	END 310/ 403 SİMÜLASYON 2024-2025 BAHAR DÖNEMİ ARA SINAV	Sınav Süresi: 90dk. Tarih: 14.04.2025 Öğr. Gör. Sema ÇİFTÇİ <i>Başarılar Dilerim.</i>
Adı-Soyadı		Sayfa 1/2
Bölümü		Numara
İmza		Şube
NOT: Soruların çözümü için gerekli matematiksel işlemleri yapınız. Sadece sonucun yer aldığı çözümler geçerli olmayacaktır. Çözümlerinizi net, açık ve düzenli yazınız.		

SORU 1: (30 PUAN)

Bir üretim hattında çalışan 351 operatörün gün sonu yorgunluk seviyesi (ölçüm birimi: yorgunluk puanı) aşağıdaki aralıklarda ölçülmüştür. Yorgunluk puanları, simülasyon modeliyle analiz edilmeden önce normal dağılıma uyup uyumadığının test edilmesi istenmektedir.

Bu veriler ışığında, $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde, operatörlerin yorgunluk seviyelerinin normal dağılıma uygun olup olmadığını Ki-kare uygunluk testi kullanarak test ediniz.

Yorgunluk Puanı (X)	Operatör Sayısı
$140 \leq X \leq 160$	14
$160 \leq X \leq 180$	62
$180 \leq X \leq 200$	80
$200 \leq X \leq 220$	65
$220 \leq X \leq 240$	50
$240 \leq X \leq 260$	30
$260 \leq X \leq 280$	27
$280 \leq X \leq 300$	23

CEVAP:

alt sınır	üst sınır	Operatör Sayısı	z alt aralığı	z üst aralığı	olasılıkalt	olasılıküst	olasılık	Bj	fark
140	160	14	-1,95	-1,41	0,4744	0,4207	0,0537	18,8487	1,2473
160	180	62	-1,41	-0,86	0,4207	0,3051	0,1156	40,5756	11,3123
180	200	80	-0,86	-0,32	0,3051	0,1255	0,1796	63,0396	4,56309
200	220	65	-0,32	0,22	0,1255	0,0871	0,2126	74,6226	1,24084
220	240	50	0,22	0,76	0,0871	0,2764	0,1893	66,4443	4,0698
240	260	30	0,76	1,30	0,2764	0,4032	0,1268	44,5068	4,72843
260	280	27	1,30	1,84	0,4032	0,4671	0,0639	22,4289	0,93161
280	300	23	1,84	2,38	0,4671	0,4913	0,0242	8,4942	24,772
								338,961	52,8654

KARAR:Kİ KARE DEĞERİ 5;0,05=11,07

50,21 BÜYÜK OLDUPU İÇİN H0 REDDİLİR

SORU 2: (25 PUAN)

Bir üniversitenin öğrenci işleri ofisinde, öğrenciler ders ekleme-silme ve kayıt güncellemeleri gibi işlemler için sıraya girmektedir. Ofiste çalışan bir görevli, bir öğrencinin işlemini ortalama 6 dakikada tamamlamaktadır. Gün içinde öğrenciler ortalama 15 dakikada bir ofise gelmektedir. Öğrenci yoğunluğu özellikle kayıt haftasında artmakta ve ofisin performansı yönetim tarafından analiz edilmek istenmektedir.

Yönetim, görevlinin gün içinde ne kadar süre boş kaldığını, ofiste biriken ortalama öğrenci sayısını ve öğrencilerin ne kadar süre beklediklerini öğrenmek istemektedir. Ayrıca, sistemin ne kadar yoğun çalıştığı ve bir öğrencinin sistemde ne kadar süre kaldığı da analiz edilmek istenmektedir.

Bu bağlamda aşağıdaki soruları M/M/1 Kuyruk Modeli'ne göre yanıtlayınız:

- Görevlinin boş kalma olasılığı: Görevlinin işlem yapmadığı sürelerin olasılığını hesaplayınız.
- Ofisteki ortalama öğrenci sayısı: Ofiste ortalama kaç öğrencinin bulunduğunu hesaplayınız.
- Öğrencilerin ortalama bekleme süresi: Bir öğrencinin, işlemi başlamadan önce ortalama ne kadar bekleyeceğini hesaplayınız.
- Sistem yoğunluğu: Öğrenci işleri ofisindeki sistemin yoğunluğunu hesaplayınız.
- Görevlinin öğrenci başına geçirdiği ortalama süre: Bir öğrencinin ofiste kalma süresinin ortalamasını hesaplayınız (bekleme süresi + işlem süresi).

