



## SUDOKU DENEME DESENİNİN TARIMSAL ARAŞTIRMALARDA KULLANIMI

Buğra HOŞGÖNÜL<sup>1\*</sup>, Hasan ÖNDER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs University, Agricultural Faculty, Department of Animal Science, 55139, Samsun, Türkiye

**Özet:** İki yönlü heterojenliğin bulunduğu durumlarda çift yönlü bloklama işlemi olan Latin Kare deneme deseni yaygın olarak kullanılmaktadır. Denemede ikiden fazla heterojenlik bulunduğu durumlarda Latin Kare deneme desenine alternatif olarak geliştirilen Sudoku deneme deseni kullanılmaktadır. Bu sayede deneme hatasının en aza indirilmesi sağlanabilmektedir. Bu çalışmada, Tip I, Tip II, Tip III ve Tip IV Sudoku deneme desenlerine ait çözümler verilmiştir. Sudoku deneme desenleri için çözüm yapılabilmesi amacıyla Web tabanlı bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılımın geliştirilmesinde ASP (Active Server Pages) yazılım dili kullanılmıştır. Sudoku deneme desenlerinin pek çok faktör ve heterojenlik kaynağının denemelerde etkili olduğu özellikle tarım gibi alanlarda çalışan bilim insanlarına faydalı olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Sodoku, Deneme deseni, Heterojenlik, Yazılım

### Use of Sudoku Experimental Design in Agricultural Studies

**Abstract:** In the case of bi-directional heterogeneity, the Latin Square experimental design, which is a two-way blocking process, is widely used. In cases where there are more than two heterogeneities in the experiment, Sudoku experimental design which is developed as an alternative to Latin Square experimental design is used. Thus, it is possible to minimize the experimental error. In this study, the solutions of Type I, Type II, Type III and Type IV Sudoku trial designs are given. Web-based software has been developed to provide solutions for Sudoku experimental design. ASP (Active Server Pages) software language was used in the development of the software. It is thought that the Sudoku experimental design, the source of many factors and heterogeneity are effective in the experiments, can be useful especially the scientists working in fields such as agriculture.

**Keywords:** Sudoku, Experimental design, Heterogeneity, Software

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Ondokuz Mayıs University, Agricultural Faculty, Department of Animal Science, 55139, Samsun, Türkiye

E mail: bugrahosgonul@gmail.com (B. HOŞGÖNÜL)

Buğra HOŞGÖNÜL <https://orcid.org/0009-0002-9548-3457>

Hasan ÖNDER <https://orcid.org/0000-0002-8404-8700>

**Gönderi:** 05 Nisan 2024

**Received:** April 05, 2024

**Kabul:** 13 Haziran 2024

**Accepted:** June 13, 2024

**Yayınlanma:** 15 Temmuz 2024

**Published:** July 15, 2024

**Cite as:** Hoşgönül B, Önder H. 2024. Use of Sudoku experimental design in agricultural studies. BSJ Eng Sci, 7(4): 654-661.

### 1. Giriş

Tarımda uygulanan denemelerde elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde objektif sonuçlara ulaşmak için istatistiki analiz yapmak ve bu analiz sonuçlarına göre yorumlamak gerekir. Çünkü bu denemelerin homojen olmasını engelleyen çevre koşulları, yaş, ırk, cinsiyet vs. gibi gözlemlere ulaşılmaktadır. Bu gözlemler arasındaki farklar deneme kurucusunun kontrolü dışında olan faktörlerden kaynaklanmaktadır. Kurulan iki denemenin birine yeni bir muamele uygulayarak elde edilen değer, muamele uygulanmayan denemeden elde edilen değerle kıyaslayıp yeni uygulanan muamele hakkında bir sonuç elde etmek zordur. Çünkü uygulanan yeni muamelenin sonucunu etkileyen ve bilinmeyen etkileri olduğu bilinmelidir (Bek ve Efe, 1989).

Aynı muamelenin uygulandığı deneme üniteleri arasındaki sonucu etkileyen ve sebebi bilinmeyen etkilerden dolayı tekrerrürler arasındaki farklılığın ölçüsüne (varyansına) deneme hatası denilmektedir (Yıldız ve Bircan, 1991).

Kurulan denemelerde kesin olarak gruplandırılmayan

faktörlerin birbirlerinden ayrı olan bireylere uygulanacak her bir bireye tüm muamelelerin uygulanması en doğru sonucu verir. Fakat bireylerin birbirlerinden ayrı olmasına sebep olan heterojenlik kaynakları uygulanan muamelelerin her bir bireye etkilerini değiştirmektedir. Söz konusu bu heterojenlik kaynakları deney hatasını artırmaktadır. Deney hatasını azaltmak için ise deneme parsellerini bloklama yöntemi ile daha güvenilir sonuçlar elde edilebilir (Düzgüneş ve ark., 1987).

Planlanan denemelerde temel amaç, üzerinde durulan değişkene etkisi olabilecek diğer faktörleri kontrol altında tutarak deneme hatasını minimuma indirmek ve böylece etkisi incelenen faktörün etkisini ortaya koyabilmektir. Deneme hatasının minimum olabilmesi için deneme materyalinin ve deneme ünitelerinin homojen olması gerekmektedir. Tamamen homojen bir deneme materyaline ve deneme ünitelerine ulaşmak çoğu zaman mümkün olmadığından, heterojenliğin sebep olabileceği etkinin hesaplanarak modelden elemine edilmesi amacıyla bloklama yapmak gerekmektedir (Önder, 2007).



