

ROMAX İLE DOE VE OPTİMİZASYON ÇALIŞMALARI

HAZIRLAYAN

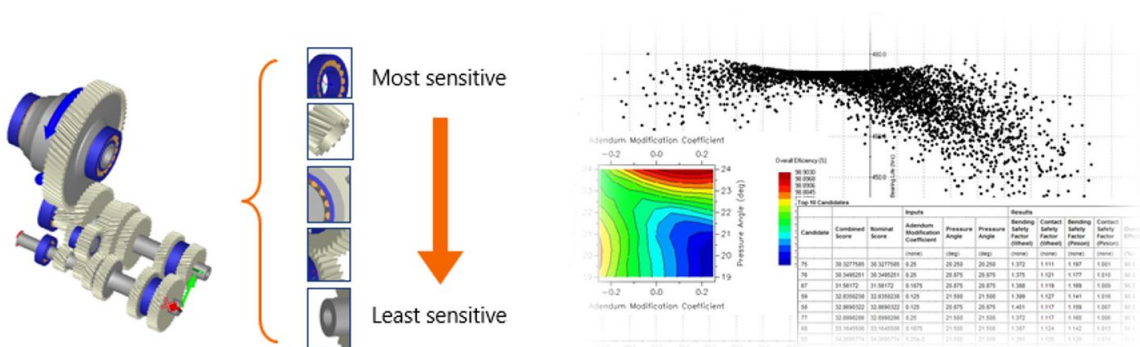
Eren Morgil
Mekanik Simülasyon
Mühendisi

Tarih: 14/05/2024

1. GİRİŞ

Deney tasarımı (Design of Experiment – DOE) ve optimizasyon çalışmaları, belirli sistem değişkenleri ve değişken değerler üzerinden sistem davranışının incelenmesinde yardımcı olmaktadır. Yapılan çalışmalarla beraber; bir prototip modelin performansı, üretim sürecinin verimi veya nihai bir ürünün kalitesi ölçülebilmektedir.

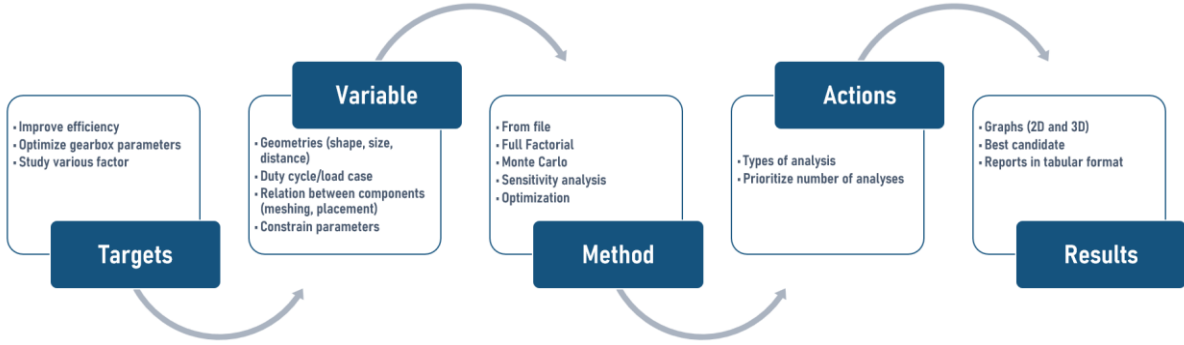
Yapılan çalışmalarda, kullanılacak değişken değerlerinin nasıl dağılacağı DOE metotları ile belirlenerek tasarım uzayı veya tasarım matrisi oluşturulabilmektedir. Tasarım uzayını oluşturabilmek için Full Factorial, Fractional Factorial, Plackett-Burman, D-Optimal, Latin Hypercube, Monte Carlo gibi DOE metotları ya da optimizasyon algoritmaları kullanılabilir.



