

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 sonlandırmalı simulasyon yinelemelerinden elde edilir.

İstatistiksel Varsayımlar

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

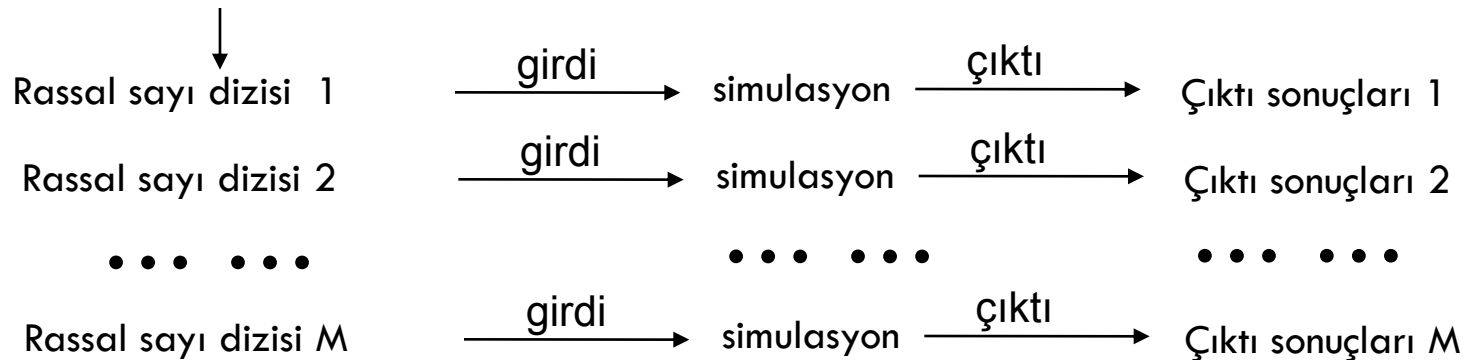
- Gözlemler bağımsızdır.
- Gözlemler, özdeş dağılımlardan örneklemlenir.
- Gözlemler, normal dağılımdan çekilir (veya Merkezi Limit Teoremine başvurmak için gözlemler yeterince fazladır).

Bu gereksinimler, rassal örneklemler 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.

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



Sonsuz Ufuk Simulasyonu (Kararlı Hal Simulasyonu)

6

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

Sonsuz ufuk simulasyonları sıklıkla, kararlı durum (steady state) simulasyonları diye isimlendirilir. Çünkü sonsuz ufuk simulasyonunda 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 Simulasyonu

(Kararlı Hal Simulasyonu)