CEVAP: a) $\lambda = 4$ öğrenci/saat

$$\mu = 10 \text{ öğrenci/saat}$$

$$P_0 = 1 - \rho = 1 - 0,40 = 0,60$$

$$\text{b) } L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{4}{10 - 4} = 0,67 \text{ öğrenci}$$

$$\text{c) } w_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{4}{10(10 - 4)} = 0,067 \text{ saat} = 4 \text{ dakika}$$

$$\text{d) } \rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{4}{10} = 0,40 \text{ sistem \%40 doludur.}$$

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{6} = 0,167 \text{ saat} = 10 \text{ dakika}$$

SORU 3: 25 PUAN

Bir bankada müşterilere hizmet veren bir gişedeki işlem sürelerinin, aşağıdaki şekilde tanımlanan sürekli bir olasılık yoğunluk fonksiyonu (PDF) ile dağıldığı gözlemlenmiştir:

$$f(t) = \begin{cases} \frac{1}{8}t & 0 \leq t \leq 4 \\ 0 & \text{diğer durumlar} \end{cases}$$

Burada t işlem süresini dakikalar cinsinden göstermektedir.

- Olasılık yoğunluk fonksiyonuna (PDF) karşılık gelen dağılım fonksiyonunu (CDF) bulunuz. (10 PUAN)

- b. Ters dönüşüm yöntemini kullanarak, bu dağılımdan rastgele işlem süresi üretmek için gerekli olan ters fonksiyonu türetiniz. (Yani $t = F^{-1}(r)$ fonksiyonunu elde ediniz.) (10 PUAN)
- c. Aşağıda verilen rassal sayılar (0–1 aralığında) için işlem sürelerini hesaplayınız:
Rassal Sayılar: 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 0.95 (5 PUAN)

CEVAP:

A)

$$F(t) = \int_0^t f(x) dx = \int_0^t \frac{1}{8}x dx = \frac{1}{8} \cdot \frac{x^2}{2} \Big|_0^t = \frac{1}{16}t^2$$
$$\Rightarrow F(t) = \frac{1}{16}t^2 \quad (0 \leq t \leq 4)$$

B)

$$r = F(t) = \frac{1}{16}t^2 \Rightarrow t^2 = 16r \Rightarrow t = \sqrt{16r} = 4\sqrt{r}$$

C)

r	t = 4√r (dakika)
0.10	$4 \cdot \sqrt{0.10} = 4 \cdot 0.3162 \approx \boxed{1.26}$ dakika
0.25	$4 \cdot \sqrt{0.25} = 4 \cdot 0.5 = \boxed{2.00}$ dakika
0.50	$4 \cdot \sqrt{0.50} = 4 \cdot 0.7071 \approx \boxed{2.83}$ dakika
0.75	$4 \cdot \sqrt{0.75} = 4 \cdot 0.8660 \approx \boxed{3.46}$ dakika
0.95	$4 \cdot \sqrt{0.95} = 4 \cdot 0.9747 \approx \boxed{3.90}$ dakika

SORU 4: 15 PUAN

Zeynep, bir gününü kütüphanede çalışarak geçirmektedir. Kütüphanede saat başına gelen ortalama kitap teslimi ve kitap ödünç alma işlemleri aşağıda verilmiştir:

- Teslim işlemleri ortalama her 12 dakikada bir gerçekleşmektedir.
- Ödünç alma işlemleri ise ortalama her 15 dakikada bir gerçekleşmektedir.

Zeynep, kütüphanedeyken, görevli masasına gelen herhangi bir işlem (teslim veya ödünç alma) olmasıyla dikkatinin dağıldığını fark etmiştir.

- a. Zeynep'in çalıştığı bir saatlik süre içinde, görevli masasının toplamda 5 kez işlem görmesi olasılığı nedir?

$$\lambda = \lambda_{teslim} + \lambda_{ödünç alma} = \frac{60}{12} + \frac{60}{15} = 5 + 4 = 9 \frac{işlem}{saat}$$
$$P(X = 5) = \frac{9^5 * e^{-9}}{5!}$$

BONUS SORU: 10 PUAN

Aşağıda gösterimi verilen bir kuyruk modeline ait temel kavramlar eksik bırakılmıştır. Parantez içinde verilen kuyruk modeli ifadesini ve aşağıdaki açıklamaları dikkate alarak boşlukları uygun terimlerle doldurunuz.

$$(M / D / 5) : (FCFS / 7 / \infty)$$

Müşterilere hizmet verme sırası, **FCFS (First Come First Served)** hizmet disiplinine göre yapılmaktadır.


Sistem kapasitesi toplamda **7** müşteri ile sınırlıdır (hizmet alan + bekleyen).