Şekil 1 – Romax'ta Deney Tasarımı (Sensitivity ve Monte Carlo) Örnekleri

2. ROMAX – DENEY TASARIMI (DOE) VE OPTİMİZASYON SÜRECİ

Deney tasarımı ve optimizasyon çalışmalarında genellikle belirli bir iş akışı mevcuttur. İlk olarak yapılacak çalışmanın amacı belirlenmektedir. Ardından çalışmanın amacına uygun olarak sistem değişkenleri ve metod belirlenmektedir. Romax'ta ise bu süreç, beş adımdan oluşmaktadır (Şekil 2):

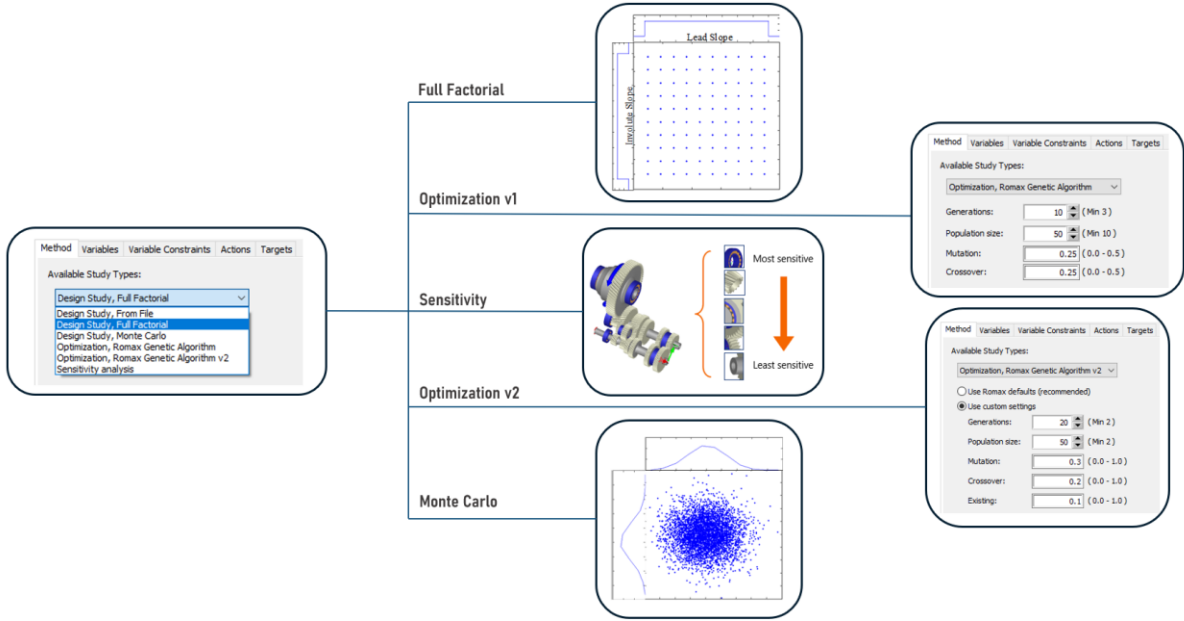


Şekil 2 – Romax'ta Deney Tasarımı veya Optimizasyon İş Akışı

2.1. Çalışma Metodunun Belirlenmesi

Romax'ta deney sürecinin ilk aşaması, çalışma metodunun belirlenmesiyle başlamaktadır. Romax içerisinde Full Factorial, Sensitivity ve Monte Carlo ile DOE çalışmaları gerçekleştirilebilmektedir:

- **Full Factorial:** Deneyde kullanılacak değişkenlerin tüm permütasyonları incelenerek gerçekleştirilen bir çalışmadır. Değişkenin belirlenen minimum maksimum aralığını eşit parçalara bölerek çoklu denemeler gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Birden fazla sistem değişkeniyle çalışma ortamı sağlayarak değişkenler arasındaki etkileşim incelenebilmektedir. Ancak burada, faktöriyel hesabı yapıldığından dolayı değişken sayısı arttıkça deneme sayısı da önemli ölçüde artabilmektedir.
- **Sensitivity:** Full Factorial metodu, tüm tasarım değişikliklerini bir arada incelerken, Sensitivity analizi, bir tasarımın bireysel olarak değişkenlere olan duyarlılığını incelemektedir. Tek bir değişken üzerinden gerçekleştirildiği için çok daha hızlı çözüm alınabilmektedir. Ancak aynı anda yalnızca bir değişkenin etkisini içerdiğinden dolayı sistem hakkında sınırlı bilgi vermektedir. Sensitivity metodu, bir tasarım üzerinde hangi değişkenin veya değişkenlerin en önemli etkiye sahip olduğunu saptamak için kullanılabilir.
- **Monte Carlo:** Tanımlanan deneme sayısına göre değişken rastgele değerler alması sonucu deneyler gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Üretim toleranslarının etkisinde sistem performansını tahmin etmek amacıyla kullanılabilir. Tanımlanan deneme sayısı artışına bağlı olarak sistem sınırları da daha iyi tayin edilebilmektedir.



Şekil 3 – Romax İçerisindeki Deney Tasarımı ve Optimizasyon Metotları

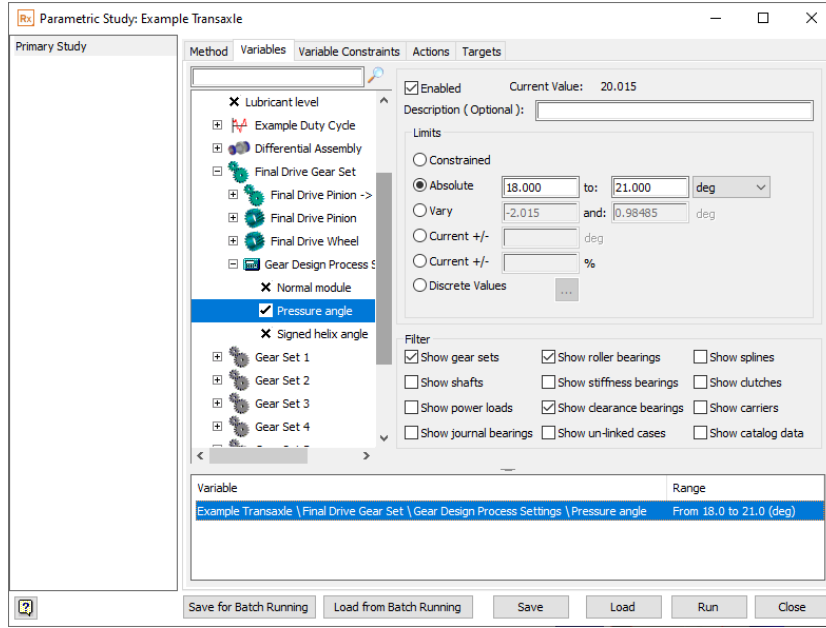
Optimizasyon çalışmaları için Romax'ta iki farklı algoritma bulunmaktadır:

- **Optimization, Romax Genetic Algorithm:** Yapılacak çalışmanın hedefleri doğrultusunda, tasarım değişkenlerinin optimum değerlerini bulmayı sağlayan permütasyon tabanlı bir algoritma kullanılmaktadır.
 - "Generation" seçeneği, çalışmada kullanılacak iterasyon sayısını,
 - "Population Size" seçeneği, her iterasyonda kullanılacak deneme sayısını,
 - "Mutation" seçeneği, her iterasyonda kullanılacak değerlerin çeşitliliğini,
 - "Crossover" seçeneği, bir sonraki iterasyonda kullanılacak değişkenlerin bir ölçütü olarak tanımlamaktadır.
- **Optimization, Romax Genetic Algorithm V2:** İlk optimizasyon algoritmasının (Romax Genetic Algorithm) güncellenmiş bir sürümüdür. Optimum tasarıma ulaşılması için daha gelişmiş bir mutasyon kodu içermektedir.