7

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

Sonsuz Ufuk Simulasyonu

MM1 Kuyruğu Kararlı Hal Simulasyonu

8

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 kuyrukta bekleme süresi

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

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

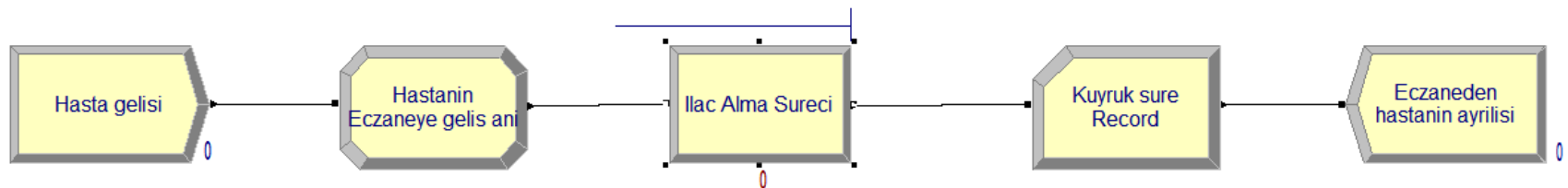
Sonsuz Ufuk Simulasyonu

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

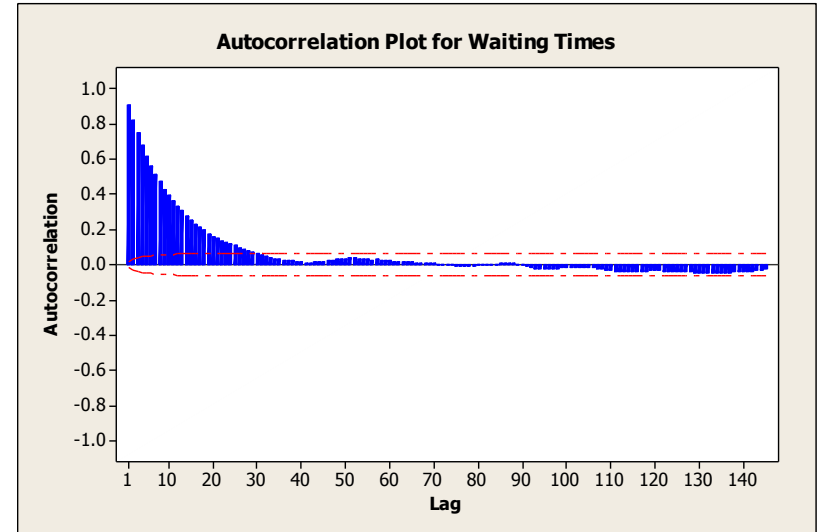
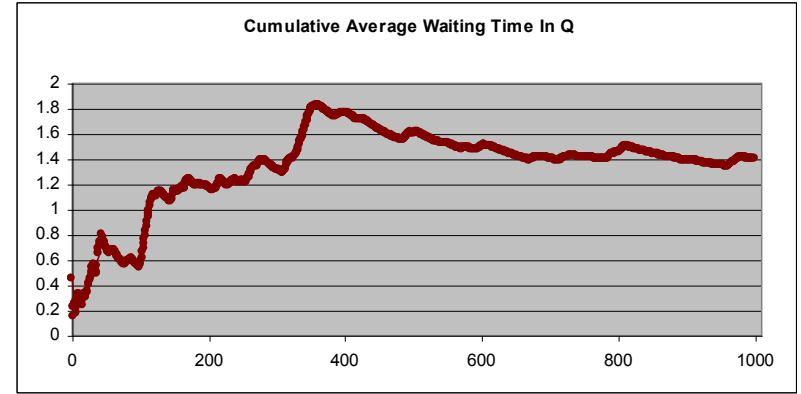
Kuyruk Süreleri (M/M/1 Kuyruğu)

- Özdeş Dağılmama

1. müşterinin dağılımı, 1000. müşterinin dağılımıyla aynı olmayabilir.

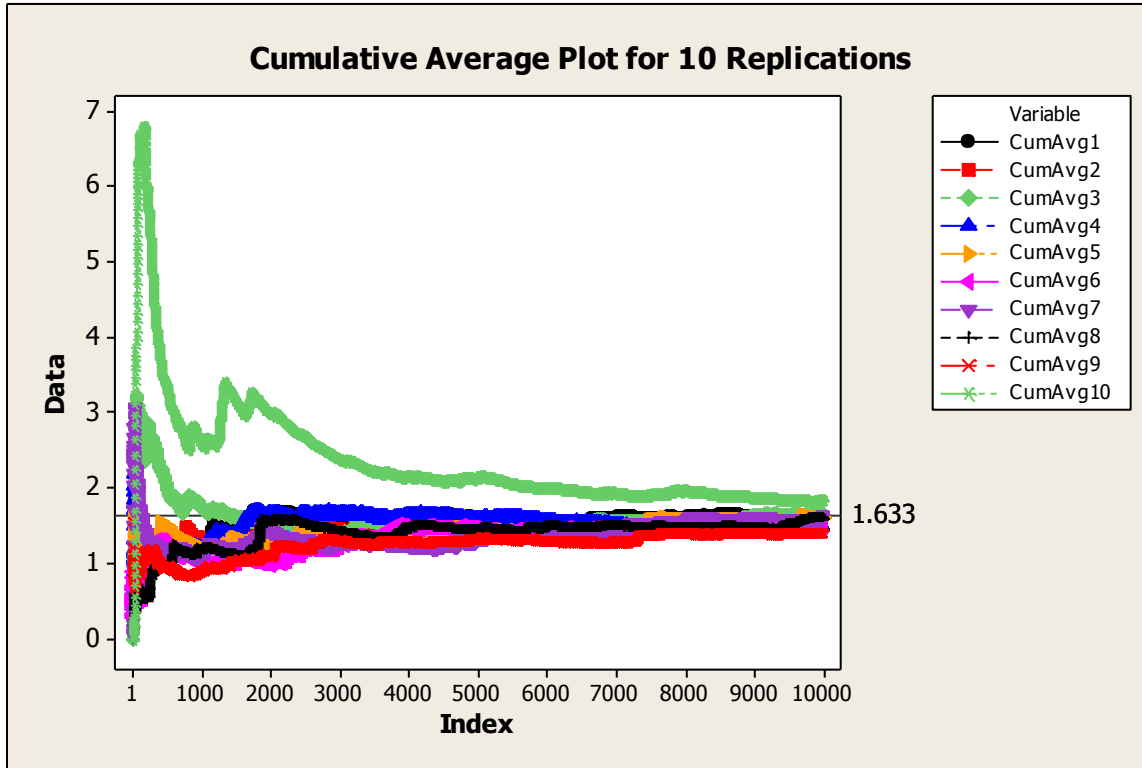
- Yüksek pozitif otokorelasyon

Eğer bir müşteri uzun süre kuyrukta beklerse, sonraki müşteri de sıklıkla uzun süre bekler (tersi de doğru).