Kurulan denemeye uygulanacak analizin, denemenin planına uygun ve doğru analizle denemenin homojenlik durumu, muamele sayısı, bloklama durumu gibi faktörler göz önünde bulundurularak analiz seçimi yapılmalıdır.

Tesadüf Parselleri Deneme Planı en basit deneme planıdır, muameleler tamamen tesadüfi dağılır ve deneme materyali homojen olmalıdır. Şansa bağlı dağılımda kısıtlama yoktur. Deneme üniteleri arasındaki homojenliğin yüksek olduğu durumlarda deneme materyalinin ve deneme ünitelerinin araştırmacı tarafından kontrol altında tutulabilen laboratuvar ve sera denemelerinde tesadüf parselleri deneme planı (Eşitlik 1) yaygın kullanılır (Yıldız ve Bircan, 1991).

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij} \quad (1)$$

$i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, r$

Burada;  $\mu$ = popülasyon ortalaması (genel ortalama etkisi),  $\alpha_i$ = i inci muamele etkisi ve  $e_{ij}$ = tesadüfi hatayı göstermektedir.

Tesadüf Blokları Deneme Planı (Eşitlik 2) heterojenliğin tek yönlü olduğu denemelerde kullanılır. Heterojenliğin etkisi kaldırmak için bloklama yapılır. Bu deneme planında uygulanan bloklama, deneme materyalinden ve deneme ünitelerinden kaynaklanan hatanın azaltılması yoluyla deneyin hassaslığını artırır. Bazı deneylerde ekonomik, fiziksel veya çevresel nedenlerden dolayı yeteri kadar homojen deney elde edilemediğinde bu yöntemi kullanmak zorunlu hale gelmiştir. Bloklar kendi içinde homojen kabul edilir (Çelik, 2012).

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij} \quad (2)$$

$i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, r$

burada;  $\mu$ = popülasyon ortalaması (genel ortalama etkisi),  $\alpha_i$ = i'inci muamele etkisi,  $\beta_j$ = j'inci blokun etkisi ve  $e_{ij}$ = tesadüfi hatayı göstermektedir.

Latin Karesi Deneme Deseni (Eşitlik 3) heterojenliğin iki yönlü olduğu denemelerde kullanılır. Sıra ve sütun olarak bloklama yapılır. Bu deneme düzeninde her satır, sütun ve muamele sayısı birbirine eşit olmak zorundadır. Latin kare deneme deseni tarım ve hayvancılık denemelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Derici Yıldırım ve Taşdelen, 2012).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + e_{ijk} \quad (3)$$

$i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, r$  ve  $k=1, \dots, p$

burada;  $\mu$ = popülasyon ortalaması (genel ortalama etkisi),  $\alpha_i$ = i'inci sıranın etkisi,  $\beta_j$ = j'inci sütunun etkisi,  $\gamma_k$ = k'inci muamelenin etkisi ve  $e_{ijk}$ = tesadüfi hatayı göstermektedir.

Denemede ikiden fazla heterojenlik bulunduğu durumlardan Latin Kare deneme desenine alternatif olarak geliştirilen Sudoku deneme deseni kullanılmaktadır (Subramani ve Ponnuswamy, 2009).

Subramania ve Ponnuswamy (2009) 'Construction and Analysis of Sudoku Designs' adlı yapmış olduğu bu çalışmada, Sudoku deneme deseninin tasarımlarının tanıtımı ele alınmaktadır. Sudoku deneme deseninin analizi ve uygulaması da tartışılmaktadır. Sayısal

verilerle de çözümleri gösterilmiştir.

Saba ve Sinha (2014) 'SuDoKu as an Experimental Design - Beyond the Traditional Latin Square Design' adlı yapmış olduğu çalışmada, Sudoku deneme deseni Latin kare deneme deseninin ilginç bir kombinasyonel yapısı olduğu ve denemelerde ikiden fazla heterojenlik kaynağı bulunduğu Sudoku deneme deseninin kullanılabilirliğini belirtmiştir. Sudoku deneme deseninin 3x3 alt kare (9x9) şekli yaygın olsa da, 4x4 alt kare (16x16) , 5x5 alt kare (25x25) kullanımları da mümkündür.

Danbaba ve Shehu (2016) 'On the Combined Analysis of Sudoku Square Designs with Some Common Treatments' yapmış olduğu çalışmada, deneyin Tesadüf blokları deneme deseni ve Latin kare deneme deseni ve ya Sudoku deneme deseni ile analizi yapılabildiği ve denemelerin farklı ortam koşulları, farklı mevsimlerde olmasına rağmen şartlar ne durumda olursa olsun denemenin yapılması zorunlu olduğu durumlarda bu deneme desenleri denemenin değerlendirilmesindeki sonuçların doğruluğunu arttırdığı belirtilmiştir. Dolayısıyla buda deneme sonundaki seçimin doğruluğunu artırmaktadır. Bu makalede analiz tabloları sunulmuştur. Sudoku deneme deseni Latin kare deneme deseninin ötesine geçtiği belirtilmiştir.