2.2. Tasarım Değişkenlerinin Belirlenmesi

İkinci aşama, çalışmada kullanılacak sistem veya tasarım değişkenlerinin tanımlanmasıdır. Şekil 4'de görüldüğü gibi değişkenler ve değer aralıkları yapılacak çalışmanın amacına göre belirlenebilmektedir.

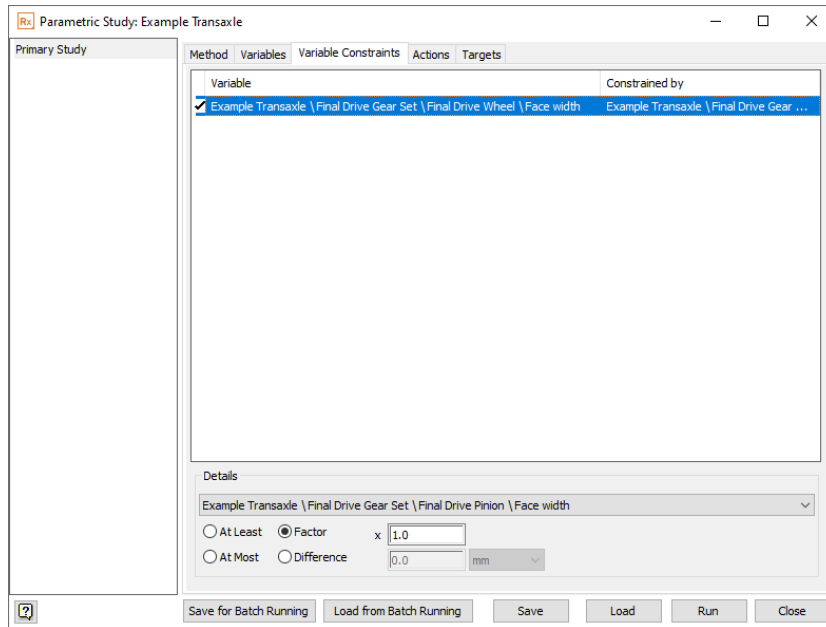
- "Description" seçeneği, değişkenin çalışmada kullanılacak ismini,
- "Limits" seçeneği, değişken değer aralıklarını tanımlamaktadır.



Şekil 4 – Sistem veya Tasarım Değişkenlerinin Tanımlanması

2.3. Sistem Kısıtlarının Belirlenmesi

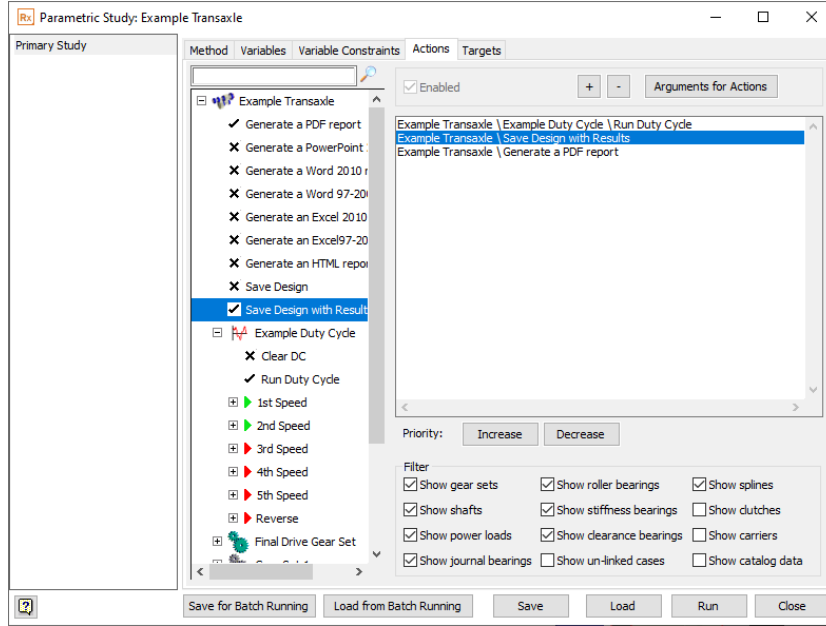
Üçüncü aşamada, sistem kısıtları tanımlanabilmektedir. Bir değişkenin değerlerini diğer değişkenin değerlerine göre kısıtlayan bir seçenek olarak kullanılabilir. Yapılacak denemelerdeki tanımlanan iki sistem değişkeni için aynı değerlerin kullanılması veya birbirine göre ne kadar farklı olacağı gibi durumlar belirtilebilmektedir.



