | 6  | 15 | 4  |

| Blok | Yineleme 5 |    |    |    |
|------|------------|----|----|----|
| 17   | 1          | 10 | 15 | 8  |
| 18   | 9          | 2  | 7  | 16 |
| 19   | 13         | 6  | 3  | 12 |
| 20   | 5          | 14 | 11 | 4  |

Rasgele üretilen verilerin yinelemelere dağılım şekli şöyledir:

Çizelge 7.3 5 yinelemeli  $4 \times 4$  'lük rasgele üretilen veriler

| Blok | Yineleme 1 |          |          |          |
|------|------------|----------|----------|----------|
| 1    | 120,3101   | 86,6360  | 102,0547 | 131,0063 |
| 2    | 104,194    | 110,7494 | 110,1767 | 109,1831 |
| 3    | 87,4052    | 117,8197 | 93,4769  | 95,5883  |
| 4    | 113,8163   | 119,359  | 116,3955 | 104,2423 |

| Blok | Yineleme 2 |          |          |          |
|------|------------|----------|----------|----------|
| 5    | 116,2309   | 113,3058 | 108,4082 | 120,3357 |
| 6    | 123,3479   | 121,2125 | 116,4464 | 109,9276 |
| 7    | 118,9638   | 114,7229 | 130,482  | 93,8904  |
| 8    | 111,3498   | 85,1391  | 109,9362 | 106,9399 |

| Blok | Yineleme 3 |          |          |          |
|------|------------|----------|----------|----------|
| 9    | 105,605    | 117,2853 | 120,4763 | 117,7451 |
| 10   | 117,5796   | 119,5111 | 128,9625 | 102,9267 |
| 11   | 110,1385   | 104,6046 | 90,5598  | 117,5215 |
| 12   | 96,7464    | 101,5991 | 126,3224 | 111,8214 |

| Blok | Yineleme 4 |          |          |          |
|------|------------|----------|----------|----------|
| 13   | 97,0551    | 117,6421 | 117,8783 | 96,1582  |
| 14   | 99,5171    | 114,8861 | 87,4908  | 95,7333  |
| 15   | 125,7428   | 102,5383 | 94,2322  | 97,1521  |
| 16   | 107,039    | 112,1893 | 115,5163 | 121,6934 |

| Blok | Yineleme 5 |          |          |          |
|------|------------|----------|----------|----------|
| 17   | 109,2156   | 117,6944 | 103,1828 | 115,3961 |
| 18   | 112,9071   | 94,1993  | 123,1787 | 94,8842  |
| 19   | 112,9355   | 120,7494 | 99,6105  | 111,6471 |
| 20   | 90,1657    | 100,892  | 90,4946  | 117,4034 |

$t = s^2$  işlem  $k = s$  genişlikli  $b = s(s+1)$  blokta,  $r = s+1$  yinelemeye sahip olduğu durumda düzen dengeli tamamlanmamış blok tasarımıdır. Bu veri seti  $t = 16$ ,  $b = 20$ ,  $k = 4$ ,  $r = 5$  ve  $\lambda = 1$  parametrelerine sahip ve yukarıdaki özellikleri taşıdığı için bir dengeli tamamlanmamış blok tasarımıdır. Ayrıca  $t = kb/r$ 'dir.

$T, B$  = Tasarımın işlem ve blok matrisleridir. (Eğer i. gözlem j. işlemde yer alıyor ise  $T_{ij} = 1$  yer almıyorsa 0 değerini alır. Eğer i. gözlem j. blokta yer alıyorsa  $B_{ij} = 1$ , yer almıyorsa 0 değerini alır.)

$N$  = isabet matrisidir.  $N = T' B$  (Eğer i. işlem j. blokta meydana geliyor ise  $N_{ij} = 1$  değerini alır gelmiyor ise 0 değerini alır.)

$$P = N' N$$

$$U = kI_b - r^{-1}P$$

$$\theta = k(r-1)E_e / r(E_b - E_e)$$

$W = [\theta I_b + U]^{-1}$  ağırlık matrisidir.

$C = WB'D$  blok farklılıkları için düzeltme vektörüdür.

$\hat{\mu} = r^{-1}(T'Y - NC) = \bar{Y} - r^{-1}NC$  işlem ortalamalarının genelleştirilmiş en küçük kareler tahmininin vektörüdür.

$$M_T = \left[ r\hat{\mu}'\hat{\mu} - (\theta + k)^{-1}(\hat{\mu}'NN'\hat{\mu} + \theta G^2 / rt) \right] / (t-1) \quad \hat{\mu}_i \text{'ler arasındaki}$$

heterojenliğinden dolayı ortalama kareler  $E_e$ 'ye bölünmesiyle yaklaşık

F değeri elde edilir.

$$V = r^{-1}E_e(I_t + r^{-1}NWN') \quad \hat{\mu} \text{'nin kovaryans matrisidir.}$$

Uygulamada kullanılan isabet matrisi  $N$  ve isabet matrisinin transpozu ile çarpılmasından elde edilen  $P$  matrisi eşitliklerden elde edilebildiği gibi  $T$  ve  $B$  matrisleri gibi doğrudan yazılabilirler. İsabet matrisi  $N$  çizelge 7.4 'deki gibidir.

Çizelge 7.4 Veriler için yazılmış isabet matrisi

$$N = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

İşlem ortalamalarının vektörü şöyledir.

$\bar{Y} = [109.6833 \ 107.7161 \ 101.0842 \ 118.6549 \ 110.1976 \ 116.4372 \ 118.4558 \ 104.5946 \ 105.1796 \ 111.2196 \ 104.4841 \ 103.2513 \ 108.6702 \ 110.4851 \ 111.5895 \ 104.1927]'$   
Her bir gözlemin işlem ortalamalarından sapmaları ve bu sapmaların her bir blok için toplamı  $B'D$  ile hesaplanır.

$B'D = [2.8686 \ -15.382 \ -29.8445 \ 18.8756 \ -8.005 \ -8.0052 \ -11.2938 \ -13.5098 \ 9.3265 \ 40.068 \ 7.7259 \ 1.0952 \ 5.8544 \ 3.5585 \ -22.3527 \ 1.6166 \ -6.3048 \ 26.6212 \ -47.084 \ -7.2343 \ 4.2146]'$  olarak elde edilir.  $E_b \leq E_e$  olduğu durumda latis düzen göz ardı edilebilir. Bu durumda deney rasgele tamamlanmış blok tasarım ile analiz edilebilir. Bizim çalışmamızda  $E_b = 152.635$ ,  $E_e = 117.0103$  ve  $\theta = 10.5105$ 'dir.  $\theta$ 'nın blok genişliği ile eş genişlikli diyagonal matris ile çarpımının  $U$  matrisi ile toplanmasıyla ağırlık matrisini elde edilir.  $W$  matrisi ile  $B'D$ 'nin çarpımıyla blok farkları için düzeltme vektörü elde edilir.

Çizelge 7.5 Ağırlık matrisi

[illegible]

$$*0.065300747 \cong 0.07$$
$$*0.001017253 \cong 0.001$$
$$*0.000211878 \cong 0.0002$$

$$C = [0.1658 \quad -1.0222 \quad -1.9635 \quad 1.2076 \quad -0.542 \quad -0.7561 \quad -0.9 \quad 0.5861 \quad 2.524 \quad 0.4189 \\ -0.013 \quad 0.2971 \quad 0.2107 \quad -1.4759 \quad 0.0843 \quad -0.4313 \quad 1.7118 \quad -3.0856 \quad -0.4918 \quad 0.2534]'$$

Genelleştirilmiş en küçük kareler vektörü  $\hat{\mu}$ 'nin yardımıyla yaklaşık  $F$  değerinin hesaplanmasına yarayan  $M_T$  elde edilir.

$$\hat{\mu} = [108.8693 \quad 108.6627 \quad 101.3151 \quad 118.4807 \quad 110.3591 \quad 116.4727 \quad 119.3558 \quad 104.6372 \\ 106.3866 \quad 111.3448 \quad 104.7966 \quad 103.4992 \quad 108.8712 \quad 110.3045 \quad 111.1881 \quad 103.9295]'$$

$\hat{\mu}$ 'dan elde edilen  $M_T = 275.612$  ve yaklaşık  $F$  oranı  $M_T$  'nin bloklar içi hata kareler ortalaması  $E_e = 117.0103$  oranlanmasıyla elde edilir ve değeri 2.303429 'dir.