Başlangıç Koşullarının Etkisi

11



Simulasyon 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	$B_r = \bar{W}_r - Wq$
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
	$\bar{\bar{W}} = 0.6797$	$\bar{B} = -0.9536$

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

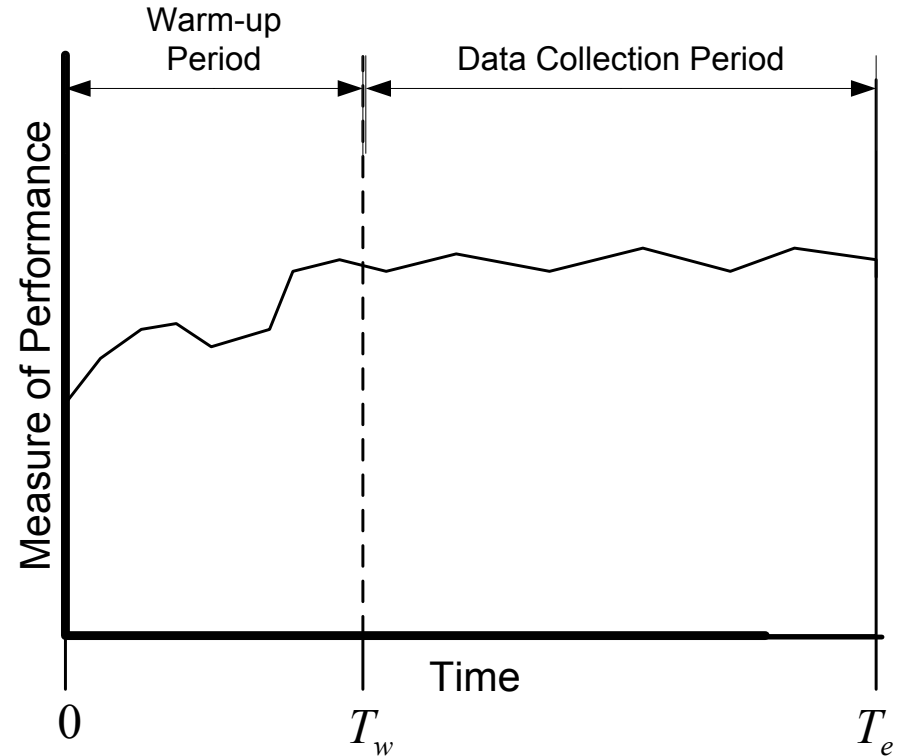
Eğer kararlı hal dağılımı varsa ve simülasyonu yeterince uzun çalıştırırsanız, tahminçiler istenen miktara yakınsar.

