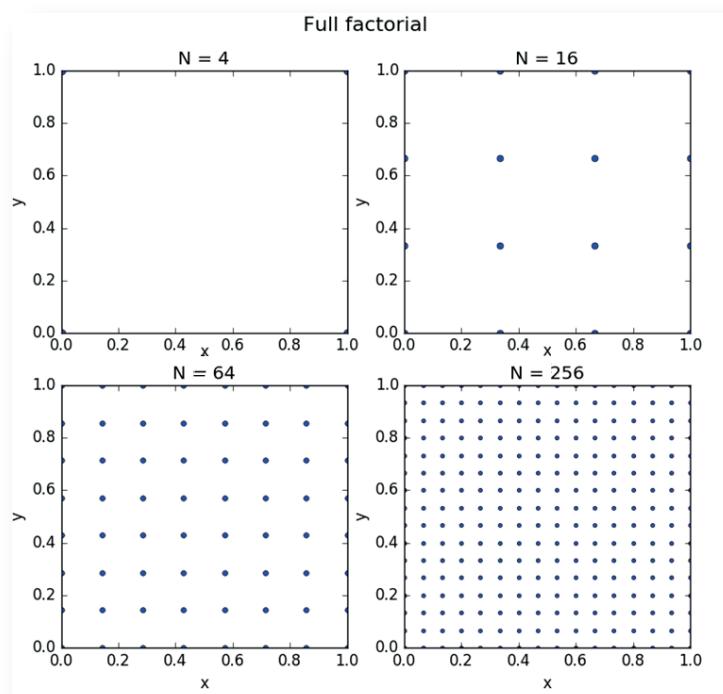


# TEKNİK DOKÜMAN



ODYSSEE CAE

Bu yazımızda Odyssee programında en çok kullanılan dağıtım metotları tanıtılmış bu metodların çalışma prensiplerinden bahsedilmiştir.



Authorised Hexagon Partner

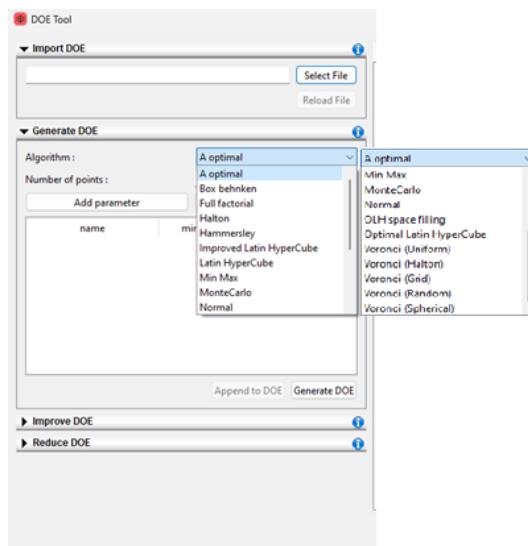
# ODYSSEE DOE ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN DAĞITIM METOTLARI - 1