Tarımsal denemelerde iki yönlü heterojenlik söz konusu olduğunda Latin Kare deneme deseni oldukça yaygın şekilde kullanılmaktadır. Buna alternatif olarak üretilen Sudoku deneme deseni uluslararası literatürde tarım dışı alanlarda kullanılmakta olup yerli literatür taramalarında az sayıda olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma ile Latin Kare deneme desenine göre üstünlükleri bulunan Sudoku deneme deseni yerli literatüre kazandırılmış ve deneme kurulumunda heterojenliğin yüksek olduğu tarımsal araştırmalar için kullanılabilirliği ortaya konulmuştur.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışmada, daha önceki tarımsal çalışmalardan elde edilmiş veriler elde edilememiş olup, simülasyon ile veri üretilip kullanılmıştır. Deneme desenlerinin analizinde kullanılabilen bir yazılıma ulaşamadığı için Web tabanlı olarak bir analiz yazılımı geliştirilmiştir.

### 2.2. Yöntem

Sudoku tüm dünyada oynanan satır, sütun ve iç karelerinde birden dokuza kadar sayıların tekrar etmeksizin yerleştirilmesine dayanan bazı hücreleri dolu verilen bir zeka oyunudur. Sodoku kelimesi Japonca anlamı "sayılar sadece bir kez tekrarlanır (S ūji wa dokushin ni kagiru)" ifadesinin kısaltmasıdır. 9x9 luk bir Sudoku karesi için 6670903752021072936960 (6.6x10<sup>21</sup>) farklı dizilime sahip deneme deseni oluşturulabilmektedir (Subramani ve Ponnuswamy, 2009; Saba ve Sinha, 2014). Sudoku bu yapısıyla çift ya da daha fazla heterojenlik kaynağının olduğu araştırma konuları için uygun bir deneme deseni olma özelliği taşımaktadır.

Latin Kare deneme deseni tarımsal ve endüstriyel

araştırmalarda oldukça kullanışlı bir deneme deseni olup özellikle tekerrür sayısının yetersiz olduğu durumlarda faktör seviyelerinin ardışık olarak uygulanabildiği bir deneme desendir. Genellikle çift yönlü heterojenliğin olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Bu deneme deseninde varyans analizi ikiden fazla faktörün eşzamanlı olarak değerlendirilebilmesine olanak tanımaktadır (Cochran ve Cox, 1957).

İlk Sudoku deneme deseni çalışmaları kısıtlayıcı özellik sayısının daha yüksek olduğu durumlarda Latin Kare deneme deseninin geliştirilmiş bir hali olarak tasarlanmıştır. Literatürdeki gelişmeler bu deneme deseninin çok faktörlü yapılar da kullanılabileceğini göstermiştir (Danbaba ve Shehu, 2016).

Pek çok Sudoku deseni geliştirilmiş olup bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir (Subramani ve Ponnuswamy, 2009);

### 2.2.1. Sudoku deseni- tip I

Deneme desenlerinin elde çözümü için aynı veri seti kullanılmış olup kullanılan veri seti Şekil 2'de verilenle aynıdır.

Bu desende sıra, sütun ve muamele etkileri Latin Kare deneme deseninde olduğu gibi varsayılmaktadır (Eşitlik 4).

$$Y_{ij(klpq)} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + r_l + c_p + s_q + e_{ij(klpq)} \quad (4)$$

$i, j = 1, 2, \dots, m$  ve  $k, l, p, q = 1, 2, \dots, m^2$

burada  $\mu$ : popülasyon ortalaması (genel ortalama etkisi),  $\alpha_i$ = i'inci satırı bloğunun etkisi,  $\beta_j$ = j'inci sütun bloğunun etkisi,  $\tau_k$ = k'inci muamelenin etkisi,  $r_l$ = l'inci satır etkisi,  $c_p$ = p'inci sütun etkisi,  $s_q$ = q'uncu karenin etkisi ve  $e_{ij}$ = tesadüfi hatayı göstermektedir.

Sudoku deseni- tip I için elde çözüm aşağıda verilmiştir;

- $G = \sum_{i=1}^{m^2} \sum_{j=1}^{m^2} Y_{ij}$  ve  $N = m^4$
- Düzeltme Katsayısı =  $\frac{G^2}{N} = \frac{1494^2}{81}$
- Genel Kareler Toplamı =  $G = \sum_{i=1}^{m^2} \sum_{j=1}^{m^2} Y_{ij} - \frac{G^2}{N}$   
=  $(15^2 + \dots + 16^2) - DK$   
= 1150
- Muamele Kareler Toplamı =  $\sum_{k=1}^{m^2} \frac{Tk^2}{m^2} - \frac{G^2}{N}$   
=  $(149^2 + \dots + 165^2) - DK$   
= 105,75
- Satır Kareler Toplamı =  $\sum_{l=1}^{m^2} \frac{Rl^2}{m^2} - \frac{G^2}{N}$   
=  $(\frac{154^2}{9} + \dots + \frac{153^2}{9}) - DK$   
= 152,44
- Sütun Kareler Toplamı =  $\sum_{p=1}^{m^2} \frac{Cp^2}{m^2} - \frac{G^2}{N}$   
=  $(\frac{153^2}{9} + \dots + \frac{154^2}{9}) - DK$   
= 123,55
- Alt Karelerin Kareler Toplamı =  $\sum_{p=1}^{m^2} \frac{Sq^2}{m^2} - \frac{G^2}{N}$   
=  $(\frac{150^2}{9} + \dots + \frac{157^2}{9}) - DK$   
= 111,11
- Büyük Satır Kareler Toplamı =  $\sum_{i=1}^m \frac{RB_i^2}{m^3} - \frac{G^2}{N}$

$$= (\frac{(154+176+154)^2}{27} + \dots + \frac{(164+174+153)^2}{27}) - DK$$

$$= 25,40$$

- Büyük Sütun Kareler Toplamı =  $\sum_{j=1}^m \frac{CB_j^2}{m^3} - \frac{G^2}{N}$   
=  $(\frac{(153+173+150)^2}{27} + \dots + \frac{(164+167+154)^2}{27}) - DK$   
= 69,55