Simülasyonun 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

16

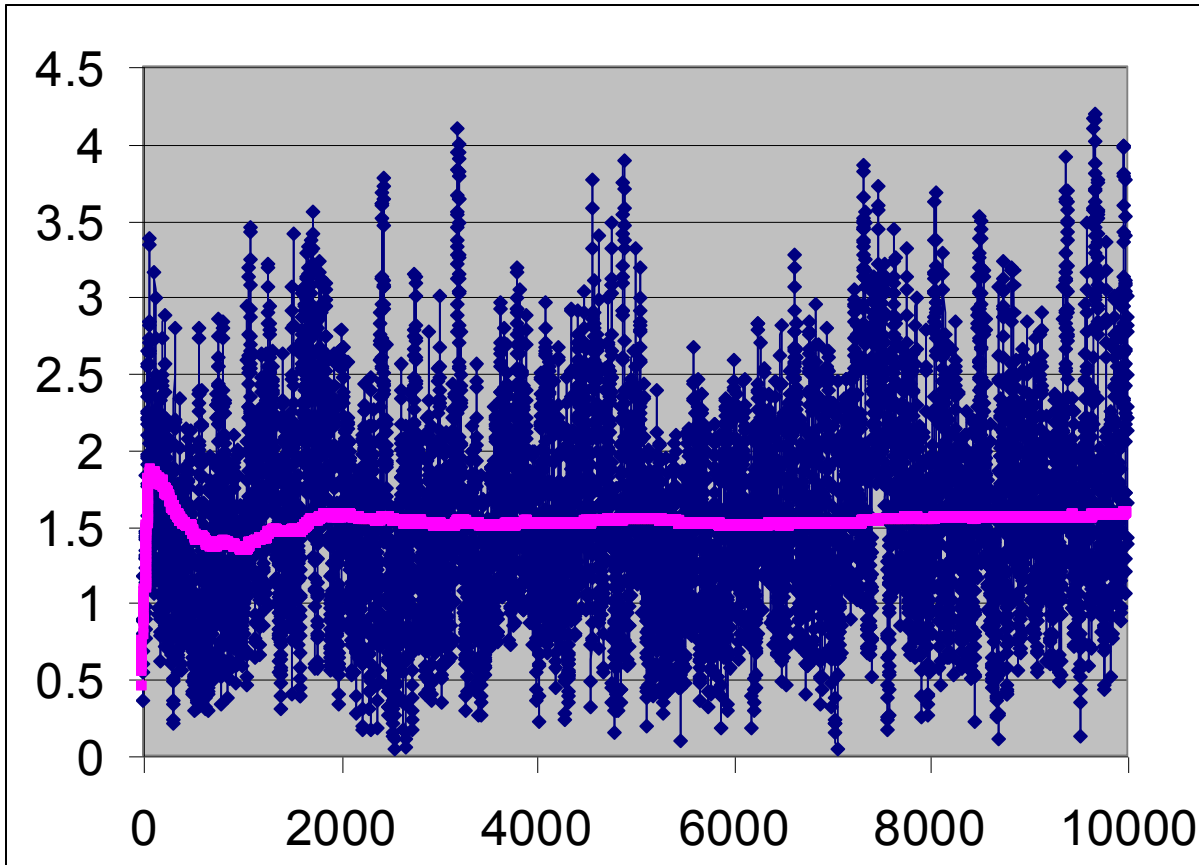
- * Simulasyonu R yineleme çalıştır. Tipik olarak $R \geq 5$ olması tavsiye edilir.
- * Y_{ri} , $i = 1, 2, \dots, n$ ve $r = 1, 2, \dots, R$ olmak üzere, r yinelemenin i . yineleme içi gözlemi olsun.
- * Her $i = 1, 2, \dots, n$ için yinelemeler arası ortalamaları hesapla.

$$\bar{Y}_{.i} = \frac{\sum_{r=1}^R Y_{ri}}{R}$$

- * Her $i = 1, 2, \dots, n$ için \bar{Y}_j grafigini çiz.
- * \bar{Y}_j , $i = 1, 2, \dots, n$ 'e düzeltme teknikleri uygula.
- * Grafigin yakınsamaya başladığı yeri görsel olarak değerlendir.

Welch Grafiği

17



10 yinelemenin
ortalaması

Simulasyonda Yineleme Uzunluğunun Belirlenmesi

18

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

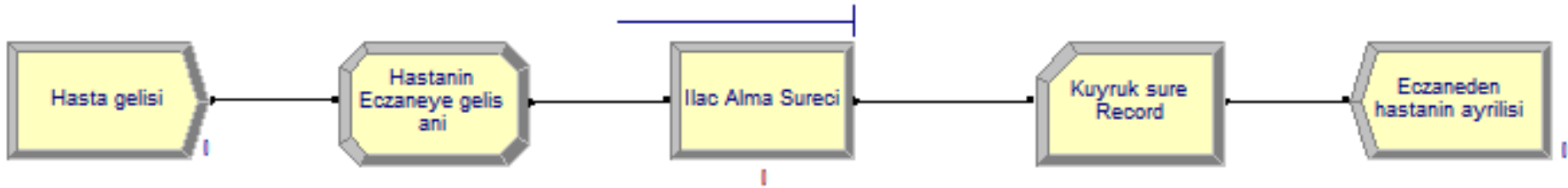
19

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



Delay: expo(1) dakika
First Creation: expo (1)

