

EME 3117

SİSTEM SİMULASYONU

Sonsuz Ufuk Simulasyon (Kararlı Hal Simulasyonu)

Ders 14

Hatırlatma

Gözleme ve Zamana Dayalı Performans Ölçümleri

Gözleme Dayalı

- Ortalama sistem süresi
- Ortalama kuyruk süresi

Zaman Dayalı

- Sistemde ortalama varlık sayısı
- Kuyruktaki ortalama varlık sayısı
- Makine kullanım oranı

Hatırlatma

Sonlu Ufuk Simulasyonda, belirli bir başlangıç ve sonlandırma koşulu söz konusudur.

- Bir işgünü süresince perakendeci satışları
- Proje analizi
- Bir iş istasyonundaki bir partinin üretim süresi
- Askeri simulasyonlar

Her bir gözlem aynı başlangıç ve sonlandırılmalı simulasyon yinelemelerinden elde edilir.

İstatistiksel Varsayımlar

Sonlu Ufuk durumunda istatistiksel analizler, aşağıdaki 3 temel varsayıma dayandırılır:

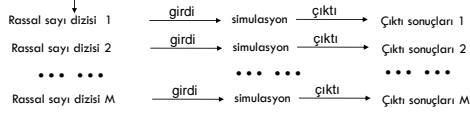
- Gözlemler bağımsızdır.
- Gözlemler, özdeş dağılımlardan örneklenir.
- Gözlemler, normal dağılımdan çekilir (veya Merkezi Limit Teoremine başvurmak için gözlemler yeterince fazladır).

Bu gereksinimler, rassal örneklemeler üretmek için simulasyonun bağımsız yinelemeleriyle karşılanır.

Bağımsız Yinelemeler

Her bir yinelemede farklı bir rassal sayı dizisi kullanarak simülasyonu aynı başlangıç koşullarıyla yeniden koştururuz ve farklı çıktılar elde ederiz.

Simülasyon süresince kullanılması gereken rassal sayı dağılımı (GAS, Servis Süreleri)



Sonsuz Ufuk Simülasyonu (Kararlı Hal Simülasyonu)

Sonsuz Ufuk: Bir sonsuz ufuk simülasyonda iyi bir şekilde tanımlanmış sonlanma zamanı yada sonlanma koşulu yoktur. Planlama periyodu, sistemin ömrüdür ve kavramsal bakış açısıyla sonsuza kadar sürer.

Sonsuz ufuk simülasyonları sıklıkla, kararlı durum (steady state) simülasyonları diye isimlendirilir. Çünkü sonsuz ufuk simülasyonunda sistemin uzun dönemdeki yada kararlı haldeki davranışıyla ilgilenilir.

- ✓ Kararlı hal çıktısını ölçmekle ilgilendiğimiz bir fabrika
- ✓ Haftanın 7 günü, 24 saat açık olan bir hastanenin ilk yardım bölümü
- ✓ Her zaman çalışır durumda olan bir telekomünikasyon sistemi

Sonsuz Ufuk Simülasyonu (Kararlı Hal Simülasyonu)

- Sonlu Ufuk durumunda çoklu bağımsız yinelemeler metodu, geleneksel tekniklerle analiz edilebilen rassal bir örneklem oluşturduğu için kolaydır.
- Sonsuz ufuk simülasyonları genellikle sadece 1 uzun yinelemeye dayanır.

Sonsuz Ufuk Simülasyonu MM1 Kuyruğu Kararlı Hal Simülasyonu

- λ : Hastaların ortalama geliş hızı (gelen hasta/saat)
- μ : Hastaların ortalama servis hızı olsun (servis gören hasta/saat)
- ρ : Eczacının ortalama kullanım oranı (meşgul olma olasılığı)
- L_q : Kuyruktaki ortalama hasta sayısı
- W_q : Hastaların ortalama kuyruқта bekleme süresi

$$\lambda = 1 \text{ (hasta/dakika)}$$

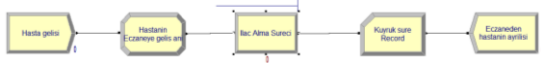
$$\mu = 10/7 \text{ (hasta/dakika) olsun.}$$

Sonsuz Ufuk Simulasyonu MM1 Kuyruğu Kararlı Hal Simulasyonu

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{1}{10/7} = 0.70$$

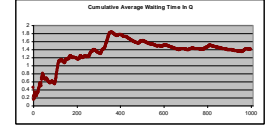
$$Lq = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.70 \times 0.70}{1-0.70} = 1.633 \text{ hasta}$$