Kovaryans matrisi  $V$  'nin tahmini yapılırken,  $NWN$  ' çarpımının (ij) elementleri  $W$  matrisinin kesin blok çiftlerinin elementlerinin toplamıdır. Bu kesin işlem çiftleri,  $j$ . işlemi içeren blok ile  $i$ . işlemi içeren bloğun tüm olası kombinasyonlarıdır. Daha sonra bu değer  $r^2$ 'ye bölünür ve eğer  $i = j$  ise  $1/r$  eklenerek bloklar içi hata kareler ortalaması  $E_e$  ile çarpılır.  $\hat{\mu}_1$  'in varyansı şu şekilde hesaplanır.

$$E_e [(W_{11} + W_{15} + W_{19} + W_{113} + W_{117} + W_{51} + W_{91} + W_{131} + W_{171} + W_{55} + W_{99} + W_{1313} + W_{1717}) / r^2 + 1/r]$$

Verimiz için bütün varyanslar birbirine eşittir 0.4048244 ve kovaryans değeri iki işlem aynı blokta birlikte gözükse de gözükme de 25.0254534'dur.  $\hat{\mu}_i - \hat{\mu}_j$  farkın varyansı  $V_{ii} + V_{jj} - 2V_{ij}$  yardımıyla hesaplanır.  $\hat{\mu}_1 - \hat{\mu}_2$  için  $V_{11} + V_{22} - 2V_{12} = 49.2413$  olarak hesaplanır. Bu yolla hesaplandığında serbestlik derecesi bloklar içi hatanın serbestlik derecesine eşit alınır. Bütün işlem farkları ortalama işlem farkına karşı test edilebilir.

Çizelge 7.6 V matrisi

[illegible]

$$*0.4048244 \cong 0.405$$
$$*25.0254534 \cong 25.025$$

$V$  matrisi kullanılmadan hesaplanabilen ortalama varyans formülü (7.1) eşitliğinde yer almaktadır.

$$2r^{-1}E_e \left[ 1 + (kb - r)^{-1} \left( \sum_i \sum_j W_{ij} P_{ij} - b^{-1}rk \sum_i \sum_j W_{ij} \right) \right] \quad (7.1)$$

Burada  $2r^{-1}$  değeri hata etkisinin varyansını vermektedir. Ortalama varyans 66.3 'e eşittir ve hata etkisinin varyansı 0.4'e eşittir.

$t < b$  olduğu durumda  $W$  matrisi hesaplanmadan da  $\hat{\mu}$  vektörü ve  $V$  matrisi (7.2) ve (7.3) eşitliğindeki formüllerden elde edilebilir.

$$\hat{\mu} = [rI_t - (\theta + k)^{-1} NN']^{-1} [T' - (\theta + k)^{-1} NB']Y \quad (7.2)$$

$$V = E_e [rI_t - (\theta + k)^{-1} NN']^{-1} \quad (7.3)$$

$F$  değeri bloklar için düzeltilmiş işlem kareler toplamı yardımıyla da hesaplanabilir. Bunun için gerekli eşitlik  $\dot{IKT}^* = \dot{IKT} + BKT - BKT^*$  'dir. Burada  $BKT^*$  işlemler göz ardı edildiğinde yinelemelerdeki blok kareler toplamını ifade eder. Hesaplanan  $\dot{IKT}^*$ 'ın  $E_e = 117.0103$  oranlanmasıyla yaklaşık  $F$  oranı 2.3034 elde edilir [43].

Tasarımların göreceli etkinliği,  $F$  değeri ve değişim katsayısına bakılarak hangi tasarımın daha etkin olduğu ile ilgili bilgi alınabilir [42]. Bu çalışma da latis tasarım ve rasgele blok tasarım için analiz uygulanmış ve hangisinin veri setine daha uygun olduğunun belirlenebilmesi için bu etkinlik değerlerinden yararlanılmıştır.

Çizelge 7.7 Blok ve yineleme toplamaları

| Blok             | Yineleme 1 |          |          |          | Toplam     |
|------------------|------------|----------|----------|----------|------------|
| 1                | 120,3101   | 86,6360  | 102,0547 | 131,0063 | 440,0071   |
| 2                | 104,194    | 110,7494 | 110,1767 | 109,1831 | 434,3031   |
| 3                | 87,4052    | 117,8197 | 93,4769  | 95,5883  | 394,29     |
| 4                | 113,8163   | 119,359  | 116,3955 | 104,2423 | 453,8131   |
| Yineleme Toplamı |            |          |          |          | 1722,41332 |

| Blok             | Yineleme 2 |          |          |          | Toplam     |
|------------------|------------|----------|----------|----------|------------|
| 5                | 116,2309   | 113,3058 | 108,4082 | 120,3357 | 458,2806   |
| 6                | 123,3479   | 121,2125 | 116,4464 | 109,9276 | 470,9343   |
| 7                | 118,9638   | 114,7229 | 130,482  | 93,8904  | 458,0592   |
| 8                | 111,3498   | 85,1391  | 109,9362 | 106,9399 | 413,3651   |
| Yineleme Toplamı |            |          |          |          | 1800,63926 |

| Blok             | Yineleme 3 |          |          |          | Toplam    |
|------------------|------------|----------|----------|----------|-----------|
| 9                | 105,605    | 117,2853 | 120,4763 | 117,7451 | 461,1117  |
| 10               | 117,5796   | 119,5111 | 128,9625 | 102,9267 | 468,9799  |
| 11               | 110,1385   | 104,6046 | 90,5598  | 117,5215 | 422,8244  |
| 12               | 96,7464    | 101,5991 | 126,3224 | 111,8214 | 436,4893  |
| Yineleme Toplamı |            |          |          |          | 1789,4053 |

| Blok             | Yineleme 4 |          |          |          | Toplam     |
|------------------|------------|----------|----------|----------|------------|
| 13               | 97,0551    | 117,6421 | 117,8783 | 96,1582  | 428,7337   |
| 14               | 99,5171    | 114,8861 | 87,4908  | 95,7333  | 397,6273   |
| 15               | 125,7428   | 102,5383 | 94,2322  | 97,1521  | 419,6653   |
| 16               | 107,039    | 112,1893 | 115,5163 | 121,6934 | 456,438    |
| Yineleme Toplamı |            |          |          |          | 1702,46429 |

| Blok             | Yineleme 5 |          |          |          | Toplam     |
|------------------|------------|----------|----------|----------|------------|
| 17               | 109,2156   | 117,6944 | 103,1828 | 115,3961 | 445,4888   |
| 18               | 112,9071   | 94,1993  | 123,1787 | 94,8842  | 425,1694   |
| 19               | 112,9355   | 120,7494 | 99,6105  | 111,6471 | 444,9425   |
| 20               | 90,1657    | 100,892  | 90,4946  | 117,4034 | 398,9557   |
| Yineleme Toplamı |            |          |          |          | 1714,55639 |

$$W_e = kT_t - (k+1)B_t + G$$

Burada  $G$  , genel toplamı verir.  $T_t$  , herbir işlem için o işlemin her yinelemede aldığı değerin toplamıdır. 1. işlem için  $T_t$  değeri şöyle hesaplanır.  $120.3101 + 116.2309 + 105.605 + 97.0551 + 109.2156 = 548.417$  .  $B_t$  , herbir işlem için o işlemin her yineleme de yer aldığı bloğun toplamına eşittir. 1. işlem için  $B_t$  değeri şöyle hesaplanır.  $440,0071 + 458,2806 + 461,1117 + 428,7337 + 445,4888 = 2233.62$  İşlemlerin toplamı  $T_t$  'nin işlemlerin blok toplamı  $B_t$  ' ye oranlanması  $k$  blok genişliğini değerini verir.  $W_e$  'nin toplamı mutlaka 0 olmalıdır. Blok kareler toplamı  $W_e$  yardımıyla (7.4) eşitliğinden şöyle hesaplanır.