Attribute:
A_GelisAni=TNOW

Resource: Eczaci,1
Delay: expo(0.7) dakika

Record, A_GelisAni'na göre
Tally, Time Interval
Kuyruk Suresi

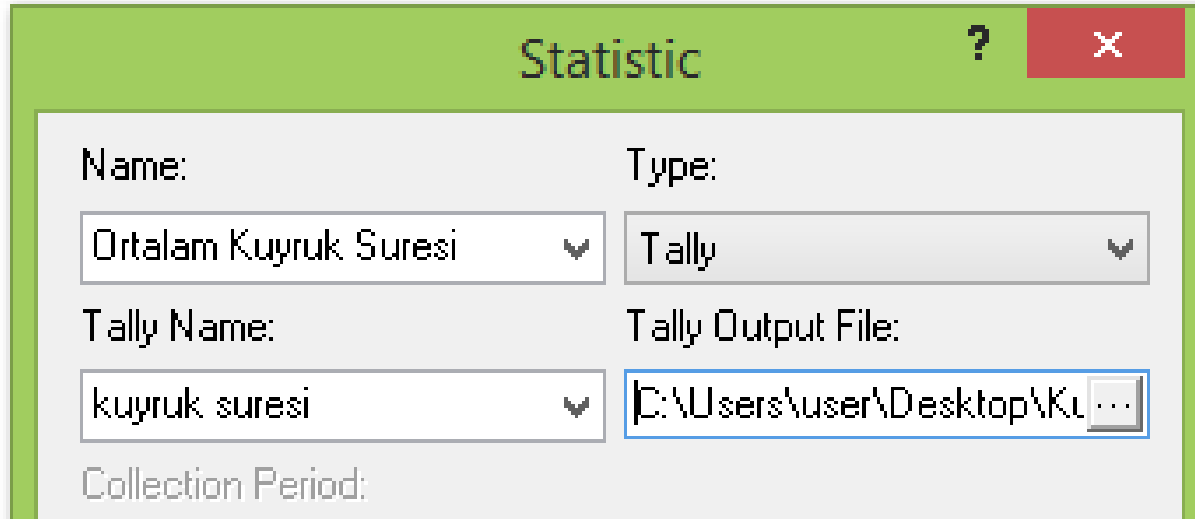
Isınma Periyodunun Belirlenmesi İçin Output Analyzer: “Moving Average”

21

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 Outpuz Analyzer'ın işleyebileceği dosyalara aktarılabilir.



Statistic

Name: Ortalam Kuyruk Suresi

Type: Tally

Tally Name: kuyruk suresi

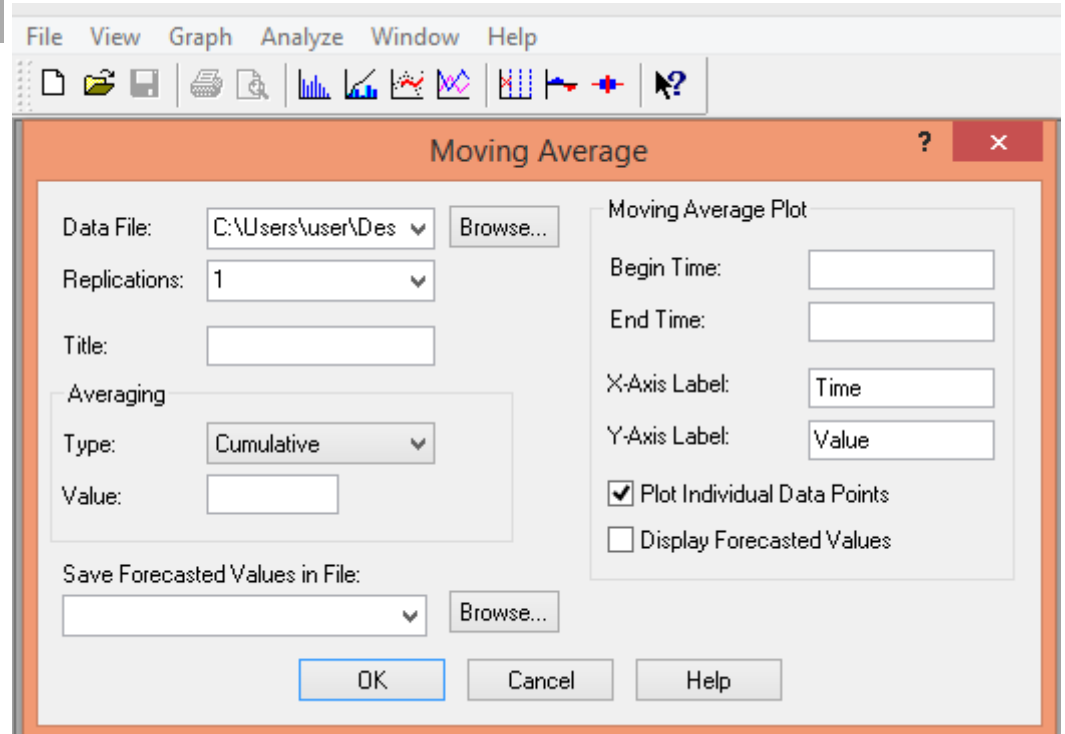
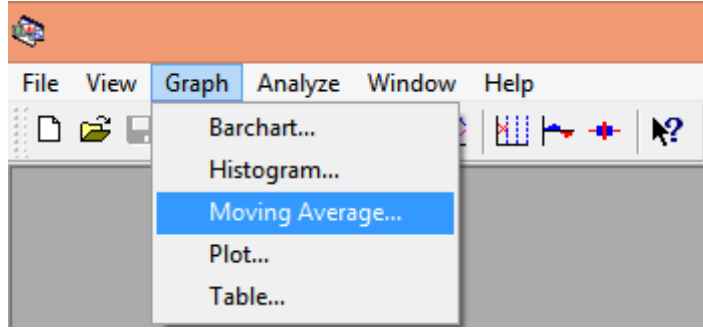
Tally Output File: C:\Users\user\Desktop\Ku...