- Hata Kareler Toplamı =  $\sum_{i=1}^{m^2} \sum_{j=1}^{m^2} Y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^m \frac{RB_i^2}{m^3} - \sum_{j=1}^m \frac{CB_j^2}{m^3} - \sum_{l=1}^{m^2} \frac{Rl^2}{m^2} - \sum_{p=1}^{m^2} \frac{Cp^2}{m^2} - \sum_{k=1}^{m^2} \frac{Tk^2}{m^2} - \sum_{p=1}^{m^2} \frac{Sq^2}{m^2} + \frac{5G^2}{N}$   
=  $1150 - 25,39 - 69,54 - 152,43 - 123,53 - 105,76 - 111,09$   
= 562,14.

### 2.2.2. Sudoku deseni- tip II

Bu modelde satır etkilerinin satır bloğu içinde iç-içe sınıflandırılmış olduğu varsayılmaktadır ve matematik modeli Eşitlik 5'de verilmiştir;

$$Y_{ij(klpq)} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + r(\alpha)_{l(i)} + c(\beta)_{p(j)} + s_q + e_{ij(klpq)} \quad (5)$$

$i, j, l, p = 1, 2, \dots, m$  ve  $k, q = 1, 2, \dots, m^2$

burada  $\mu$ : popülasyon ortalaması,  $\alpha_i$ = i'inci satırı bloğunun etkisini,  $\beta_j$ = j'inci sütun bloğunun etkisini,  $\tau_k$ = k'inci muamelenin etkisini,  $r(\alpha)_{l(i)}$ = i'inci sıra bloğu içerisindeki l'inci satır etkisini,  $c(\beta)_{p(j)}$ = j'inci sütun bloğu içerisindeki p'inci sütun etkisini,  $s_q$ = q'uncu karenin etkisini ve  $e_{ij}$ = tesadüfi hatayı göstermektedir.

Sudoku deseni- tip II için elde çözüm aşağıda verilmiştir;

- $G = \sum_{i=1}^{m^2} \sum_{j=1}^{m^2} Y_{ij}$  ve  $N = m^4$
- Düzeltme Katsayısı =  $\frac{G^2}{N} = \frac{1494^2}{81}$
- Genel Kareler Toplamı =  $G = \sum_{i=1}^{m^2} \sum_{j=1}^{m^2} Y_{ij} - \frac{G^2}{N}$   
=  $(15^2 + \dots + 16^2) - DK$   
= 1150
- Muamele Kareler Toplamı =  $\sum_{k=1}^{m^2} \frac{Tk^2}{m^2} - \frac{G^2}{N}$   
=  $(149^2 + \dots + 165^2) - DK$   
= 105,75
- Satır İçi Satır Kareler Toplamı =  $\sum_{i=1}^{m^2} \frac{RL^2}{m^2} - \sum_{i=1}^m \frac{RB_i^2}{m^3}$   
=  $(\frac{154^2}{9} + \dots + \frac{153^2}{9}) - (\frac{(154+176+154)^2}{27} + \dots + \frac{(164+174+153)^2}{27})$   
= 127,03
- Sütun İçi Sütun Kareler Toplamı =  $\sum_{p=1}^{m^2} \frac{Cp^2}{m^2} - \sum_{j=1}^m \frac{CB_j^2}{m^3}$   
=  $(\frac{153^2}{9} + \dots + \frac{154^2}{9}) - (\frac{(153+173+150)^2}{27} + \dots + \frac{(164+167+154)^2}{27})$   
= 54
- Alt Karelerin Kareler Toplamı =  $\sum_{p=1}^{m^2} \frac{Sq^2}{m^2} - \frac{G^2}{N}$   
=  $(\frac{150^2}{9} + \dots + \frac{157^2}{9}) - DK$   
= 111,11
- Büyük Satır Kareler Toplamı =  $\sum_{i=1}^m \frac{RB_i^2}{m^3} - \frac{G^2}{N}$   
=  $(\frac{(154+176+154)^2}{27} + \dots + \frac{(164+174+153)^2}{27}) - DK$   
= 25,40
- Büyük Sütun Kareler Toplamı =  $\sum_{j=1}^m \frac{CB_j^2}{m^3} - \frac{G^2}{N}$

$$= \left( \frac{(153+173+150)^2}{27} + \dots + \frac{(164+167+154)^2}{27} \right) - DK$$

$$= 69,55$$

- Hata Kareler Toplamı =  $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m Y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^m \frac{RI^2}{m^2}$   
 $-\sum_{p=1}^m \frac{Cp^2}{m^2} - \sum_{k=1}^m \frac{Tk^2}{m^2} - \sum_{p=1}^m \frac{Sq^2}{m^2} + \frac{3G^2}{N}$   
 $= 1150 - 152,44 - 123,55 - 105,77 - 111,11$   
 $= 657,11.$