$$BKT = \frac{\sum W_e^2}{k^3(k+1)} = \frac{732648.125}{320} = 2289.5254 \quad (7.4)$$

Düzeltilme faktörü  $\mu_d$  nin formülü ise (7.5)'de verildiği gibidir.

$$\mu_d = \frac{(E_b - E_e)}{k^2 E_b} \quad (7.5)$$

Burada  $E_b$  , blok kareler ortalaması ve  $E_e$  , bloklar içi hatanın kareler ortalamasını ifade eder. Düzeltilme faktörünün amacı  $E_e$  'yi arttırmaktır. Böylece blok düzeltilme değerindeki  $\mu_d W_e$  örnek hatasını hesaba katabilecektir. Düzeltilme faktörü (7.6) eşitliği ile şöyle hesaplanır.

$$\mu_d = \frac{(E_b - E_e)}{k^2 E_b} = \frac{152.635 - 117.0103}{16 * 152.635} = 0.014587 \quad (7.6)$$

Düzeltilmiş toplam  $T_t + \mu_d W_e$  ile hesaplanır. Eğer  $E_b$ ,  $E_e$ 'den küçük ise  $\mu_d = 0$  alınır ve işlemler için herhangi bir düzeltme yapılmaz.  $\mu_d$  değeri sıfıra yakın olduğu için işlem toplamının da ufak bir düzeltme gözlenmiştir. Hesaplanan  $T_t$ ,  $B_t$ ,  $W_e$ , düzeltilmiş toplam ve birim ortalamaları çizelge 7.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.8 İşlem toplamı, blok toplamı, düzeltme faktörü, düzeltilmiş toplam ve birim ortalaması

|               | $T_t$            | $B_t$            | $W_e$     | Düzeltilmiş Toplam | Birim Ortalaması |
|---------------|------------------|------------------|-----------|--------------------|------------------|
| 1             | 548.4167         | 2233,622         | -244,9643 | 544,8436           | 108,969          |
| 2             | 538.5804         | 2202,718         | -129,7896 | 536,6867           | 107,337          |
| 3             | 505.421          | 2185,499         | -176,3301 | 502,8488           | 100,570          |
| 4             | 593.2744         | 2145,255         | 376,3002  | 598,7632           | 119,753          |
| 5             | 550.9878         | 2180,185         | 32,5064   | 551,4622           | 110,292          |
| 6             | 582.1859         | 2267,73          | -280,4257 | 578,0953           | 115,619          |
| 7             | 592.279          | 2182,755         | 184,8212  | 594,9751           | 118,995          |
| 8             | 522.9731         | 2113,609         | 253,3271  | 526,6684           | 105,334          |
| 9             | 525.898          | 2157,002         | 48,0586   | 526,5990           | 105,320          |
| 10            | 556.0978         | 2166,868         | 119,5306  | 557,8416           | 111,568          |
| 11            | 522.4206         | 2110,044         | 268,9410  | 526,3441           | 105,269          |
| 12            | 516.2564         | 2150,311         | 42,9482   | 516,8825           | 103,377          |
| 13            | 543.351          | 2191,153         | -52,8817  | 542,5796           | 108,516          |
| 14            | 552.4253         | 2175,261         | 62,8738   | 553,3422           | 110,668          |
| 15            | 557.9475         | 2282,779         | -452,6262 | 551,3454           | 110,269          |
| 16            | 520.9637         | 2173,125         | -52,2893  | 520,2012           | 104,040          |
| <b>Toplam</b> | <b>8729.4785</b> | <b>34917.914</b> | <b>0</b>  | <b>8729,479</b>    |                  |

Görelî etkinliğin hesaplanmasında kullanılan etkin hata kareler ortalaması (Effective error mean square) (7.7) eşitliği ile şöyle hesaplanır.

$$E'_e = E_e(1 + k\mu_d) = 117.0103(1 + 4 * 0.014587) = 123.8376 \quad (7.7)$$

İki düzeltilmiş işlem toplamı arasındaki farkın varyansı  $2rE'_e$  ile hesaplanıyor iken iki düzeltilmiş işlem ortalaması arasındaki farkın varyansının hesaplanması için  $2E'_e/r$  kullanılır. İki düzeltilmiş işlem toplamı arasındaki

farkın varyansı 1238.376 ve iki düzeltilmiş işlem ortalaması arasındaki fark ise 49.53504 olarak hesaplanır. İşlem kareler ortalaması bazı blok etkilerini içerdiği için yani düzeltilmemiş olduğu için bloklar içi hataya karşı test edilemez. Yaklaşık  $F$  testi için düzeltilmiş işlem toplamalarının düzeltilmiş işlem ortalamasından sapmasının ortalaması hesaplanır. Düzeltilmiş işlem ortalaması 545.5924 olarak bulunur. Düzeltilmiş işlem kareler toplamı 11074.17 'nin  $r$ 'ye yani 5'e bölünmesiyle düzeltilmiş kareler toplamı bulunur ve daha sonra bu değerin serbestlik derecesi olan  $(k^2 - 1)$  bölünmesiyle düzeltilmiş ortalama kareler elde edilir. Düzeltilmiş işlem kareler ortalamasının değeri 147.6556 olarak elde edilir. 15 ve 45 serbestlik derecesine sahip yaklaşık  $F$  oranı  $147.6556 / 123.8376 = 1.1923$  'dür [21].

$$2.35 < F(0.01; 15, 45) < 2.52$$

$H_0$  : Bütün işlem ortalamaları eşittir.

$H_1$  : İşlem ortalamalarından en az ikisi birbirine eşit değildir.

%1 anlamlılık düzeyi ile  $F_{Hesap} = 1.1923 < F_{Tablo}$  olduğu için  $H_0$  yokluk hipotezi reddedilemez. Yani işlem ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

Çizelge 7.9 Düzeltilmiş işlem toplamı, düzeltilmiş işlem sapmaları ve düzeltilmiş işlem kareleri

|               | Düzeltilmiş<br>işlem<br>Toplamı | Düzeltilmiş<br>işlem<br>sapmaları | Düzeltilmiş<br>işlem<br>kareleri | Düzeltilmiş<br>İşlem<br>Değerleri |
|---------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1             | 544.8436                        | -0.74882                          | 0.560735                         | 109,6833                          |
| 2             | 536.6867                        | -8.90573                          | 79.31197                         | 107,7161                          |
| 3             | 502.8488                        | -42.7436                          | 1827.018                         | 101,0842                          |
| 4             | 598.7632                        | 53.17079                          | 2827.133                         | 118,6549                          |
| 5             | 551.4622                        | 5.869746                          | 34.45392                         | 110,1976                          |
| 6             | 578.0953                        | 32.50289                          | 1056.438                         | 116,4372                          |
| 7             | 594.9751                        | 49.38262                          | 2438.643                         | 118,4558                          |
| 8             | 526.6684                        | -18.9241                          | 358.1201                         | 104,5946                          |
| 9             | 526.599                         | -18.9934                          | 360.7488                         | 105,1796                          |
| 10            | 557.8416                        | 12.2492                           | 150.0429                         | 111,2196                          |
| 11            | 526.3441                        | -19.2483                          | 370.4969                         | 104,4841                          |
| 12            | 516.8825                        | -28.7099                          | 824.2605                         | 103,2513                          |
| 13            | 542.5796                        | -3.01284                          | 9.077222                         | 108,6702                          |
| 14            | 553.3422                        | 7.749726                          | 60.05826                         | 110,4851                          |
| 15            | 551.3454                        | 5.752936                          | 33.09627                         | 111,5895                          |
| 16            | 520.2012                        | -25.3912                          | 644.7131                         | 104,1927                          |
| <b>Toplam</b> | <b>8729.479</b>                 |                                   | <b>11074.17</b>                  |                                   |