Bu sistemde müşteri gelişleri, **poisson (deterministik)** dağılımına uygun olarak gerçekleşmektedir.

Sistemde toplam **5** adet paralel hizmet veren servis kanalı bulunmaktadır.

Sisteme gelen müşteri havuzu, yani müşteri kaynağı **sonsuz** (sonlu/sonsuz) kabul edilmektedir.

Servis süreleri **sabit** (rastgele/sabit) olup, her müşteri için eşittir.

	END 403 SİMÜLASYON 2024-2025 GÜZ DÖNEMİ ARENA UYGULAMA SINAVI	Sınav Süresi: 75dk. Öğr. Gör. Sema ÇİFTÇİ <i>Başarılar Dilerim.</i>
Adı-Soyadı		Sayfa 1/1
Bölümü		Numara
İmza		Şube

Bir alışveriş merkezi, sabah 10:00 ile 22:00 saatleri arasında müşteri girişlerini ve müşteri gruplarını modellemek istiyor. Müşteriler farklı şekillerde alışveriş merkezine geliyorlar:

- Bireysel Müşteriler: (Bireysel olarak yaya gelen müşteriler.)
 - Geliş Aralıkları: Gelişler arası süre EXPO(10) dakika.
 - İlk Geliş: İlk müşteri, 10:00'ı EXPO(40) dakika geçe gelir.
- Aile Grupları: (Aile grupları, 2-5 kişilik gruplar halinde gelir.)
 - Geliş Aralıkları: Gelişler arası süre EXPO(15) dakika.
 - Kişi Sayısı: %40 ihtimalle 2 kişi, %30 ihtimalle 3 kişi, %20 ihtimalle 4 kişi, %10 ihtimalle 5 kişi gelir.
 - İlk Geliş: İlk aile grubu, 10:00'ı EXPO(60) dakika geçe gelir.
- Tur Otobüsleri: (Tur otobüsleriyle toplu müşteri gelişi.)
 - Geliş Aralıkları: Otobüsler, 18:00 ile 20:00 arasında rastgele bir zamanda gelir. Geliş zamanı bu periyot içinde uniform dağılıma sahiptir.
 - Kişi Sayısı: Otobüsteki kişi sayısı her gün değişir ve bu sayı normal dağılıma sahiptir, ortalaması 25 ve standart sapması 5'tir.

Müşteriler alışveriş merkezine ister tek ister bir grup olarak gelmiş olsunlar, her biri girişte X-RAY kontrol noktasından geçmektedir. Müşterilerin X-RAY cihazından geçiş süreleri gelen müşteri tipine göre değişmektedir (bireysel, aile, tur otobüsü).

AVM'ye giriş yapan müşteriler, 2 dakika içerisinde X-RAY kontrol bölgesine geçiş yapmaktadır. AVM girişinde 2 adet X-RAY cihazı vardır. Bireysel gelenlerin %40'ı 1. X'RAY cihazını, aile olarak gelenlerin %45'i 1. X'RAY cihazını, tur olarak gelenler ise %50 1. X'RAY cihazını tercih etmektedir. Müşteri tiplerine göre X-RAY kontrol cihazından geçiş süreleri Tablo'da verilmiştir. X-RAY kontrol noktasından geçişlerde güvenlik görevlisi sorumludur.


MÜŞTERİ TİPLERİ	1. X-RAY CİHAZI	2. X-RAY CİHAZI
BİREYSEL	EXPO(1) dk	EXPO (2) dk
AİLE	EXPO (2) dk	EXPO (3) dk
TUR	EXPO (4) dk	EXPO (5) dk

X-RAY kontrol noktasında geçiş yapan müşteriler, 3 dakika içerisinde alışveriş alanına geçiş yapmaktadır. Müşterilerin alışveriş alanlarında geçirdikleri vakit, müşteri tipine bağlı olmaksızın ortalaması 60 dk, standart sapması 10 dk olan normal dağılıma uymaktadır. Alışveriş merkezinde gezme sürecinde herhangi bir kaynağa ihtiyaç duymamaktadırlar. Gezme sürecini tamamlayan müşteriler, çıkış alanına ortalama 3 dakika sonra geçiş yapmaktadır. Çıkış bölgesine gelen müşteriler alışveriş merkezinden ayrılmaktadır.

X-RAY cihazı kontrol noktasında 4 güvenlik görevlisi çalışmaktadır. Bu noktadaki personel 10:50, 11:50, 12:50 21:50'de olmak üzere her bir personel 15 dakikalık molaya çıkmaktadır. Saat başında gişede en az 2 personel kalmalıdır. Eğer molaya çıkacak personel o an meşgulse işini bitirince molaya çıkar ama yine saat başında geri dönmek zorundadır (dolayısıyla mola 15 dakikadan biraz daha az olabilmektedir).