Collection Period:

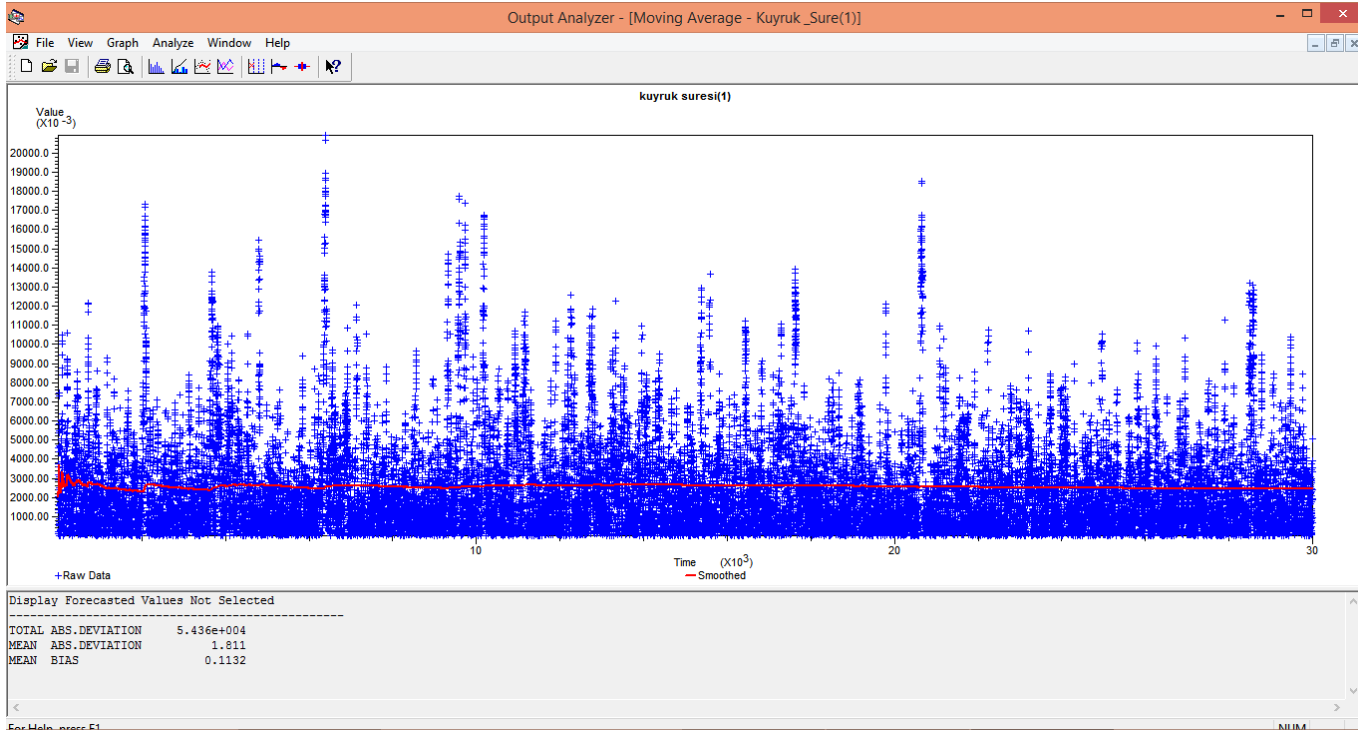
Gözleme Dayalı veriler den yararlanarak Isınma Periyodunun belirlenmesinde filtre işlemi uygulanmaz.