### 2.2.3. Sudoku deseni- tip III

Bu model için matematik modeli Eşitlik 6'da verilmiştir

$$Y_{ij(klpq)} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + r_l + c_p + s(\alpha)_{q(i)} + \delta(\beta)_{r(j)} + e_{ij(klpqr)} \quad (6)$$

$i, j, q, r = 1, 2, \dots, m$  ve  $k, l, p = 1, 2, \dots, m^2$

burada;  $\mu$ : popülasyon ortalaması (genel ortalama etkisi),  $\alpha_i$ = i'inci satır bloğunun etkisini,  $\beta_j$ = j'inci sütun bloğunun etkisini,  $\tau_k$ = k'inci muamelenin etkisini,  $r_l$ = l'inci satır etkisini,  $c_p$ = p'inci sütun etkisini,  $s(\alpha)_{q(i)}$ = i'inci satır bloğunda sınıflanmış q'uncu sıra kare etkisini,  $\delta(\beta)_{r(j)}$ = j'inci sütun bloğunda sınıflanmış r'inci sütun kare etkisin, ve  $e_{ij}$ = tesadüfi hatayı göstermektedir.

Sudoku deseni- tip III için elde çözüm aşağıda verilmiştir;

- $G = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m Y_{ij}$  ve  $N = m^4$
- Düzeltilme Katsayısı =  $\frac{G^2}{N}$   
 $= \frac{1494^2}{81}$
- Genel Kareler Toplamı =  $G = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m Y_{ij} - \frac{G^2}{N}$   
 $= (15^2 + \dots + 16^2) - DK$   
 $= 1150$
- Muamele Kareler Toplamı =  $\sum_{k=1}^m \frac{Tk^2}{m^2} - \frac{G^2}{N}$   
 $= (149^2 + \dots + 165^2) - DK$   
 $= 105,75$
- Satır Kareler Toplamı =  $\sum_{i=1}^m \frac{RI^2}{m^2} - \frac{G^2}{N}$   
 $= \left( \frac{154^2}{9} + \dots + \frac{153^2}{9} \right) - DK$   
 $= 152,44$
- Sütun Kareler Toplamı =  $\sum_{p=1}^m \frac{Cp^2}{m^2} - \frac{G^2}{N}$   
 $= \left( \frac{153^2}{9} + \dots + \frac{154^2}{9} \right) - DK$   
 $= 123,55$
- Büyük Satır Kareler Toplamı =  $\sum_{i=1}^m \frac{RB_i^2}{m^3} - \frac{G^2}{N}$   
 $= \left( \frac{(154+176+154)^2}{27} + \dots + \frac{(164+174+153)^2}{27} \right) - DK$   
 $= 25,40$
- Büyük Sütun Kareler Toplamı =  $\sum_{j=1}^m \frac{CB_j^2}{m^3} - \frac{G^2}{N}$   
 $= \left( \frac{(153+173+150)^2}{27} + \dots + \frac{(164+167+154)^2}{27} \right) - DK$   
 $= 69,55$
- Satır İçindeki Alt Karelerin Kareler Toplamı =  $\sum_{p=1}^m \frac{Sq^2}{m^2} - \sum_{i=1}^m \frac{RB_i^2}{m^3}$   
 $= \left( \frac{150^2}{9} + \dots + \frac{157^2}{9} \right) - \left( \frac{(154+176+154)^2}{27} + \dots + \frac{(164+174+153)^2}{27} \right)$   
 $= 85,70$
- Sütun İçindeki Alt Karelerin Kareler Toplamı =  $\sum_{p=1}^m \frac{\delta_{r(j)}^2}{m^2} - \sum_{j=1}^m \frac{CB_j^2}{m^3}$

$$= \left( \frac{150^2}{9} + \dots + \frac{157^2}{9} \right) - \left( \frac{(153+173+150)^2}{27} + \dots + \frac{(164+167+154)^2}{27} \right)$$

$$= 41,55$$

- Hata Kareler Toplamı =  $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m Y_{ij} - \sum_{i=1}^m \frac{RI^2}{m^2}$   
 $-\sum_{p=1}^m \frac{Cp^2}{m^2} - \sum_{k=1}^m \frac{Tk^2}{m^2} - \sum_{p=1}^m \frac{Sq^2}{m^2} - \sum_{p=1}^m \frac{\delta_{r(j)}^2}{m^2} + \frac{4G^2}{N}$   
 $= 1150 - 152,44 - 123,55 - 105,77 - 85,70 - 41,55$   
 $= 640,96.$

### 2.2.4. Sudoku deseni- tip IV

Bu model için matematik modeli Eşitlik 7'de verilmiştir

$$Y_{ij(klpq)} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + r(\alpha)_{l(i)} + c(\beta)_{p(j)} + s(\alpha)_{q(i)} + \delta(\beta)_{r(j)} + e_{ij(klpqr)} \quad (7)$$

$i, j, q, r = 1, 2, \dots, m$  ve  $k, l, p = 1, 2, \dots, m^2$

burada;  $\mu$ = popülasyon ortalaması (genel ortalama etkisi),  $\alpha_i$ = i'inci satır bloğunun etkisini,  $\beta_j$ = j'inci sütun bloğunun etkisini,  $\tau_k$ = k'inci muamelenin etkisini,  $r(\alpha)_{l(i)}$ = i'inci satır bloğunda sınıflanmış l'inci sıra etkisini,  $c(\beta)_{p(j)}$ = j'inci sütun bloğunda sınıflanmış p'inci sütun etkisini,  $s(\alpha)_{q(i)}$ = i'inci satır bloğunda sınıflanmış q'uncu sıra kare etkisini,  $\delta(\beta)_{r(j)}$ = j'inci sütun bloğunda sınıflanmış r'inci sütun kare etkisini ve  $e_{ij}$ = tesadüfi hatayı göstermektedir.