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda} = \frac{1.633}{1} = 1.633 \text{ dakika}$$

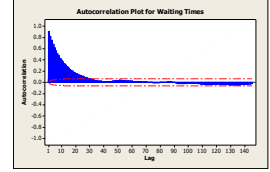


Başlangıç Koşullarının Etkisi Kuyruk Süreleri (M/M/1 Kuyruğu)

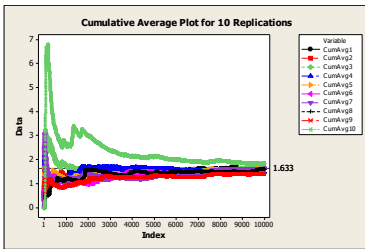
- Özdeş Dağılımama
1. müşterinin dağılımı, 1000. müşterinin dağılımıyla aynı olmayabilir.



- Yüksek pozitif otokorelasyon
Eğer bir müşteri uzun süre kuyruktaki beklerse, sonraki müşteri de sıklıkla uzun süre bekler (tersi de doğru).



Başlangıç Koşullarının Etkisi



Simülasyon süresi uzadıkça, birikimli ortalama kuyruk süresi, teorik kararlı hal ortalama bekleme süresine yaklaşır.

Başlangıç Koşullarının Etkisi

20 Müşteri için 10 yineleme

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda} = \frac{1.633}{1} = 1.633 \text{ dakika}$$

r	\bar{W}_r	$B_r = \bar{W}_r - W_q$
1	0.194114	-1.43922
2	0.514809	-1.11852
3	1.127332	-0.506
4	0.390004	-1.24333
5	1.05056	-0.58277
6	1.604883	-0.02845
7	0.445822	-1.18751
8	0.610001	-1.02333
9	0.52462	-1.10871
10	0.335311	-1.29802
	$\bar{W} = 0.6797$	$\bar{B} = -0.9536$

Sonsuz Ufuk Simulasyon

Görüldüğü üzere M/M/1 kuyruğu simulasyonunda 3 temel istatistiksel varsayımın tümü sağlanamamıştır. Sonsuz Ufuk Simulasyonun gerçekleştirilebilmesi için bu varsayım ihlallerinin hafifletilmesi gerekir.

Bunun için 2 temel yöntem kullanılır:

- Çoklu yinelemeler gerçekleştirmek.
- Çok uzun tek bir yineleme gerçekleştirmek.

Her iki yöntem de öncelikle gözlemlerin durağanlaştığı zamanı belirlemeyi gerektirir.

Isınma (Warm Up) Periyodu

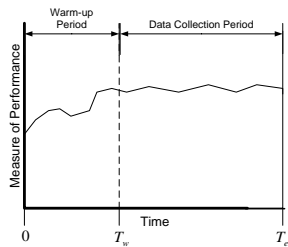
Eğer kararlı hal dağılımı varsa ve simulasyonu yeterince uzun çalıştırırsanız, tahminçiler istenen miktara yakınsar.

Simulasyonun çalışma uzunluğu ne kadar olmalıdır?

Başlangıç koşullarının etkisiyle nasıl baş edersiniz?

Isınma (Warm Up) Periyodu

- Buradaki düşünce kararlı hale kadar performans istatistiklerini dikkate almamaktır.
- İstatistikler ısınma periyodundan sonraki sürede toplanır ve raporlanır.
- Arena'da ısınma periyodunu ayarlamak için Run > Setup > Replication Parameters paneli kullanılabilir.



Isınma Periyodunun Belirlenmesi Welch Prosedürü

* Simulasyonu R yineleme çalıştır. Tipik olarak $R \geq 5$ olması tavsiye edilir.

* $Y_r, i = 1, 2, \dots, n$ ve $r = 1, 2, \dots, R$ olmak üzere, r yinelemenin i. yineleme içi gözlemi olsun.

* Her $i = 1, 2, \dots, n$ için yinelemeler arası ortalamaları hesapla.

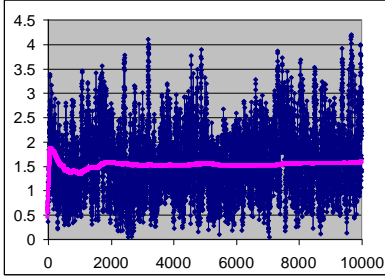
$$\bar{Y}_i = \frac{\sum_{r=1}^R Y_{ri}}{R}$$

* Her $i = 1, 2, \dots, n$ için \bar{Y}_i grafiğini çiz.