Tarih: GG/06/2024

## Giriş

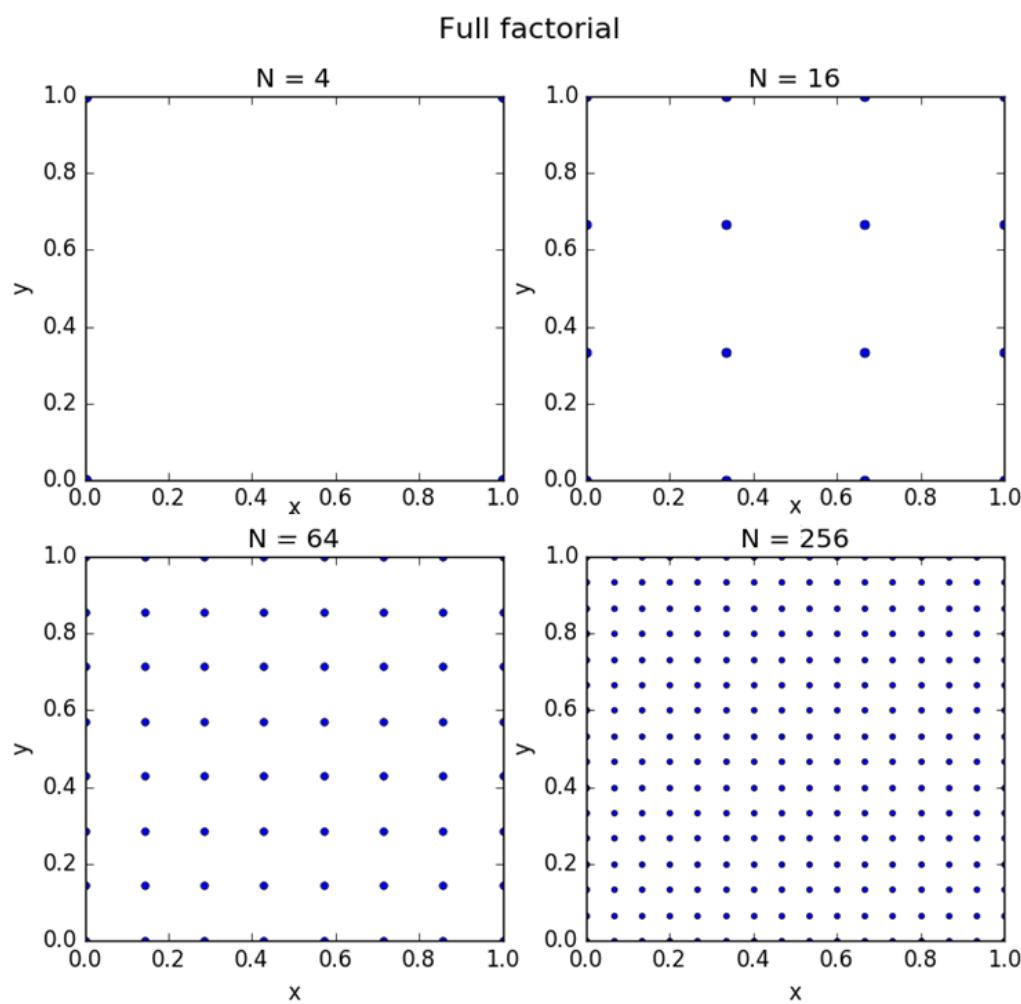
Modern mühendislik çalışmalarında, karmaşık problemleri çözmek ve optimize etmek için veri odaklı yaklaşımlar giderek önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, deneysel tasarım (Design of Experiments-DOE), sistematik bir yöntem olarak dikkat çekmektedir. DOE, belirli değişkenlerin tasarım performansı üzerindeki etkisini değerlendirdir ve bu değişkenlerin etkileşimlerini analiz ederek en iyi sonuçları elde etmeyi hedefler. Bu yöntem, deneylerin sayısını minimize ederek, veri toplama sürecini optimize eder ve analiz edilen tasarımın performansını artırmak için değerli bilgiler sağlar. DOE, değişkenlerin marjinal değerleri arasında farklı değerlerin dağılımıyla gerçekleşmektedir. Dağıtım metotları, deneylerde kullanılacak verinin seçiminde ve sonuçların yorumlanması sırasında kullanılan istatistiksel dağılımları ifade eder. Bu metotlar, ara değerlerin nasıl seçildiğini ve tasarımların nasıl planlandığını belirlerken, aynı zamanda elde edilen sonuçların güvenilirliği üzerinde de etkili olurlar. Bu nedenle DOE çalışmasında kullanılan dağıtım metodu, çalışmanın verimliliği ve performansı açısından önemli bir faktördür. Bu yazımızda Odyssee programında en çok kullanılan dağıtım metotları tanıtılmıştır.