Çizelge 7.10 Latis tasarıma ait ANOVA tablosu

| Değişkenlik<br>Kaynakları                      | Serbestlik<br>Derecesi | Kareler<br>Toplamları<br>( K.T ) | Kareler<br>Ortalaması<br>( K.O ) |
|------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>Bloklar<br/>(düzeltilmiş)</b>               | 15                     | 2289.525                         | 152.635                          |
| <b>İşlemler<br/>(bloklar göz ardı Edilmiş)</b> | 15                     | 2142.038                         |                                  |
| <b>İşlemler<br/>(düzeltilmiş)</b>              | 15                     | 2214.834                         | 147.6556                         |
| <b>Yinelemeler</b>                             | 4                      | 519.3627                         |                                  |
| <b>Bloklar içi<br/>Hata</b>                    | 45                     | 5265.4631                        | 117.0103                         |
| <b>Toplam</b>                                  | 79                     | 10216.3888                       |                                  |

R programında uyguladığımız dengeli Latis tasarımın karşılaştırmasını yapmak için uyguladığımız SAS programının analiz çıktısı şöyledir. Tablo incelendiğinde R programından hesaplanan yineleme kareler toplamı değeri ile SAS programından elde edilen yineleme kareler toplamı değerleri aynıdır. R programından ve SAS programından elde edilen blok kareler toplamı, işlem kareler toplamı ve hata kareler toplamaları arasında küsurat farklılıkları vardır. Bu farklılıklar yuvarlamadan kaynaklanmaktadır.

Çizelge 7.11 SAS ANOVA tablosu

| <b>Analysis of Variance for Weight</b>   |           |                       |                    |
|------------------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|
| <b>Source</b>                            | <b>DF</b> | <b>Sum of Squares</b> | <b>Mean Square</b> |
| <b>Replications</b>                      | 4         | 519.36                | 129.84             |
| <b>Blocks within Replications (Adj.)</b> | 15        | 2289.69               | 152.65             |
| <b>Component B</b>                       | 15        | 2289.69               | 152.65             |
| <b>Treatments (Unadj.)</b>               | 15        | 2142.12               | 142.81             |
| <b>Intra Block Error</b>                 | 45        | 5265.21               | 117.00             |
| <b>Randomized Complete Block Error</b>   | 60        | 7554.90               | 125.92             |
| <b>Total</b>                             | 79        | 10216                 | 129.32             |

Çizelge 7.12 SAS ağırlıklar ile düzeltilmiş işlem ortalamaları

| Treatment Means for Weight |        | Treatment Means for Weight |        |
|----------------------------|--------|----------------------------|--------|
| Treatment                  | Mean   | Treatment                  | Mean   |
| 1                          | 109.68 | 9                          | 105.18 |
| 2                          | 107.72 | 10                         | 111.22 |
| 3                          | 101.08 | 11                         | 104.48 |
| 4                          | 118.65 | 12                         | 103.25 |
| 5                          | 110.20 | 13                         | 108.67 |
| 6                          | 116.44 | 14                         | 110.49 |
| 7                          | 118.46 | 15                         | 111.59 |
| 8                          | 104.59 | 16                         | 104.19 |

Tasarımın etkinliğini hesaplama da kullanılan yöntemlerden biri göreceli etkinliktir. Göreceli etkinlik (7.8) ve (7.9) eşitliğindeki şekilde hesaplanır [42].

$$G.E. = 100 * \left[ \frac{BKT(düzeltilmiş) + HKT}{k(k^2 - 1) * E_e'} \right] \quad (7.8)$$

$$G.E. = 100 * \left[ \frac{2289.525 + 5265.4631}{60 * 123.8376} \right] = 101.6787 \quad (7.9)$$

Tamamlanmamış blok tasarım, rasgele blok tasarıma göre ortalama %25 daha doğrudur. Kısaca, rasgele blok tasarımın 5 yinelenmesi ile tamamlanmamış blok tasarımın 4 yinelenmesinin doğruluğu yaklaşık aynıdır. Bu durum da göreceli etkinlik değerine göre 5 yinelenmeli latins tasarım yaklaşık 6 yinelenmeli rasgele blok tasarım ile hemen hemen aynı doğruluğa sahiptir.

Hesaplanan görelî etkinlik değeri ne göre latis tasarımı, rasgele blok tasarıma göre biraz daha etkindir [21].

SAS programından elde edilen görelî etkinlik ve en az anlamlılık testin sonuç tablosu şöyledir.

Çizelge 7.13 SAS en az anlamlı farklılık test sonuçları

| <b>Additional Statistics for Weight</b> |         |
|-----------------------------------------|---------|
| <b>Variance of Difference</b>           | 46.8018 |
| <b>LSD at .01 Level</b>                 | 18.1995 |
| <b>LSD at .05 Level</b>                 | 13.6844 |
| <b>Efficiency Relative to RCBD</b>      | 101.68  |

R programından elde edilen görelî etkinlik değeri ile SAS programından elde edilen değeri aynıdır.

Kare latis tasarımının rasgele blok tasarıma göre ortalama etkinliği  $E$  (7.10) eşitliğinde şöyle hesaplanır [41].

$$E = \frac{(k+1)(r-1)}{(k+1)(r-1)+r} = \frac{5*4}{5*4+5} = 0,8 \quad (7.10)$$

Tasarımların etkinliklerini kıyaslanması için diğeri bir yöntem değışim katsayısı değeri ne bakmaktır. Değışim katsayısının olabildiğince küçük olması istenir. Görelî etkinlik değeri ne sınırı değışkenden değışkene değışmektedir. Bazı değışkenler için 0.30 olması bile kabul edilebilir olmayabilmektedir. Değışim katsayısını belirlemek için etkin hata kareler ortalamasının karekökünden yararlanılır.

$$C.V._{Latis} = \left( \sqrt{HKO} / \bar{Y} \right) = \left( \sqrt{123.8376} / 109.1185 \right) = 0,10198 \quad (7.11)$$

Etkinlik belirleme yöntemlerinden bir diğeri de  $F$  değeridir. Tasarımlar arasında hangi tasarımın  $F$  değeri daha küçük ise bu o tasarımın işlemleri arasında değişkenliğin daha az olduğunu yani daha etkin olduğunu göstermektedir [41].

Rasgele blok tasarım yaklaşık  $p$  değerinin hesaplanması için kullanılan en basit yöntemlerden biridir. Rasgele blok tasarım havuz (pool) halindeki verilerin bloklara bölünmesi ile uygulanır ve bu her bir blok tamamlanmış rasgele tasarımıdır. Rasgele blok tasarım veri setinde yineleme olarak ifade edilmesinin sebebi latis tasarım düzeninde yineleme olarak gösterilmesindendir. Rasgele blok tasarım ile her bir bloktaki iki işlem karşılaştırılabilir [37].

Rasgele blok tasarımı uygulayabilmek için blokları göz ardı ederek tasarım uygulanmıştır. Veri seti şöyledir.