* $\bar{Y}_i, i = 1, 2, \dots, n$ 'e düzeltme teknikleri uygula.

* Grafiğin yakınsamaya başladığı yeri görsel olarak değerlendir.

Welch Grafiği



10 yinelemenin
ortalaması

Simulasyonda Yineleme Uzunluğunun Belirlenmesi

Simulasyonun yineleme uzunluğu silinen veri miktarının (ısınma periyodunun) en az 10 katı olmalıdır.

$$n \geq 10d \quad \text{Varlık sayısı terimiyle}$$

$$T_e \geq 10T_w \quad \text{Süre terimiyle}$$

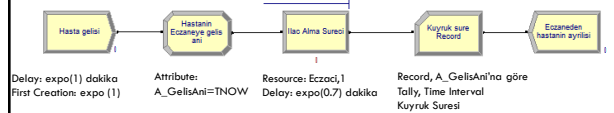
ARENA'da Isınma Periyodunun Belirlenmesi

Arena Output Analyzer:

- Birikimli ortalama ve diğer düzeltme tekniklerinin kullanımıyla tek bir yinelemenin analizine olanak tanır.
- Analiz gerçekleştirmek için zaman tabanlı veriyi filtreleyebilir.

Ne yazık ki Output Analyzer otomatik olarak Welch Grafiği Analizini gerçekleştiremez. En iyi yol "Moving Average" komutunu kullanarak her bir replikasyonu ayrı ayrı analiz etmektir.

Eczane Temel Örnek

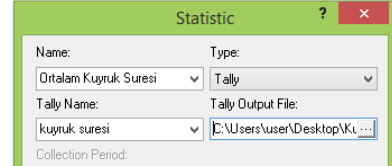


Isınma Periyodunun Belirlenmesi İçin Output Analyzer: "Moving Average"

Moving Average komutu, seçili yineleme için verilerin düzeltilmesine olanak tanır.

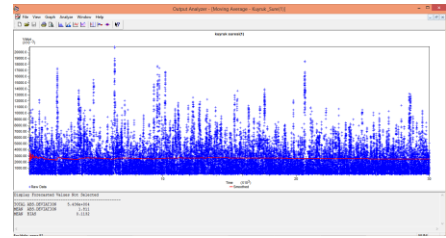
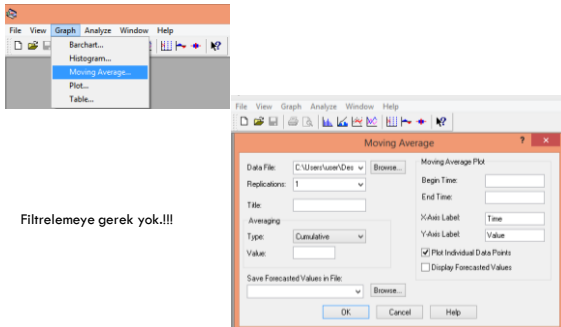
- Moving Seçeneği: Verilere hareketli ortalama düzeltme tekniğinin uygulanmasını sağlar.
- Exponential Seçeneği: Verilere üstel düzeltme tekniğinin uygulanmasını sağlar.
- Cumulative Seçeneği: Verilerin grafiğine birikimli ortalamaları ekler.

Advanced Process Template'te yer alan Statistics modülü sayesinde yinelemlerde toplanan istatistikler Output Analyzer'ın işleyebileceği dosyalara aktarılabilir.



Gözleme Dayalı veriler den yararlanarak Isınma Periyodunun belirlenmesinde filtre işlemi uygulanmaz.

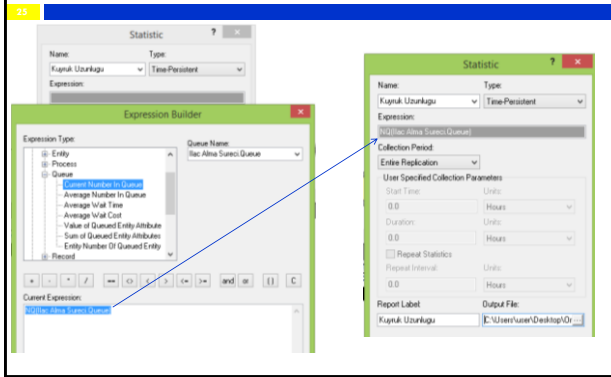
Gözleme Dayalı Performans Ölçümleri İçin Isınma Periyodunun Belirlenmesi