Şekil 1: DOE Aracında Kullanılan Algoritmalar

## Full Factorial Metodu

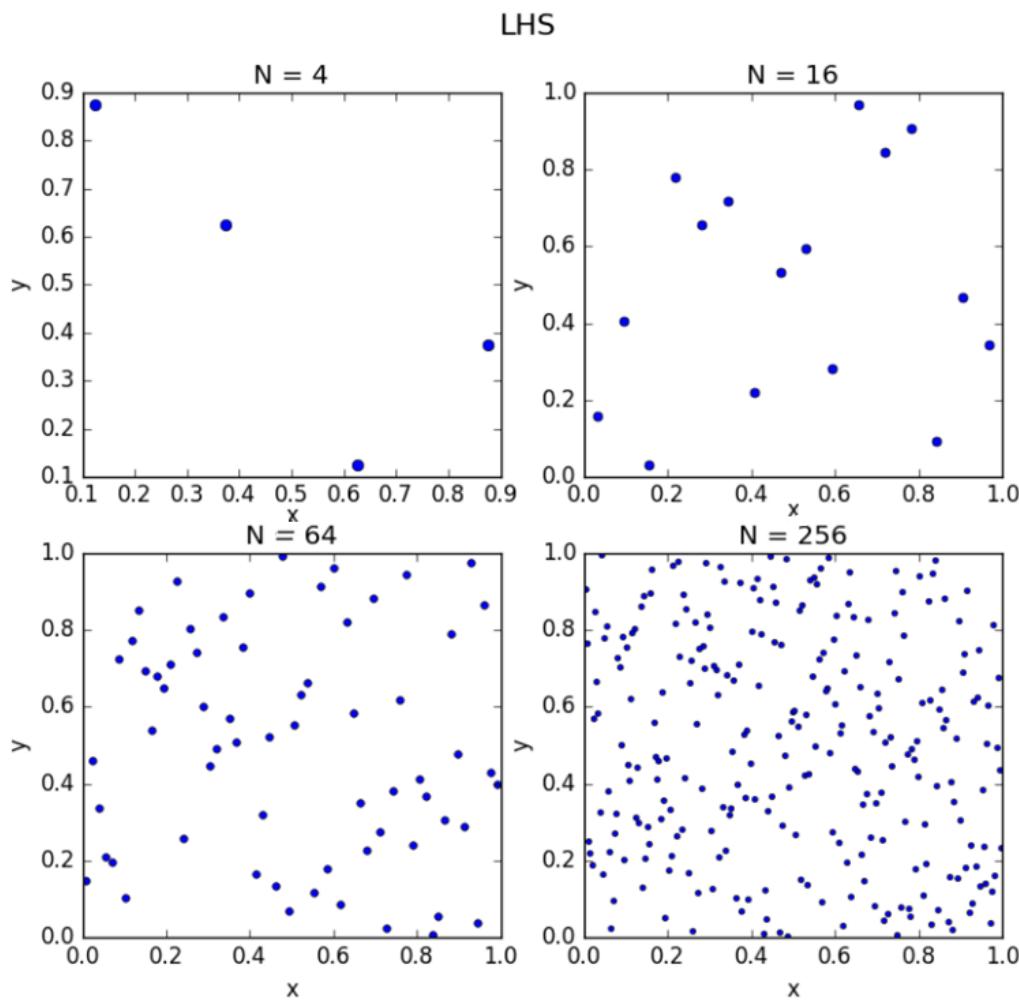
Full factorial metodu en basit ve düz olan istatiksel dağıtım metodudur. Bu metot, tasarım değişkenlerinin tüm olası kombinasyonlarını sıralar. Tasarım üzerindeki tüm değişkenler için belirlenen değerler atanır ve bu şekilde değişkenlerin birbirleri ile olan etkileşimleri gözlenir. Bu metot, değişkenlerin tasarım üzerindeki etkisini açık bir şekilde inceleme imkânı tanımaktadır. Basit bir çeşitlendirme yaklaşımına sahip olduğu için de deneysel tasarımlar hızlı bir şekilde üretilecektir. Fakat tasarım üzerindeki toplam değişken sayısı arttıkça deneysel tasarımların sayısı hızlı bir şekilde artabilmektedir. Bu konuya dikkat edilmesi gerekmektedir. Aşağıdaki görselde farklı örnek sayısına sahip Full Factorial dağılımları mevcuttur.