Gözeleme Dayalı Performans Ölçümleri İçin Isınma Periyodunun Belirlenmesi

23



Filtrelemeye gerek yok!!!



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

Dikkat!!! Grafikteki zaman ekseninin birimi, Simulasyon Set up bolumundeki Base Time Units'in birimidir.

Zamana Dayalı Performans Ölçümleri İçin Isınma Periyodunun Belirlenmesi

25

Statistic ? x

Name: Type:

Expression:

Statistic ? x

Name: Type:

Expression:

Collection Period:

User Specified Collection Parameters

Start Time: Units:

Duration: Units:

Repeat Statistics

Repeat Interval: Units:

Report Label: Output File:

Expression Builder x

Expression Type:

- Entity
- Process
- Queue
 - Current Number In Queue
 - Average Number In Queue
 - Average Wait Time
 - Average Wait Cost
 - Value of Queued Entity Attribute
 - Sum of Queued Entity Attributes
 - Entity Number Of Queued Entity
- Record

Queue Name:

Current Expression:

Zamana Dayalı Performans Ölçümleri İçin Isınma Periyodunun Belirlenmesi

The image shows the Minitab software interface. The main window displays the following summary:

```
Batch/Truncate Summary
Kuyruk Uzunlugu

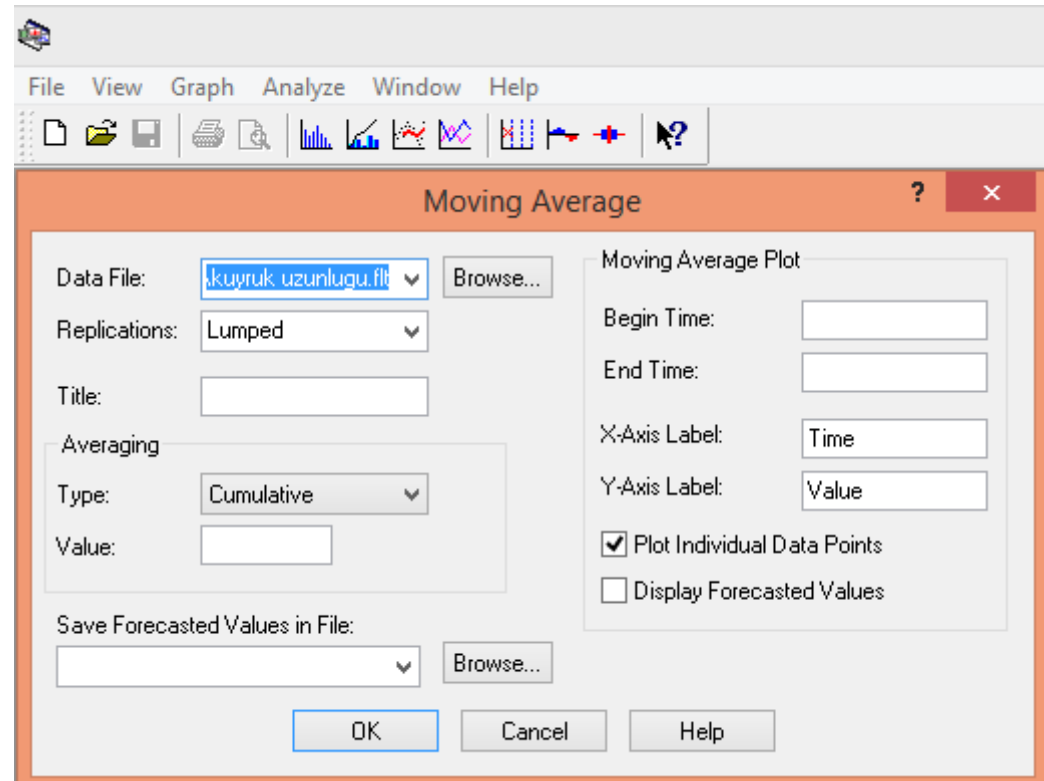
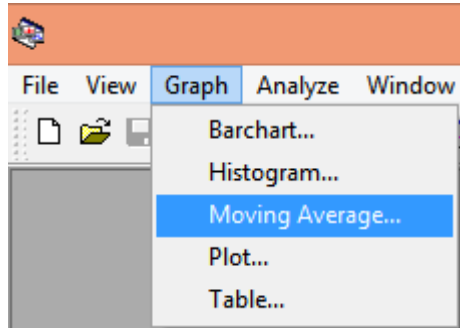
Batched observations stored in file : C:\Users\user\Desktop\welch\kuyruk uzunlugu.fl

Initial Time Truncated : 0
Number of Batches : 3000
Time Spanned Per Batch : 10
Trailing Time Truncated : 0
Estimate of Covariance Between Batches : 0.6569
```