Çizelge 7.14 Rasgele blok düzenine göre veri setinin düzenlenmiş hali

| İŞLEMLER             |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Yineleme             | 1               | 2               | 3               | 4               | 5               | 6               | 7               | 8               |
| 1                    | 120,3101        | 86,6360         | 102,0547        | 131,0063        | 104,1940        | 110,7494        | 110,1767        | 109,1831        |
| 2                    | 116,2309        | 123,3479        | 118,9638        | 111,3498        | 113,3058        | 121,2125        | 114,7229        | 85,1391         |
| 3                    | 105,6050        | 119,5111        | 90,5598         | 111,8214        | 117,5796        | 117,2853        | 126,3224        | 117,5215        |
| 4                    | 97,0551         | 114,8861        | 94,2322         | 121,6934        | 125,7428        | 112,1893        | 117,8783        | 95,7333         |
| 5                    | 109,2156        | 94,1993         | 99,6105         | 117,4034        | 90,1657         | 120,7494        | 123,1787        | 115,3961        |
| <b>İşlem toplamı</b> | <b>548,4167</b> | <b>538,5804</b> | <b>505,4210</b> | <b>593,2744</b> | <b>550,9878</b> | <b>582,1859</b> | <b>592,2790</b> | <b>522,9731</b> |
| Yineleme             | 9               | 10              | 11              | 12              | 13              | 14              | 15              | 16              |
| 1                    | 87,4052         | 117,8197        | 93,4769         | 95,5883         | 113,8163        | 119,3590        | 116,3955        | 104,2423        |
| 2                    | 108,4082        | 116,4464        | 130,4820        | 109,9362        | 120,3357        | 109,9276        | 93,8904         | 106,9400        |
| 3                    | 110,1385        | 101,5991        | 120,4763        | 102,9267        | 96,7464         | 104,6046        | 128,9625        | 117,7451        |
| 4                    | 107,0390        | 102,5383        | 87,4907         | 96,1582         | 99,5171         | 117,6421        | 115,5163        | 97,1521         |
| 5                    | 112,9071        | 117,6944        | 90,4946         | 111,6471        | 112,9355        | 100,8920        | 103,1828        | 94,8842         |
| <b>İşlem toplamı</b> | <b>525,8980</b> | <b>556,0978</b> | <b>522,4206</b> | <b>516,2564</b> | <b>543,3510</b> | <b>552,4253</b> | <b>557,9475</b> | <b>520,9637</b> |

Çizelge 7.15 Rasgele blok tasarım için ANOVA tablosu

| Değişkenlik Kaynakları              | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamları ( K.T. ) | Kareler Ortalaması ( K.O. ) | F      |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------|
| Yinelemeler                         | 4                   | 519.3627                    | 129.8407                    | 1.0312 |
| İşlemler (bloklar göz ardı Edilmiş) | 15                  | 2142.124                    | 142.8083                    | 1.1342 |
| Hata                                | 60                  | 7554.89                     | 125.9148                    |        |
| Toplam                              | 79                  | 10216.38                    |                             |        |

Rasgele blok tasarımı uygulanan analizdeki işlem için  $F_{Hesap}$  değeri 1.1341 'dir ve  $F_{Hesap} < F_{Tablo}$  olduğu için %1 anlamlılık düzeyinde  $H_0$  yokluk hipotezi reddedilemez. Yani işlem ortalamaları arasında farklılık yoktur.

$$F(0.01;15,60) = 2.35$$

$H_0$  : Bütün işlem ortalamaları eşittir.

$H_1$  : İşlem ortalamaları arasından en az iki birbirinden farklıdır.

Latis tasarım ile rasgele blok tasarımın etkinliğinin karşılaştırıldığı yöntemlerden biri olan görelî etkinlik değeri zaten latisin rasgele blok tasarımına karşı hesaplandığı için yeniden hesaplanmamıştır.

Latis tasarım ile rasgele blok tasarımın etkinliğinin karşılaştırılmasında kullanılan bir diğer yöntem olan görelî etkinliğin rasgele blok tasarım için hesaplanması (7.12) eşitliğindeki gibidir.

$$C.V._{RBT} = \left( \sqrt{HKO} / \bar{Y} \right) * 100 = \left( \sqrt{125.9148} / 109.1185 \right) = 0,1028 \quad (7.12)$$

Hangi tasarımın değişim katsayısı daha küçük ise bu o tasarımın daha etkin olduğunu göstermektedir. Değişim katsayısı değerlerini karşılaştırdığımızda çok küçük bir farklılık olsa bile  $C.V_{\cdot Latis} = 0.10198 < C.V_{\cdot RBT} = 0.1028$  olduğundan dolayı latis tasarımın rasgele blok tasarımdan daha etkin olduğu söylenebilir.

Etkinlik karşılaştırmasında kullandığımız son yöntem  $F$  değerlerinin karşılaştırmasıdır. Latis tasarım ve rasgele blok tasarım için  $F$  değerleri karşılaştırıldığında  $F_{Latis} = 1.1923 > F_{RBT} = 1.1342$  olduğundan dolayı latis tasarımın işlemlerinin değişkenliği rasgele blok tasarımın işlemlerinin değişkenliğinden daha yüksektir. Rasgele blok tasarımın işlemlerinin değişkenliği daha düşük olduğu için latis tasarımdan daha iyidir.

İki tasarım için aynı veriden hesaplanan etkinlik değerlerini incelediğimizde değişkenlik haricinde latis tasarım rasgele blok tasarımdan daha etkindir. Fakat sadece tek bir veri setinden yola çıkılarak belirli tarzdaki bir veri türü için herhangi bir tasarımın diğer tasarımdan daha etkin olduğunun söylenmesi mümkün değildir. Bu nedenle 4x4 , 5x5 ve 7x7'lik dengeli latis tasarıma uyacak şekilde simülasyon çalışması yapılmıştır. Her bir simülasyon 10000 tekrar içerecek şekilde tasarlanmıştır. Bu simülasyon çalışmaları sonucunda blok genişliği k arttıkça tasarımın görelî etkinlik değerinin arttığı gözlenmiştir. Başka bir değiş ile blok genişliği arttıkça latis tasarımın rasgele blok tasarıma karşı etkinliği artmaktadır.

Latis ve rasgele blok tasarımdan hangisinin daha isabetli sonuçlar çıkardığını bulabilmek için %1 anlamlılık düzeyinde, 10000 tekrar içerecek şekilde 4x4'lik düzen de testin gücü hesaplanmıştır. Yapılan bu simülasyon çalışması sonucunda rasgele blok tasarım için testin gücü %98 çıkarken latis tasarımın testin gücü %99 çıkmıştır. Latis tasarım, rasgele blok tasarıma göre küçük bir miktar olsa da daha güçlü çıkmıştır.

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında latis Tasarımlar tanımlanmış ve tasarıma ait özellikler belirtilmiştir. Çalışmada latis tasarımların ilgili olduğu latin Karelere, trojen kareler, dengeli tamamlanmamış blok tasarımlara, kısmi dengeli tamamlanmamış blok tasarımlara değinilmiştir ve latis tasarımın sonlu geometrileri üzerinde durulmuştur. Rasgele blok tasarım kısaca anlatılmış ve latis tasarımın rasgele blok tasarım ile karşılaştırması yapılmıştır.

Latis tasarımlar, özellikle biyolojik çalışmalarda çok kullanılan tamamlanmamış blok tasarımların bir koludur. Dengeli tamamlanmamış blok tasarımların parametre eşitlikleri latis tasarımlar için de geçerlidir. Bu çalışma da dengeli latis tasarım ile rasgele blok tasarım karşılaştırılmıştır. İşlem miktarı tam kare olduğu durumlarda ve veri seti dengeli olduğunda kare latis tasarımın kullanılması önerilmektedir.

Bu çalışmada ilk olarak latis tasarım ve rasgele blok tasarım tek bir veri seti üzerinde etkinliği hesaplanarak karşılaştırılmış daha sonra ise 10000 tekrarlı simülasyon uygulanarak etkinlikleri ve güçleri karşılaştırılmıştır. Simülasyon çalışmaları sonucunda latis tasarımın blok genişliği arttıkça rasgele blok tasarıma göre etkinliğinin arttığı gözlenmiştir. Tasarımın gücüne baktığımızda ise 10000 tekrarlı 4x4'lük tasarım için latis tasarımın, rasgele blok tasarımdan daha güçlü olduğu görülmüştür. Bu simülasyon çalışmaları sonucunda bu tarz veri setleri için latis tasarımın seçilmesinin daha doğru olacağı söylenebilir.