Şekil 2: Full Factorial Metodu Dağılımı

## Latin Hypercube Metodu

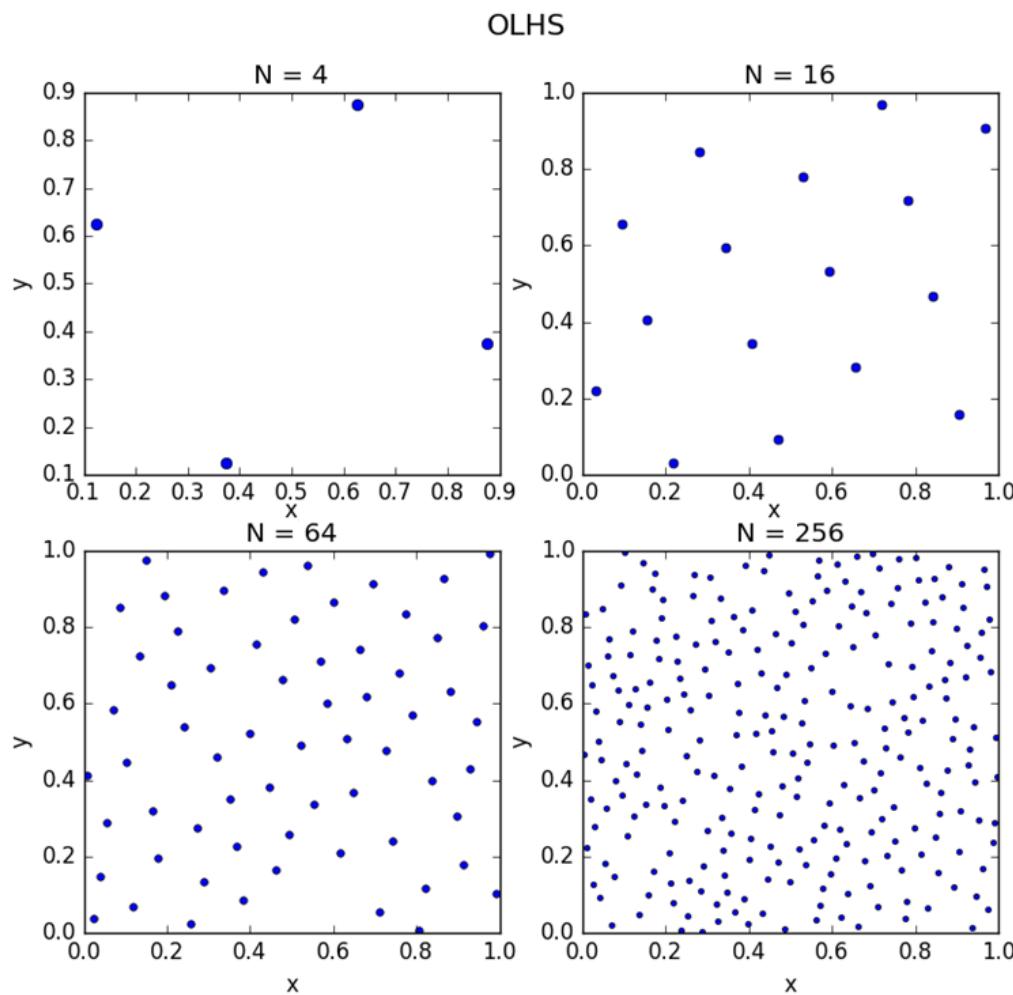
Latin Hypercube (LH) metodu, oldukça popüler ve etkili bir örnekleme metodudur. Geleneksel rastgele örnekleme metodlarına göre daha dengeli ve kapsayıcı örnekler sunabilmektedir. Latin Hypercube, tüm değişkenlere aynı miktarda farklı değer ataması gerçekleştirir. Marjinal değerler üst üste kullanılırken, ara değerler birbirleriyle rastgele çaprazlanır ve bu şekilde kapsamlı bir çeşitlilik oluşturulur. Bu metodun temel amacı parametrelerin alacağı değerlerin seçiminde bir taraftan homojenliği sağlarken diğer taraftan marjinal değerleri göz önünde bulundurmaktır. Aşağıdaki görselde farklı örnek sayısına sahip Latin Hypercube dağılımları mevcuttur.