Sudoku deseni- tip IV için elde çözüm aşağıda verilmiştir;

- $G = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m Y_{ij}$  ve  $N = m^4$
- Düzeltilme Katsayısı =  $\frac{G^2}{N}$   
 $= \frac{1494^2}{81}$
- Genel Kareler Toplamı =  $G = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m Y_{ij} - \frac{G^2}{N}$   
 $= (15^2 + \dots + 16^2) - DK$   
 $= 1150$
- Muamele Kareler Toplamı =  $\sum_{k=1}^m \frac{Tk^2}{m^2} - \frac{G^2}{N}$   
 $= (149^2 + \dots + 165^2) - DK$   
 $= 105,75$
- Büyük Satır Kareler Toplamı =  $\sum_{i=1}^m \frac{RB_i^2}{m^3} - \frac{G^2}{N}$   
 $= \left( \frac{(154+176+154)^2}{27} + \dots + \frac{(164+174+153)^2}{27} \right) - DK$   
 $= 25,40$
- Büyük Sütun Kareler Toplamı =  $\sum_{j=1}^m \frac{CB_j^2}{m^3} - \frac{G^2}{N}$   
 $= \left( \frac{(153+173+150)^2}{27} + \dots + \frac{(164+167+154)^2}{27} \right) - DK$   
 $= 69,55$
- Satır İçi Satır Kareler Toplamı =  $\sum_{i=1}^m \frac{RI^2}{m^2} - \sum_{i=1}^m \frac{RB_i^2}{m^3}$   
 $= \left( \frac{154^2}{9} + \dots + \frac{153^2}{9} \right) - \left( \frac{(154+176+154)^2}{27} + \dots + \frac{(164+174+153)^2}{27} \right)$   
 $= 127,03$
- Sütun İçi Sütun Kareler Toplamı =  $\sum_{p=1}^m \frac{Cp^2}{m^2} - \sum_{j=1}^m \frac{CB_j^2}{m^3}$   
 $= \left( \frac{153^2}{9} + \dots + \frac{154^2}{9} \right) - \left( \frac{(153+173+150)^2}{27} + \dots + \frac{(164+167+154)^2}{27} \right)$   
 $= 54$
- Satır İçindeki Alt Karelerin Kareler Toplamı =  $\sum_{p=1}^m \frac{Sq^2}{m^2} - \sum_{i=1}^m \frac{RB_i^2}{m^3}$   
 $= \left( \frac{150^2}{9} + \dots + \frac{157^2}{9} \right) - \left( \frac{(154+176+154)^2}{27} + \dots + \frac{(164+174+153)^2}{27} \right)$

= 85,70

• Sütun İçindeki Alt Karelerin Kareler Toplamı =

$$\sum_{p=1}^{m^2} \frac{\delta_{r(j)}^2}{m^2} - \sum_{j=1}^m \frac{CB_j^2}{m^3}$$

$$= \left( \frac{150^2}{9} + \dots + \frac{157^2}{9} \right) - \left( \frac{(153+173+150)^2}{27} + \dots + \frac{(164+167+154)^2}{27} \right)$$

= 41,55

• Hata Kareler Toplamı =  $\sum_{i=1}^{m^2} \sum_{j=1}^{m^2} Y_{ij} - \sum_{i=1}^m \frac{RB_i^2}{m^3}$

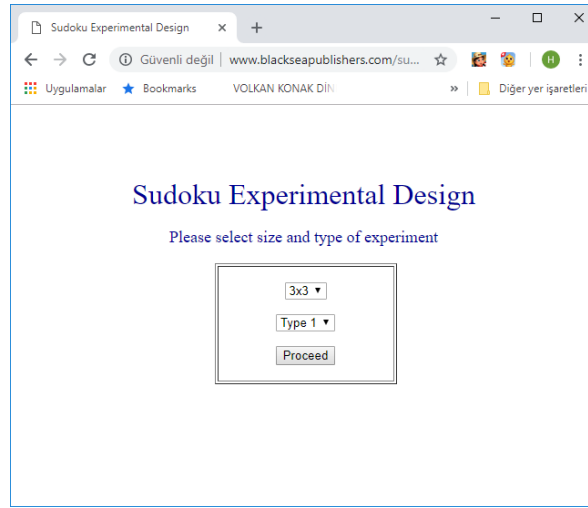
$$- \sum_{j=1}^m \frac{CB_j^2}{m^3} - \sum_{i=1}^{m^2} \frac{RL^2}{m^2} - \sum_{p=1}^{m^2} \frac{CP^2}{m^2} - \sum_{k=1}^{m^2} \frac{TK^2}{m^2} - \sum_{p=1}^{m^2} \frac{SQ^2}{m^2}$$