Latis Tasarımlar, deney tasarımında ziraatten biyoloji araştırmalarına kadar birçok alanda uygulanmaktadır. Fakat ülkemizde henüz yaygın olarak çalışılmamaktadır. Yapılan tez çalışmasının bu konuda çalışan araştırmacılar için yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Snyder, E. B. "Lattice and Compact Family Block Designs in Forest Genetics" **N. C. Forest Exp. Sta.** 12-17, (1966)
2. Robinson, H. F. And Watson, G. S. "An Analysis of Simple and Triple Rectangular Lattice Designs." **N. C. Agr. Exp. Sta. Tech. Bul.** 88 (1949)
3. Roy, P. M. "Analysis of  $p \times (p-1)$ ,  $n$ -ple Latinized Rectangular Lattice and Their Multiples" **Cal. Stat. Assocn. Bul.** 4, 130, (1954)
4. Harshbarger, B. "Rectangular Lattice" **Virginia Exp. Sta. Memoris**, 1 (1947)
5. Bailey, R. A. and Speed, T. P. "Rectangular Lattice Designs: Efficiency Factors and Analysis" **Rothamsted Exp. Sta. and C.S.I.R.O.**, 14 (3): 874-895 (1986)
6. Comstock, R. E., W. J. Peterson and Stewart, H. A. "An Application of The Balanced Lattice Design in A Feding Trial with Swine." **N. C. Agr. Exp. Sta. Journal of Science** 273:320-331 (1948)
7. Bayrak, H. Ve Gökpınar F. "Kombinatoriyel Tasarımlar Kuruluşları ve İlişkili Yapılar" **anka basımevi**, Ankara (2008)
8. Yates, F. "A New Method of Arranging Variety Trials Involving a Large Number of Varieties." **Jour. Agr. Sci.** 26:424-455 (1936)
9. Goulden, C. H."Efficiency in Field Trials of Pseudo-factorial and Incomplete Randomized Block Methods." **Canadian Jour. Res. C.** 15:231-241 (1937)
10. Cochran, W. G. "An Examination of the Accuracy of Lattice and Lattice Square Experiments on Corn." **Iowa Agr. Exp. Sta. Res. Bul.** 289 (1941)
11. Zuber, M. S. "Relative Efficiency of Incomplete Block Designs Using Corn Uniformity Data." **Jour. Am. Soc. Agron.** 34:30-47 (1942)
12. Robinson, H. F., J. A. Rigney and P.H. Harvey. "Investigations in Peanut Plot Technique." **N. C. Agr. Exp. Sta. Tech. Bul.** 86 (1948)
13. Yates, F. "Incomplete Block Designs", **Am. Eugenic**,. 7, 121–140. (1936)

14. Raghavaro, D. And Padgett, L. V. "Block Designs Analysis, Combinatorics and Applications, **World Scientific Publishing**, New Jersey, 155-161 (2005)
15. Mann, H. B. "The Construction of Orthogonal Latin Squares." **Mathematical Soc.**, (1942)
16. Kempthorne, O. And Federer, W. T. "The General Theory of Prime-Power Lattice Designs I. Introduction and Designs for  $p^n$  Varieties in Blocks of  $p$  Plots", **Biometrics**, 4, 54-79 (1948)
17. Kempthorne, O. And Federer, W. T. "The General Theory of Prime-Power Lattice Designs II. Designs for  $p^n$  Varieties in Blocks of  $p^s$  Plots and in Squares", **Biometrics**, 4, 109-121 (1948)
18. Federer, W. T. "The General Theory of Prime-Power Lattice Designs II. Designs for  $p^3$  Varieties in Blocks of  $p$  Plots with More Than 3 Replicates", **Biometrics**, 144-161 (1949)
19. Steet, A.P. "Combinatorics of Experimental Design" **Oxford University Press**, New Jersey, (1987)
20. Bailey, R. A. "Partial Balance", Association Schemes Designed Experiments Algebra and Combinatorics, 84, **Cambridge University Press**, New York, 132-136 (2004)
21. Cochran, W. G. and Cox, G. M. "Design of Experiments." **John Wiley and Sons. Inc.**, (1957)
22. Gönen, S. Ve Bayrak, H., "**Sanal Deney Düzenine Geometrik Yaklaşım**". İstatistik Günleri Sempozyumu, Çukurova Üniversitesi, Matematik Bölümü, (1998)
23. Bayrak, H. ve Gönen, S., "Dikdörtgensel latisler üzerine bir çalışma", **İstatistik Sempozyumu**, 37-54 (2000)
24. Bayrak, H. ve Gönen, S., "Latis deneme düzeni üzerine bir çalışma" **İstatistik 2. Kongresi**, 188-191 (2001)
25. W.J. Pasman, et al. "The Effect of Different Dosages of Caffeine on Endurance Performance Time," **International Journal of Sports Medicine**, 16: 225-230 (1995)
26. Wellhausen, E. J. "The Accuracy of Incomplete Block Designs in Varietal Trials in West Virginia" **Jour. Am. Soc. Agron.** 35:66-76, (1943)

27. Bagchi, S., "Construction of Group Divisible Designs and Rectangular Designs From Resolvable and Almost Resolvable Balanced Incomplete Block Designs", **J. Statist. Plann. Inference**, 119: 401-410 ( 2004).
28. Harshbarger, B., Davis, L. L., "Latinized Rectangular Lattice", **Biometrics**, 8 (1): 73-84 (1952)
29. Darby, L. A., Gilbert, N., "The Trojan Square", **Euphytica**, 7:183-188 (1958).
30. Yeniay, N., "Trojen Kare Tasarımlar", Yüksek lisans Tezi, **Gazi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 6 (2009)
31. Preece, D.A., "Cyclic Generation of Robinson's Balanced Incomplete Block Designs", **Biometrics**, 23: 574-578 (1967)
32. Edmondson, R. N. , "Trojen Square and Incomplete Trojan Square Designs For Crop Research", **J. Agric. Sci.**, 131:135-142 (1998).
33. Edmondson, R. N., "Generalised Incomplete Trojan Designs", **Biometrika**, 89 (4): 877-891 (2002)
34. Williams, E. R. And John, J. A., "A note on optamility in lattice square design", **Biometrika**, 83 (3): 709-713 (1996)
35. Williams, E. R. And Ratcliff, D., "A note on the analysis of lattice design with repeats", **Biometrika**, 67 (3): 706-708 (1980)
36. Hinkelmann, K. And Kempthorne, O., "Lattice Design", Design and Analysis of Experiments, 2<sup>nd</sup> ed., **John Wiley & Sons. Inc.**, New Jersey, 649-683 (2005)
37. İnternet : University of Winconsin – Madison Wardrop, L. R., "Statistics: Learning in the Presence of Variation"  
<http://www.stat.wisc.edu/~wardrop/ssg/chap4.pdf> (1994)
38. Everitt, B. S., "The Cambridge Dictionary of Statistics, second edition"  
**Cambridge University Press**, Cambridge, 128 (2002)
39. Çingı, H., "Örnekleme Kuramı, 2. basım ", **H.Ü. Fen Fakültesi Basımevi**, Beytepe, 9 (1994)
40. İnternet : Indian Agricultural Statistics Research Institute "Lattice Designs" <http://www.iasri.res.in/> (2011)
41. İnternet : University of Minnesota "A first Course in Design and Analysis of Experiments" <http://users.stat.umn.edu/~gary/book/fcdae.pdf> (2010)