Şekil 3: Latin Hypercube Metodu Dağılımı

## Optimal Latin Hypercube Metodu

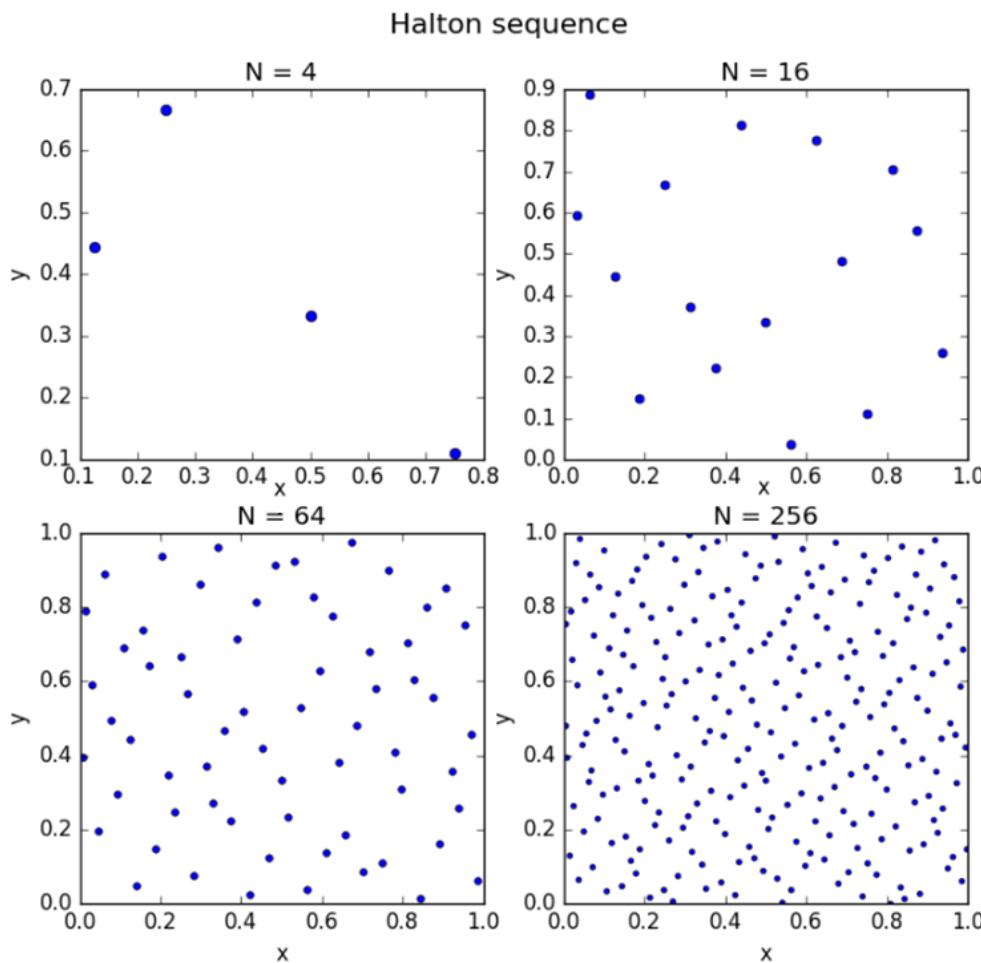
Optimal Latin Hypercube (OLH) metodu, Latin Hypercube (LH) metodunun geliştirilmiş bir versiyonudur. Latin Hypercube metodundan farklı olarak, değişkenlerin alacağı ara değerler rastgele çaprazlama yoluyla atanmamaktadır. OLH metodunda değişkenlerin alacağı ara değerler bir takım matematiksel yöntemler kullanılarak bir seçim işlemi sonucunda örneklendirilir. Bu seçim ara değerler için parametre uzayının parçalanması ve her parçadan bir örnek alınıp diğer parametrelerle eşleştirilmesi yoluyla yapılır. Rastgele bir eşleşmeden kaçındığı için elde edilen örnekler daha kapsayıcı olmaktadır ve parametrelerin arasındaki ilişkiyi daha kaliteli bir şekilde temsil edebilmektedir. Bu güçlü temsil yeteneği LH metoduna göre bir ayrıcalık olarak düşünülebilir. Bununla beraber örneklemenin daha belirli algoritmalarla oluşturulması, rastgele oluşturulmasına göre daha fazla zaman alacaktır. Tasarım üzerindeki değişken sayısının arttıkça LH ve OLH metodlarının arasındaki işlem süresi farkı yüz kadaa ulaşabilmektedir.