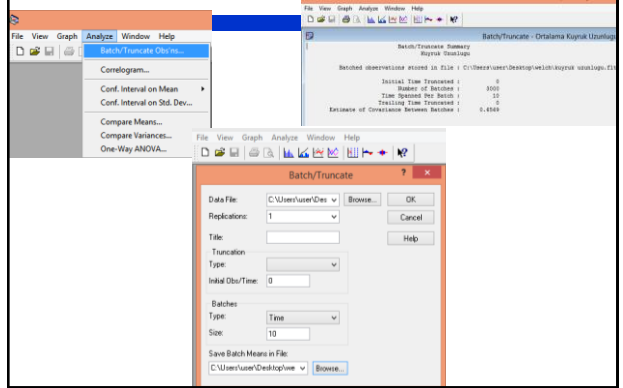
Bu grafik, sadece 1. yinelemenin Welch, grafiği. Diğer yineleme grafikleri de incelenmeli. İlk yinelemenin Welch grafiğine göre Isınma Periyodu için 4000 dakika uygun.

Dikkat!!! Grafikteki zaman ekseninin birimi, Simülasyon Set up bölümündeki Base Time Units'in birimidir.

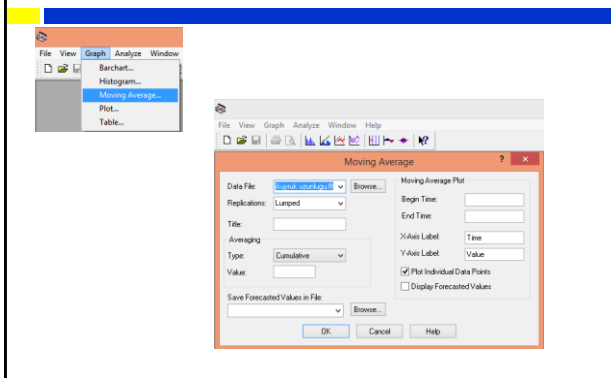
Zamana Dayalı Performans Ölçümleri İçin Isınma Periyodunun Belirlenmesi



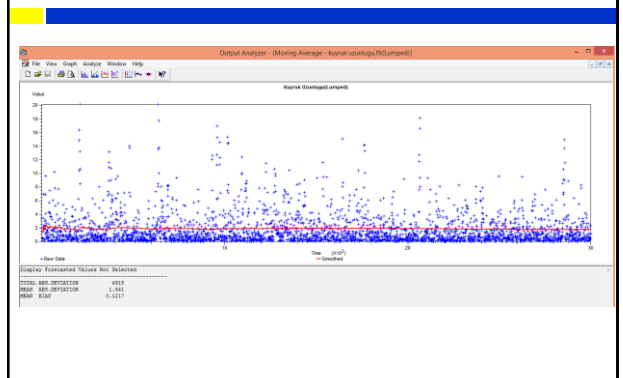
Zamana Dayalı Performans Ölçümleri İçin Isınma Periyodunun Belirlenmesi



Zamana Dayalı Performans Ölçümleri İçin Isınma Periyodunun Belirlenmesi



Zamana Dayalı Performans Ölçümleri İçin Isınma Periyodunun Belirlenmesi



Isınma Periyodunun Belirlenmesi İçin Output Analyzer

29

Output Analyzer'da ön işleme için gözeleme dayalı ve zamana dayalı verileri ARENA'da dosyalara kaydet.

Output Analyzer'ı kullanarak Isınma Periyodu (T_w) belirle ve Set up'ta Warm Up bölümüne gir.

Bir simülasyon yinleme uzunluğunu $T_e=10T_w$ olarak belirle ve Set up'ta Simulation Length bölümüne gir.

Pilot çalışmayla istenen Güven Aralığını sağlayan yinleme sayısını belirle ve Number of Replication bölümüne gir.

Simülasyonu çalıştır ve sonuçları yorumla.

Method of Replication-Deletion

30

Eğer simülasyon farklı performans ölçümlerine sahipse, her performans analizi için ayrı bir Isınma Periyodu analizi gerçekleştirmek zorunda kalabilirsiniz. Çünkü aynı modelin farklı performans ölçümleri, farklı oranlardaki kararlı hal koşullarına yakınsayabilir.

Bu durumda tüm performans ölçümlerini kapsacak şekilde yeterince uzun bir Isınma Periyodu belirlemelisiniz.