42. Raza, I., And Masood, M. A., "Efficiency of lattice design in relation to randomized complete block design in agricultural field experiments", ***Pakistan j. Agric. Res.***, 22, (3-4): 150-153 (2009)
43. Preece, D. A., "Lattice designs", ***Kentucky Agric. Exp. Sta.***, 18(3): 4025-4032 (1981)
44. Internet : Louisiana State University "Randomized Block Designs"  
<http://www.stat.lsu.edu/faculty/li/teach/exst7015/> (2009)

## EKLER

# EK-1. 4x4 Latis tasarım için etkinlik ve testin gücü

```

yveri<-matrix(0,ncol=10000,nrow=80)
cikti<-matrix(0,ncol=10000,nrow=8)
deneme<-matrix(0,ncol=10000,nrow=1)
rasgeleb<-matrix(0,ncol=10000,nrow=1)
rasgeleb2<-matrix(0,ncol=10000,nrow=1)
rasgeleb3<-matrix(0,ncol=10000,nrow=1)
for(i in 1:10000){
yveri[,i]<- 110 + rnorm(80)
y1<-yveri[,i]
z1<-matrix(y1,ncol=4,nrow=20)
G<- sum(y1)
z11<-z1[1:4,1:4]
z12<-z1[5:8,1:4]
z13<-z1[9:12,1:4]
z14<-z1[13:16,1:4]
z15<-z1[17:20,1:4]
z1top<- apply(z11,1,sum)
z2top<- apply(z12,1,sum)
z3top<- apply(z13,1,sum)
z4top<- apply(z14,1,sum)
z5top<- apply(z15,1,sum)
islem1<- sum(y1[1:1]+y1[5:5]+y1[9:9]+y1[13:13]+y1[17:17])
islem2<- sum(y1[21:21]+y1[6:6]+y1[30:30]+y1[34:34]+y1[38:38])
islem3<- sum(y1[41:41]+y1[7:7]+y1[51:51]+y1[55:55]+y1[59:59])
islem4<- sum(y1[61:61]+y1[8:8]+y1[72:72]+y1[76:76]+y1[80:80])
islem5<- sum(y1[2:2]+y1[25:25]+y1[10:10]+y1[15:15]+y1[20:20])
islem6<- sum(y1[22:22]+y1[26:26]+y1[29:29]+y1[36:36]+y1[39:39])
islem7<- sum(y1[42:42]+y1[27:27]+y1[52:52]+y1[53:53]+y1[58:58])
islem8<- sum(y1[62:62]+y1[28:28]+y1[71:71]+y1[74:74]+y1[77:77])
islem9<- sum(y1[3:3]+y1[45:45]+y1[11:11]+y1[16:16]+y1[18:18])

```

EK-1. (Devam) 4x4 Latis tasarım için etkinlik ve testin gücü

```

islem10<- sum(y1[23:23]+y1[46:46]+y1[32:32]+y1[35:35]+y1[37:37])
islem11<- sum(y1[43:43]+y1[47:47]+y1[49:49]+y1[54:54]+y1[60:60])
islem12<- sum(y1[63:63]+y1[48:48]+y1[70:70]+y1[73:73]+y1[79:79])
islem13<- sum(y1[4:4]+y1[65:65]+y1[12:12]+y1[14:14]+y1[19:19])
islem14<- sum(y1[24:24]+y1[66:66]+y1[31:31]+y1[33:33]+y1[40:40])
islem15<- sum(y1[44:44]+y1[67:67]+y1[50:50]+y1[56:56]+y1[57:57])
islem16<- sum(y1[64:64]+y1[68:68]+y1[69:69]+y1[75:75]+y1[78:78])
bt1<- sum(z1top[1:1]+z2top[1:1]+z3top[1:1]+z4top[1:1]+z5top[1:1])
bt2<- sum(z1top[1:1]+z2top[2:2]+z3top[2:2]+z4top[2:2]+z5top[2:2])
bt3<- sum(z1top[1:1]+z2top[3:3]+z3top[3:3]+z4top[3:3]+z5top[3:3])
bt4<- sum(z1top[1:1]+z2top[4:4]+z3top[4:4]+z4top[4:4]+z5top[4:4])
bt5<- sum(z1top[2:2]+z2top[1:1]+z3top[2:2]+z4top[3:3]+z5top[4:4])
bt6<- sum(z1top[2:2]+z2top[2:2]+z3top[1:1]+z4top[4:4]+z5top[3:3])
bt7<- sum(z1top[2:2]+z2top[3:3]+z3top[4:4]+z4top[1:1]+z5top[2:2])
bt8<- sum(z1top[2:2]+z2top[4:4]+z3top[3:3]+z4top[2:2]+z5top[1:1])
bt9<- sum(z1top[3:3]+z2top[1:1]+z3top[3:3]+z4top[4:4]+z5top[2:2])
bt10<- sum(z1top[3:3]+z2top[2:2]+z3top[4:4]+z4top[3:3]+z5top[1:1])
bt11<- sum(z1top[3:3]+z2top[3:3]+z3top[1:1]+z4top[2:2]+z5top[4:4])
bt12<- sum(z1top[3:3]+z2top[4:4]+z3top[2:2]+z4top[1:1]+z5top[3:3])
bt13<- sum(z1top[4:4]+z2top[1:1]+z3top[4:4]+z4top[2:2]+z5top[3:3])
bt14<- sum(z1top[4:4]+z2top[2:2]+z3top[3:3]+z4top[1:1]+z5top[4:4])
bt15<- sum(z1top[4:4]+z2top[3:3]+z3top[2:2]+z4top[4:4]+z5top[1:1])
bt16<- sum(z1top[4:4]+z2top[4:4]+z3top[1:1]+z4top[3:3]+z5top[2:2])
W1<- (4*islem1) - (5*bt1) + G
W2<- (4*islem2) - (5*bt2) + G
W3<- (4*islem3) - (5*bt3) + G
W4<- (4*islem4) - (5*bt4) + G
W5<- (4*islem5) - (5*bt5) + G
W6<- (4*islem6) - (5*bt6) + G
W7<- (4*islem7) - (5*bt7) + G