$$- \sum_{p=1}^{m^2} \frac{\delta_{r(j)}^2}{m^2} + \frac{2G^2}{N}$$

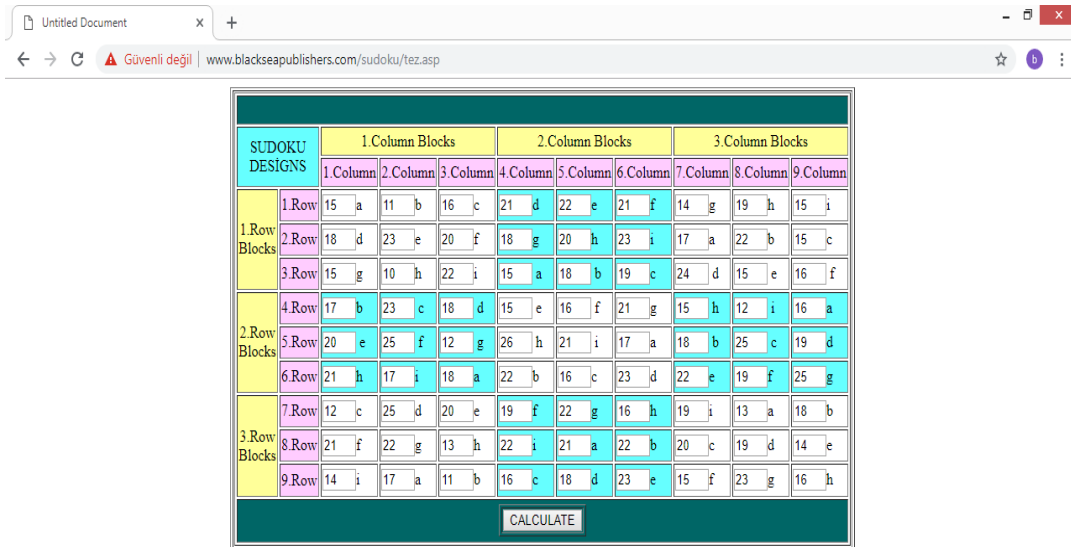
= 1150 - 105,75 - 25,40 - 69,55 - 127,03 - 54 - 85,70 - 41,55 = 640,96.

#### 4. Sudoku Deneme Deseninın Çözümü İçin Web Tabanlı Yazılım

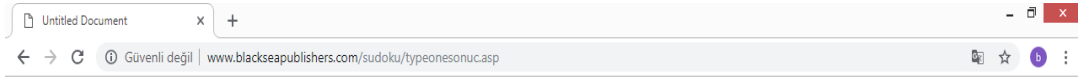
Yapılan taramalarda Sudoku deneme desininın çözümü için herhangi bir yazılıma rastlanmamıştır. Bu nedenle ASP dili kullanılarak Web tabanlı bir yazılım geliştirilmiş olup <http://www.blackseapublishers.com/sudoku/> adresinde yayınlanmıştır. Yazılımın dünya genelinde kullanılabilmesi için yazılımın dili İngilizce olarak belirlenmiştir. Şekil 1 'de giriş sayfası verilmiştir. Giriş sayfasında deneme desininın boyutu 3x3 ya da 4x4 olarak seçilebilmektedir. "Proceed" düğmesi tıklandığında ilgili deneme deseni için veri giriş sayfası açılmaktadır. Örnek olarak 3x3 boyutunda Sudoku deneme deseni için Type I uygulaması seçilmiştir. Uygulama sayfası için örnek ekran görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'de verilen görüntüde "CALCULATE" butonuna basıldığında hesaplama işlemleri yapılmakta ve sonuçlar Şekil 3'te verildiği şekilde elde edilmektedir.



Şekil 1. Giriş sayfası.



Şekil 2. Type I Sudoku deneme deseni için 3x3 lük karede örnek uygulama sayfası.



SUDOKU DESİGNS	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Squares	F-ratio	Table Value %5	Table Value %1
Treatments	105,778	8	13,222	1,035	2.18	2.95
Row Blocks	25,407	2	12,704	0,994	3.23	5.12
Column Blocks	69,556	2	34,778	2,722	3.23	5.12
Row	152,444	8	19,056	1,492	2.18	2.95
Column	123,556	8	15,444	1,209	2.18	2.95
Squares	111,111	8	13,889	1,087	2.18	2.95
Error	562,148	44	12,776			
Total	1150	80				

Comment 1 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 2 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 3 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 4 = Treatment effect was found statistically insignificant.

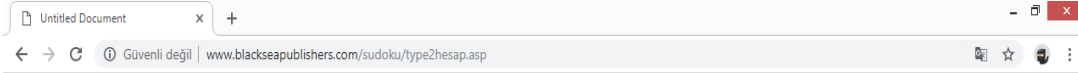
Comment 5 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 6 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Şekil 3. Type I Sudoku deneme deseni için 3x3 lük karede örnek uygulamla sonuçları.

Giriş sayfasında Type II seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlar Şekil 4'te verilmiştir. Giriş sayfasında Type III seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlar Şekil 5'te

verilmiştir. Giriş sayfasında Type IV seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlar Şekil 6'da verilmiştir.