1. Her bir X-RAY cihazı kuyruğunun ortalama ve maksimum uzunluğu hesaplayınız. **CEVAP:.....**
2. Her bir kuyruktaki ortalama ve maksimum bekleme süresini hesaplayınız. **CEVAP:.....**
3. Sinemadan çıkan toplam müşteri sayısını bulunuz. **CEVAP:.....**
4. Yürüyerek, arabayla ve otobüsle gelen müşterilerin sisteme geçirdikleri ortalama süreleri ayrı ayrı hesaplayınız. **CEVAP:.....**

NOT: Problemi ARENA programı kullanarak modelleyiniz, simülasyonu 5 kez çalıştırınız.

	END 403 SİMÜLASYON 2024-2025 BAHAR DÖNEMİ FİNAL SINAVI	Sınav Süresi: 90dk. 20.05.2025 <i>Başarılar Dilerim.</i>
Adı-Soyadı		Sayfa 1/ 1
Bölümü		Numara
İmza		Şube
NOT: Soruların çözümü için gerekli matematiksel işlemleri yapınız. Sadece sonucun yer aldığı çözümler geçerli olmayacaktır. Çözümlerinizi net, açık ve düzenli yazınız.		

SORU 1 (110 PUAN):

Bir üniversite kampüsünde, öğrencilerin sabah kahvaltısı, öğle yemeği ve kütüphane hizmetlerini kullandığı bir günlük süreç simüle edilmek istenmektedir. Öğrenciler üç şekilde kampüse giriş yapmaktadır:

- Sadece kahvaltı yapacak öğrenciler (%25)
- Sadece öğle yemeği için gelen öğrenciler (%35)
- Kahvaltıdan sonra kütüphaneye uğrayan öğrenciler (%40)

NOT: Virgülden sonra 3 hane alarak hesap yapınız.

Öğrencilerin tercihleriyle alakalı kullanılacak rassal sayılar:

0,972	0,482	0,822	0,889	0,837	0,062	0,751	0,466	0,266	0,135
0,939	0,385	0,432	0,622	0,333					

Kampüse gelen öğrencilerin geliş sıklıkları ve işlem süreleri aşağıda belirtilmiştir:

Kahvaltıya gelenler: 08:00-09:00 arası, gelişler *uniform(3,8) dakikaya göre gelmektedir.*

Kahvaltıya gelenler için kullanılacak rassal sayılar:

0,008	0,592	0,442	0,062	0,504	0,592	0,281	0,381	0,649	0,153
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Öğle yemeği için gelenler: 12:00-13:00 arası, gelişler *uniform(4,9) dakika*

Öğle yemeğine gelenler için kullanılacak rassal sayılar:

0,008	0,592	0,442	0,062	0,504	0,592	0,281	0,381	0,649	0,153
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Kahvaltıya gelip, kütüphaneye gidecek öğrenciler için geçiş süresi *uniform(2,4) olan dağılıma uymaktadır.*

0,358	0,205	0,916	0,483	0,915	0,264	0,610	0,846	0,679	0,509
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Hizmet Süreleri:

- Kahvaltı: EXPO(6) dakika
- Kütüphane: Normal dağılım (Ort. 45 dk, Std. Sapma 8 dk)
- Öğle Yemeği: EXPO(7) dakika

Kurallar:

- Kahvaltı salonunda 2 görevli çalışmakta, %50-50 dağılımla tercih edilmektedir.
- Kütüphanede alan kısıtı vardır ve eş zamanlı olarak 5 öğrenci çalışabilmektedir. Kütüphaneye gelip alan kısıtı nedeniyle yer bulamayan öğrenciler sistemi terk etmektedir.
- Öğle yemeği salonunda tek bir görevli vardır.
- Öğle yemeğinden çıkan herkes kampüsü terk eder.

İstenilenler:

- Simülasyonu ARENA’da modelleyerek 10 öğrenci için simülasyonu çalıştırınız. Genel modeli; 08:00 ile 18:00 arası modelleyiniz.

- 15 öğrencinin işlem tiplerine göre bekleme sürelerini hesaplayınız.

Öğrenci No	Bekleme süresi (kahvaltı, öğle yemeği)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

- Her bir öğrencinin sistemden çıkış anını hesaplayınız.

Öğrenci No	Sistemden çıkış zamanı
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

- Kütüphanede yer olmadığı için çıkış yapan öğrenci numaralarını yazınız.

.....