```

# EK-1. (Devam) 4x4 Latis tasarım için etkinlik ve testin gücü

$$W8 \leftarrow (4 \cdot \text{islem8}) - (5 \cdot \text{bt8}) + G$$

$$W9 \leftarrow (4 \cdot \text{islem9}) - (5 \cdot \text{bt9}) + G$$

$$W10 \leftarrow (4 \cdot \text{islem10}) - (5 \cdot \text{bt10}) + G$$

$$W11 \leftarrow (4 \cdot \text{islem11}) - (5 \cdot \text{bt11}) + G$$

$$W12 \leftarrow (4 \cdot \text{islem12}) - (5 \cdot \text{bt12}) + G$$

$$W13 \leftarrow (4 \cdot \text{islem13}) - (5 \cdot \text{bt13}) + G$$

$$W14 \leftarrow (4 \cdot \text{islem14}) - (5 \cdot \text{bt14}) + G$$

$$W15 \leftarrow (4 \cdot \text{islem15}) - (5 \cdot \text{bt15}) + G$$

$$W16 \leftarrow (4 \cdot \text{islem16}) - (5 \cdot \text{bt16}) + G$$

$$WWx \leftarrow$$

$$\text{sum}(W1+W2+W3+W4+W5+W6+W7+W8+W9+W10+W11+W12+W13+W14+W15+W16)$$

$$WW1 \leftarrow W1 \cdot W1$$

$$WW2 \leftarrow W2 \cdot W2$$

$$WW3 \leftarrow W3 \cdot W3$$

$$WW4 \leftarrow W4 \cdot W4$$

$$WW5 \leftarrow W5 \cdot W5$$

$$WW6 \leftarrow W6 \cdot W6$$

$$WW7 \leftarrow W7 \cdot W7$$

$$WW8 \leftarrow W8 \cdot W8$$

$$WW9 \leftarrow W9 \cdot W9$$

$$WW10 \leftarrow W10 \cdot W10$$

$$WW11 \leftarrow W11 \cdot W11$$

$$WW12 \leftarrow W12 \cdot W12$$

$$WW13 \leftarrow W13 \cdot W13$$

$$WW14 \leftarrow W14 \cdot W14$$

$$WW15 \leftarrow W15 \cdot W15$$

$$WW16 \leftarrow W16 \cdot W16$$

# EK-1. (Devam) 4x4 Latis tasarım için etkinlik ve testin gücü

WW<-

```
sum(WW1+WW2+WW3+WW4+WW5+WW6+WW7+WW8+WW9+WW10+W
WW11+WW12+WW13+WW14+WW15+WW16)
```

```
I1 <- islem1 * islem1
```

```
I2 <- islem2 * islem2
```

```
I3 <- islem3 * islem3
```

```
I4 <- islem4 * islem4
```

```
I5 <- islem5 * islem5
```

```
I6 <- islem6 * islem6
```

```
I7 <- islem7 * islem7
```

```
I8 <- islem8 * islem8
```

```
I9 <- islem9 * islem9
```

```
I10 <- islem10 * islem10
```

```
I11 <- islem11 * islem11
```

```
I12 <- islem12 * islem12
```

```
I13 <- islem13 * islem13
```

```
I14 <- islem14 * islem14
```

```
I15 <- islem15 * islem15
```

```
I16 <- islem16 * islem16
```

```
It<- (I1+I2+I3+I4+I5+I6+I7+I8+I9+I10+I11+I12+I13+I14+I15+I16)
```

```
I<- It / 5
```

```
r1<- sum(z1top)
```

```
r2<- sum(z2top)
```

```
r3<- sum(z3top)
```

```
r4<- sum(z4top)
```

```
r5<- sum(z5top)
```

```
r11<- r1*r1
```

```
r22<- r2*r2
```

```
r33<- r3*r3
```

```
r44<- r4*r4
```

EK-1. (Devam) 4x4 Latis tasarım için etkinlik ve testin gücü

```

r55<- r5*r5
rt<- (r11+r22+r33+r44+r55)
R<- rt / 16
SSB<- WW / 320
yt<- t(y1)
SSGg<- yt %*% y1
DT<- (G * G) / 80
SSG <- SSGg - DT
SSI<- I - DT
SSR<- R - DT
SSE<- SSG - (SSR + SSI + SSB)
Ee <- SSE / 45
Eb <- SSB / 15
EEE <- Eb - Ee
EE1<- 16 * Eb
mü<- EEE / EE1
müW1<- mü * W1
müW2<- mü * W2
müW3<- mü * W3
müW4<- mü * W4
müW5<- mü * W5
müW6<- mü * W6
müW7<- mü * W7
müW8<- mü * W8
müW9<- mü * W9
müW10<- mü * W10
müW11<- mü * W11
müW12<- mü * W12
müW13<- mü * W13
müW14<- mü * W14

```

# EK-1. (Devam) 4x4 Latis tasarım için etkinlik ve testin gücü

```

müW15<- mü * W15
müW16<- mü * W16
dislem1 <- islem1 + müW1
dislem2 <- islem2 + müW2
dislem3 <- islem3 + müW3
dislem4 <- islem4 + müW4
dislem5 <- islem5 + müW5
dislem6 <- islem6 + müW6
dislem7 <- islem7 + müW7
dislem8 <- islem8 + müW8
dislem9 <- islem9 + müW9
dislem10 <- islem10 + müW10
dislem11 <- islem11 + müW11
dislem12 <- islem12 + müW12
dislem13 <- islem13 + müW13
dislem14 <- islem14 + müW14
dislem15 <- islem15 + müW15
dislem16 <- islem16 + müW16
TmüW<-
sum(dislem1+dislem2+dislem3+dislem4+dislem5+dislem6+dislem7+dislem8
+dislem9+dislem10+dislem11+dislem12+dislem13+dislem14+dislem15+disle
m16)
müwkare<- TmüW * TmüW
DDT<- müwkare / 80
disl1 <- dislem1 * dislem1
disl2 <- dislem2 * dislem2
disl3 <- dislem3 * dislem3
disl4 <- dislem4 * dislem4
disl5 <- dislem5 * dislem5
disl6 <- dislem6 * dislem6

```

## EK-1. (Devam) 4x4 Latis tasarım için etkinlik ve testin gücü

```

disl7 <- dislem7 * dislem7
disl8 <- dislem8 * dislem8
disl9 <- dislem9 * dislem9
disl10 <- dislem10 * dislem10
disl11 <- dislem11 * dislem11
disl12 <- dislem12 * dislem12
disl13 <- dislem13 * dislem13
disl14 <- dislem14 * dislem14
disl15 <- dislem15 * dislem15
disl16 <- dislem16 * dislem16
Dislemkare<-
sum(disl1+disl2+disl3+disl4+disl5+disl6+disl7+disl8+disl9+disl10+disl11+disl
12+disl13+disl14+disl15+disl16)
Ddislem<- Dislemkare / 5
DSSI<- Ddislem - DDT
DMSI<- DSSI / 15
if (EEE<0) mü<-0
Ee2<- Ee * (1 + (4 * mü))
BHKT<- SSB + SSE
UST<- BHKT / 60
GE1<- UST / Ee2
GE<- GE1 * 100
GF<- DMSI / Ee2
if (GF>=2.52) deneme[,i]<-0
if (GF<2.52) deneme[,i]<-1
if (GF>=1.92) rasgeleb3[,i]<-0
if (GF<1.92) rasgeleb3[,i]<-1
RSSE<- SSG - (SSR + SSI)
RMSE<- RSSE / 60
RF<- SSI / RMSE

```

## EK-1. (Devam) 4x4 Latis tasarım için etkinlik ve testin gücü

```

if (GF>=2.35) rasgeleb[,i]<-0
if (GF<2.35) rasgeleb[,i]<-1
if (GF>=1.92) rasgeleb2[,i]<-0
if (GF<1.92) rasgeleb2[,i]<-1
KK<- sqrt(SSE)
Yort<- G / 80
CV<- KK / Yort
cikti[1,i]<-SSB
cikti[2,i]<-SSI
cikti[3,i]<-SSR
cikti[4,i]<-SSE
cikti[5,i]<-SSG
cikti[6,i]<-GE
cikti[7,i]<-CV
cikti[8,i]<-mü
}
xxx<- apply(cikti,1,sum)
xxz<- apply(deneme,1,sum)
xxzb<-apply(rasgeleb,1,sum)
power<- xxz / 10000
powerb<- xxzb / 10000
xxz3<- apply(rasgeleb3,1,sum)
xxzb2<-apply(rasgeleb2,1,sum)
power2<- xxz3 / 10000
powerb2<- xxzb2 / 10000

```

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : METİN, Gözde  
 Uyuğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 14.06.1985 İzmir  
 Medeni hali : Evli  
 Telefon : 0 312 284 04 33  
 e-mail : gozdemetin@tuik.gov.tr

| Eğitim Derece | Eğitim Birimi                                        | Mezuniyet Tarihi |
|---------------|------------------------------------------------------|------------------|
| Lisans        | Eskişehir Osmangazi Üniversitesi / İstatistik Bölümü | 2007             |
| Lise          | Manisa Fatih Anadolu Lisesi                          | 2003             |

| İş Deneyimi Yıl | Yer                        | Görev            |
|-----------------|----------------------------|------------------|
| 2009-2010       | Sahil Güvenlik Komutanlığı | İstatistikçi     |
| 2010-           | Türkiye İstatistik Kurumu  | Uzman Yardımcısı |

### Yabancı Dil

İngilizce

### Hobiler

Bisiklete binmek, otomobil, ev dekorasyonu.