SUDOKU DESİGNS	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Squares	F-ratio	Table Value %5	Table Value %1
Treatments	105,778	8	13,222	0,966	2.18	2.94
Row Blocks	25,407	2	12,704	0,928	3.23	5.11
Column Blocks	69,556	2	34,778	2,54	3.23	5.11
Rows within BR	127,037	6	21,173	1,547	2.34	3.23
Column within BC	54	6	9	0,657	2.34	3.23
Squares	111,111	8	13,889	1,015	2.18	2.94
Error	657,111	48	13,69			
Total	1150	80				

Comment 1 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 2 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 3 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 4 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 5 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 6 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Şekil 4. Type II Sudoku deneme deseni için 3x3 lük karede örnek uygulamla sonuçları.

SUDOKU DESIGNS	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Squares	F-ratio	Tablo Value %5	Tablo Value %1
Treatments	105,778	8	13,222	0,825	2.18	2.99
Row Blocks	25,407	2	12,704	0,793	3.23	5.18
Column Blocks	69,556	2	34,778	2,17	3.23	5.18
Row	152,444	8	19,056	1,189	2.18	2.99
Column	123,556	8	15,444	0,964	2.18	2.99
H_Squares within RB	85,704	6	14,284	0,891	2.34	3.29
V_Squares within CB	41,555	6	6,926	0,432	2.34	3.29
Error	640,963	40	16,024			
Total	1150	80				

Comment 1 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 2 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 3 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 4 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 5 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 6 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 7 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Şekil 5. Type III Sudoku deneme deseni için 3x3 lük karede örnek uygulama sonuçları.

← → ↻ localhost/sudoku/sudoku/sudoku/type4hesap.asp

SUDOKU DESIGNS	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Squares	F-ratio	Tablo Value %5	Tablo Value %1
Treatments	105,778	8	13,222	0,908	2.18	2.95
Row Blocks	25,407	2	12,704	0,872	3.23	5.12
Column Blocks	69,556	2	34,778	2,387	3.23	5.12
Rows within BR	127,037	6	25,407	1,744	2.34	3.24
Column within BC	54	6	20,593	1,414	2.34	3.24
H_Squares within RB	85,704	6	14,284	0,981	2.34	3.24
V_Squares within CB	41,555	6	6,926	0,475	2.34	3.24
Error	640,963	44	14,567			
Total	1150	80				

Comment 1 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 2 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 3 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 4 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 5 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 6 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Comment 7 = Treatment effect was found statistically insignificant.

Şekil 6. Type IV Sudoku deneme deseni için 3x3 lük karede örnek uygulama sonuçları.

## 5. Tartışma ve Sonuç

Çok fazla heterojenlik kaynağı barındıran denemelerde söz konusu heterojenlik kaynaklarının etkisinin hesaplanarak hata üzerindeki paylarının hesaplanmasını ve böylece deneme hatasının en aza indirilmesini sağlayabilen Sudoku deneme desenlerinin çözümü üzerine yapılan bu çalışmada gerekli görülen lüzum üzerine Web tabanlı bir yazılımda geliştirilmiştir. Yazılımın dili uluslararası kullanılabilirliğini artırmak amacıyla İngilizce olarak belirlenmiştir.

Sudoku deneme desenlerinin pek çok faktör ve heterojenlik kaynağının denemelerde etkili olduğu özellikle tarım gibi alanlarda çalışan bilim insanlarına faydalı olacağı düşünülmektedir.

## Katkı Oranı Beyanı

Yazar(lar)ın katkı yüzdesi aşağıda verilmiştir. Tüm yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	B.H.	H.Ö.
K	30	70
T	80	20
Y	10	90
VTI	100	
VAY	90	10
KT	80	20
YZ	90	10
KI	90	10
GR	100	
PY	50	50
FA		100

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

## Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

## Etik Onay Beyanı

Bu çalışmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

## Destek ve Teşekkür Beyanı

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Proje Yönetim Ofisi tarafından PYO.ZRT.1904.17.047 kodlu proje kapsamında desteklenmiş olup birinci yazarın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

## Kaynaklar

- Bek Y, Efe E. 1989. Araştırma ve Deneme Metodları 1. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana, Türkiye, pp: 71.
- Cochran WG, Cox GM. 1957. Experimental Designs, 2nd ed. John Wiley and Sons, New York, US, pp: 471.
- Çelik Ş. 2012. Tesadüf blokları deneylerde tam gözlemle kayıp gözlemi tahmin ederek nispi etkinliğin karşılaştırılması: Tarım verilerinde uygulaması. Iğdır Univ J Inst Sci Tech, 2(4): 49-54.
- Danbaba A, Shehu A. 2016. On the combined analysis of sudoku square designs with some common treatments. Int J Stat Appl, 6(6): 347-351.
- Derici Yıldırım D, Taşdelen B. 2012. Deneysel araştırmalarda latin kare deneme düzenlerinin kullanımı. Mersin Üniv Sağlık Bil Derg, 5(2): 2-4.
- Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu F. 1987. Araştırma ve deneme metodları (İstatistik Metodları-II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, Türkiye, pp: 33-48.
- Önder H. 2007. Using permutation tests to reduce type I and II errors for small ruminant research. J Appl Anim Res, 32(1): 69-72.
- Saba MFA, Sinha BK. 2014. SuDoKu as an experimental design - Beyond the traditional latin square design. Int J Stat Appl, 12(1): 15-20.
- Subramani J, Ponnuswamy KN. 2009. Construction and analysis of sudoku designs. Model Assist Stat Appl 4: 287-301.
- Yıldız N, Bircan H. 1991. Araştırma ve deneme metodları. Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara, Türkiye, pp: 1-9.