Şekil 4: Optimal Latin Hypercube Metodu Dağılımı

## Halton Metodu

Halton metodu, düşük sapma (low-discrepancy) özelliğine sahip rastgele değer atama metodudur. Özellikle az değişkenli problemlerde performansıyla öne çıkmaktadır. Bu metot, sahip olduğu değişken sayısına göre asal tabanlar kullanmaktadır. Asal tabanların kullanımı, değişkenlerin alacağı değerlerin birbirleriyle ilişkili olma ihtimalini azaltır ve daha homojen bir dağılım sağlar. Halton metodunun avantajlarından biri de hızlı tasarım üretebilme kabiliyetidir. Kullanıcının isteğine göre, örnek tasarım sayısı düşük bir zaman maliyeti karşılığında arttırılabilir. Tasarım üzerindeki değişken sayısı arttıkça, Halton metodunun performansının azalacağı her zaman göz önünde bulundurulmalıdır. Aşağıdaki görselde farklı örnek sayısına sahip Halton dağılımları mevcuttur.



Şekil 5: Halton Metodu Dağılımı

## Box-Behnken Metodu

Box-Behnken metodu, değişkenler arasındaki etkileşimleri belirlemek ve optimal değerleri bulmak için kullanılan deneysel bir örnekleme tekniğidir. Değişkenler arası etkileşimi incelemek için sistemli bir yaklaşım sahiptir. Bu sistem 4 işleminden oluşmaktadır. Birinci adım değişkenlerin ve seviyelerinin incelenmesidir. Her bir değişken için 3 değer seviyesi seçilir: düşük, orta ve yüksek. Kesiksiz değerler için düşük ve yüksek değerleri, alt ve üst sınırlarını ifade etmektedir ve orta değer, alt ve üst sınırların ortalamasını alarak bulunur. İkinci adımda değişkenlerin düşük, orta ve yüksek değerleri, birbirleri arasında eşleştirilmektedir. Bu eşleştirme olurken yüksek ve düşük değerler birbirleri arasında çaprazlanırken, orta değerler üst üste eklenmektedir. Eşleştirme tamamlandıktan sonra üçüncü adıma geçilir ve verilen değerler kullanılarak örnek tasarımlar oluşturulur. Toplam tasarım sayısı bu adımda, tasarımdaki değişken sayısına bağlı olarak belirlenir. Son olarak, dördüncü adımda oluşturan tasarımların analizi yapılır ve değişkenler arasındaki etkileşim gözlemlenebilir hale gelir. Aynı zamanda tasarımın optimizasyonu da gerçekleşmiş olur.

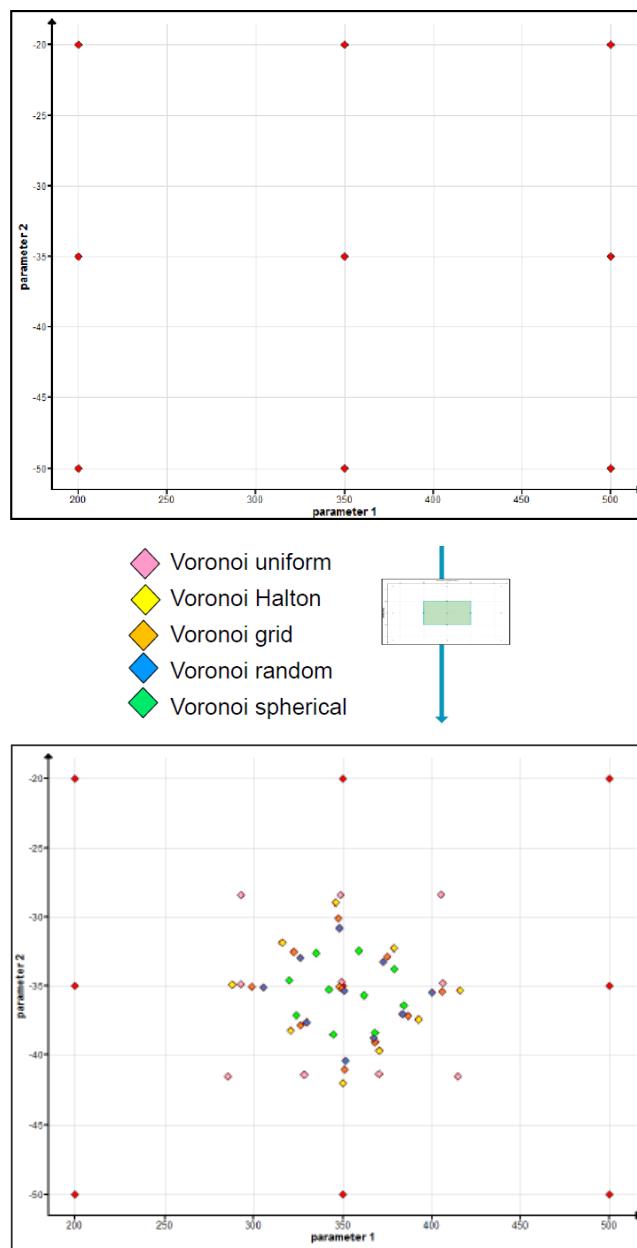
Aşağıdaki örnekte iki değişkene sahip olan bir tasarımın (değişken i ve değişken j) Box-Behnken metodu ile örneklendirme süreci verilmiştir. Değişken i ve değişken j'nin yüksek ve düşük değerlerini kullanılarak dört adet örnek oluşturulmuştur. Bu dört örneğe ek olarak, değişkenlerin orta değerleri de tek bir örnek için kullanılmıştır ve toplam örnek sayısı beş olmuştur.