Şekil 5 – Sistem Kısıtlarının Belirlenmesi

2.4. Gerçekleştirilecek Analizlerin veya Eylemlerin Belirlenmesi

Dördüncü aşamada, deneyde kullanılacak değişkenler için hangi analizlerin ve/veya hangi eylemlerin gerçekleştirileceği tanımlanabilmektedir. Seçilen eylem sırasına göre deneyler gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin tanımlanan değişkenlere göre dişli mikro-geometri modifikasyonu yapılacak mı, deneyler hangi yükleme senaryosuna (load case) göre tamamlanacak gibi tanımlamalar yapılabilmektedir.

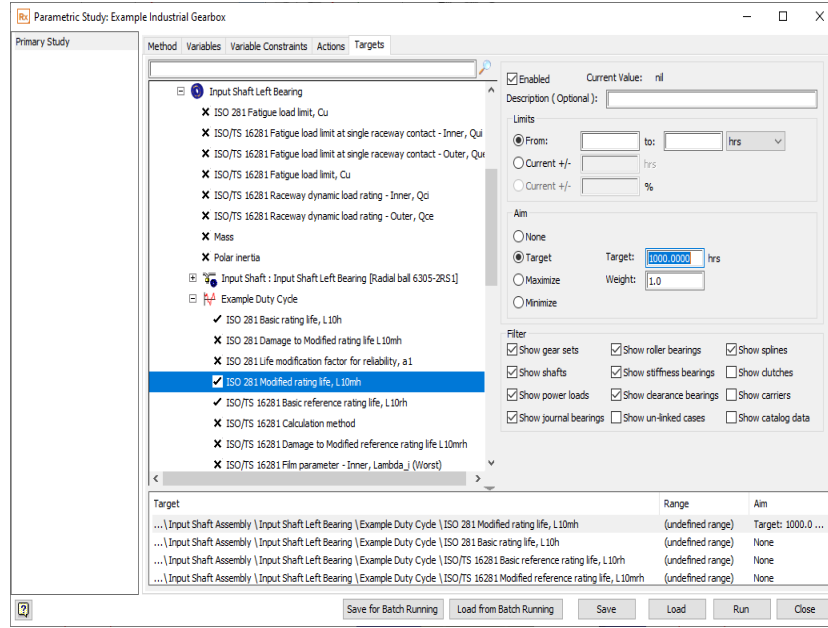


Şekil 6 – Deneyde Uygulanacak Eylemlerin Belirlenmesi

2.5. Deney Hedefinin Belirlenmesi

Deneyin son aşaması, çıktı hedeflerinin belirlenmesidir. Yapılan çalışmanın amacına uygun olacak şekilde çıktılar belirlenebilmektedir. Örneğin, sistem verimliliğinin iyileştirilmesi, rulman ömrünün incelenmesi, dişli güvenlik katsayısının artırılması gibi amaca yönelik sonuç çıktıları da tanımlanabilmektedir.

- “Description” seçeneği ile sonuçlara isim tanımlanabilirken,
- “Limits” ve “Aim” seçenekleri ile sistemi en çok etkileyen tasarım değişken değerleri belirlenebilmektedir.



Şekil 7 – Çıktı Hedeflerinin Belirlenmesi

3. REFERANS

- i. Romax Online Help Documentation
- ii. Hexagon – Nexus Documentation Center
- iii. DOE1: Design of Experiments
- iv. G3: Micro-geometry Optimization