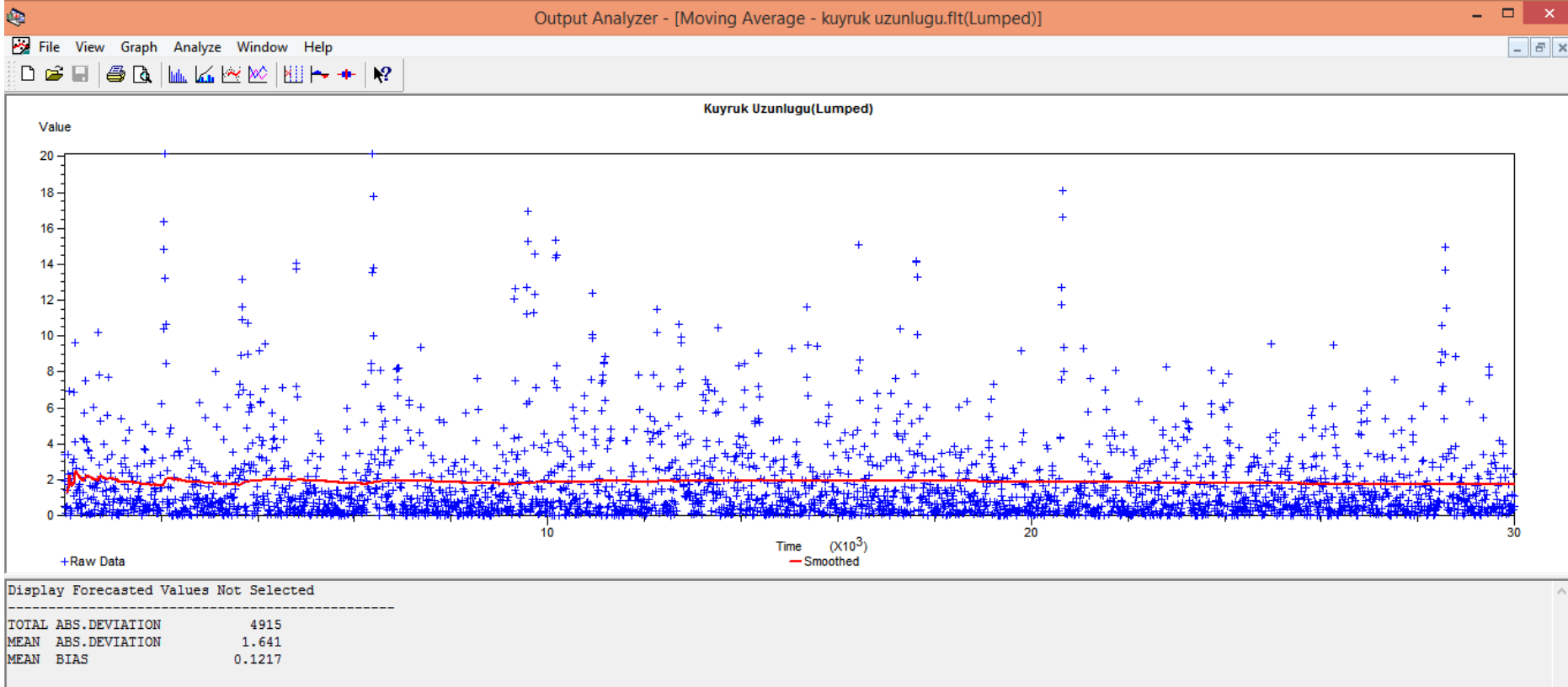
The Batch/Truncate dialog box is open, showing the following configuration:

- Data File: C:\Users\user\Des
- Replications: 1
- Title: (empty)
- Truncation Type: (empty)
- Initial Obs/Time: 0
- Batches Type: Time
- Size: 10
- Save Batch Means in File: C:\Users\user\Desktop\we

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 Periyodunu (T_w) belirle ve Set up'ta Warm Up bölümüne gir.

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

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

Simulasyonu 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.