$$\begin{aligned}
 & (\underbrace{\text{mean}, \dots, \text{mean}}_{i}, \underbrace{\text{low}, \text{mean}, \dots, \text{mean}}_{j}, \underbrace{\text{low}, \text{mean}, \dots, \text{mean}}_{j}), \\
 & (\underbrace{\text{mean}, \dots, \text{mean}}_{i}, \underbrace{\text{low}, \text{mean}, \dots, \text{mean}}_{j}, \underbrace{\text{high}, \text{mean}, \dots, \text{mean}}_{j}), \\
 & (\underbrace{\text{mean}, \dots, \text{mean}}_{i}, \underbrace{\text{high}, \text{mean}, \dots, \text{mean}}_{j}, \underbrace{\text{low}, \text{mean}, \dots, \text{mean}}_{j}), \\
 & (\underbrace{\text{mean}, \dots, \text{mean}}_{i}, \underbrace{\text{high}, \text{mean}, \dots, \text{mean}}_{j}, \underbrace{\text{high}, \text{mean}, \dots, \text{mean}}_{j}), \\
 & (\text{mean}, \dots, \text{mean}, \text{mean}, \text{mean}, \dots, \text{mean}, \text{mean}, \text{mean}, \dots, \text{mean}).
 \end{aligned}$$

Eşitlik 1: Box-Behnken Metodu Örnekleme Algoritması

## Voronoi Metodu

Voronoi metodu, bir parametre uzayını verilen değerlere yakın bölgelere ayırma ve bu bölgelerin konumlarını belirleme amacıyla kullanılan matematiksel bir yöntemdir. Voronoi bölgesi veya voronoi hücresi, parametrelerin alabileceği devamlı değerlerin, kullanıcıdan alınan referans değere en yakın komşu değerler üretilmesi ve tüm bu değerleri içerecek bölgeler oluşturulmasıyla elde edilir. Bu metot Voronoi Uniform, Voronoi Halton, Voronoi Grid, Voronoi Random ve Voronoi Spherical olmak üzere birden fazla kullanım tarzına sahiptir. Oluşturulan hücreler bu kullanım tarzlarına bağlı olarak, şekli ve yapısı itibariyle birbirinden farklılıklar gösterebilmektedir.



**Şekil 6: Voronoi Metodu Dağılımı**

## Kaynaklar

1. Odyssee CAE Eğitim Dokümanı (2024) – DOE Tool bölümü
2. Aurenhammer, Franz (1991). "Voronoi Diagrams – A Survey of a Fundamental Geometric Data Structure". ACM Computing Surveys
3. Kuipers, L.; Niederreiter, H. (2005), Uniform distribution of sequences
4. Iman, R.L.; Davenport, J.M.; Zeigler, D.K. (1980). Latin hypercube sampling (program user's guide).