# Uygunluk Testleri. 100 adet için, güven aralığı %95

Kikare 1. örnek

| Gruplar | Frekans ($O_j$) | $E_j$ | $\frac{(O_j-E_j)^2}{E_j}$ |
|---|---|---|---|
| 0-10 | 11 | 10 | 0,1 |
| 10-20 | 10 | 10 | 0 |
| 20-30 | 9 | 10 | 0,1 |
| 30-40 | 10 | 10 | 0 |
| 40-50 | 9 | 10 | 0,1 |
| 50-60 | 12 | 10 | 0,4 |
| 60-70 | 12 | 10 | 0,4 |
| 70-80 | 8 | 10 | 0,4 |
| 80-90 | 9 | 10 | 0,1 |
| 90-100 | 10 | 10 | 0 |

Ho: 0 ile 100 arasında değişen düzgün dağılımdır.
Ha: 0 ile 100 arasında değişen düzgün dağılım değildir.

1,6 ⇒ kikare değeri

Toplam 100 adet veri var 10 adet grup var.

$\frac{100}{10} = 10$ → beklenen frekans ⇒ $E_j$

# Serbestlik derecesi

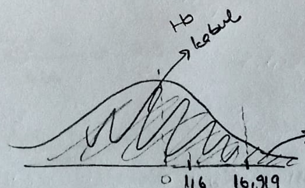
n − parametre − 1

grup sayısı

→ normal dağılımın ⇒ (2) ⇒ ort, sapma.

→ üstel dağılımın ⇒ (1) ⇒ M

→ Düzgün dağılımın ⇒ (0)




Kikare değeri tablo değerinin solundaysa kabul sağındaysa red.

10 − 1 = 9

Güven aralığını 1'den çıkar

1 − 0,95 = 0,05

→ kikare tablosu değeri = 16,919

yüzde

serbestlik d.

tabloda sol taraf her zaman kabul bölgesi sağ taraf red

Örnek 2 — Normal dağılım.

Bir olayın gözlemlenmesi neticesinde toplanan 50 adet veri ile aşağıdaki frekans dağılım tablosundaki elde edilmiştir. Buna göre %95 güvenirlikte bu olayın hangi dağılım ile modellenebileceğini bulunuz.

| Gruplar | $N_i$ → gözlenen frekans | $z \to \frac{x-\mu}{\sigma}$ | $f(z)$ | $f$ → füst - falt | $E_j = n \cdot f$ → beklenen frekans |
|---|---|---|---|---|---|
| 1,5 - 2,5 | 5 | -1,51 | 0,07 | 0,07 | 50 · 0,07 = 3,5 |
| 2,5 - 3,5 | 5 | -0,9 | 0,19 | 0,19 - 0,07 = 0,12 | 50 · 0,12 = 6 |
| 3,5 - 4,5 | 8 | -0,3 | 0,38 | 0,38 - 0,19 = 0,19 | 50 · 0,19 = 9,5 |
| 4,5 - 5,5 | 12 | 0,3 | 1 - 0,38 = 0,62 | 0,62 - 0,38 = 0,24 | 50 · 0,24 = 12 |
| 5,5 - 6,5 | 10 | 0,9 | 1 - 0,19 = 0,81 | 0,81 - 0,62 = 0,19 | 50 · 0,19 = 9,5 |
| 6,5 - 7,5 | 7 | 1,51 | 1 - 0,07 = 0,93 | 0,93 - 0,81 = 0,12 | 50 · 0,12 = 6 |
| 7,5 - 8,5 | + 3 | 0,98 | 1 - 0,0174 = 0,98 | 0,98 - 0,93 = 0,05 | 50 · 0,05 = 2,5 |
| | 50 adet veri | | | | |

$\left.\begin{matrix}3,5\\6\end{matrix}\right\}$ 9,5 $\qquad$ $\left.\begin{matrix}6\\2,5\end{matrix}\right\}$ 8,5

→ her soru için 5 genel kural

* grupları gözlenen sayısı 5 ve 5'ten az olanlar

3,5 < 5 olduğu için birleştir.

2,5 < 5 olduğu için birleştir.

f(z) nin z değeri negatifse direkt tabloda oku. pozitifse tablodan okuduğun değeri 1'den çıkar ve yaz.

$\boxed{N_i = O_j}$

Ho: ortalaması 5, standart s. 1,66 olan normal dağılıma uyar.

Ha: ortalaması 5 standart s 1,66 olan normal dağılıma uymaz.

# Ortalama bulma #

$N_i$

$\frac{1,5 + 2,5}{2} = 2 \cdot 5$

$\frac{2,5 + 3,5}{2} = 3 \cdot 5$

$\frac{3,5 + 4,5}{2} = 4 \cdot 8$

$\frac{4,5 + 5,5}{2} = 5 \cdot 12$

$\frac{5,5 + 6,5}{2} = 6 \cdot 10$

$\frac{6,5 + 7,5}{2} = 7 \cdot 7$

$\frac{7,5 + 8,5}{2} = 8 \cdot 3$

$250 / 50$ → veri sayısı $= 5$

# Standart sapma bulma #

bunların (−)'li hali · $N_i$

$$\sigma = \sqrt{\frac{5\cdot(2-5)^2 + 5\cdot(3-5)^2 + 8\cdot(4-5)^2 + 12(5-5)^2 + 10(6-5)^2 + 7(7-5)^2 + 3(8-5)^2}{50}} = 1,66$$

↳ veri sayısı.

üst sınır

$z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{2,5 - 5}{1,66} = -1,51$

($\mu$ → ort, $\sigma$ → standart sapma)

$z = \frac{3,5 - 5}{1,66} = -0,9$

$z = \frac{4,5 - 5}{1,66} = -0,3$

$z = \frac{5,5 - 5}{1,66} = 0,3$

$z = \frac{6,5 - 5}{1,66} = 0,9$

$z = \frac{7,5 - 5}{1,66} = 1,51$

# GÜNCELLENEN # → 5 ve 5'in altında olan grupları birleştirdim.

| Gruplar | $N_i = O_j$ gözlenen | $E_j$ beklenen | $\frac{(O_j - E_j)^2}{E_j}$ |
|---|---|---|---|
| 1,5 - 3,5 | 5+5 = 10 | 3,5 + 6 = 9,5 | 0,03 |
| 3,5 - 4,5 | 8 | 9,5 | 0,24 |
| 4,5 - 5,5 | 12 | 12 | 0 |
| 5,5 - 6,5 | 10 | 9,5 | 0,03 |
| 6,5 - 8,5 | 7 + 3 = 10 | 6 + 2,5 = 8,5 | + 0,26 |
| | | | 0,56 |

$\frac{(10 - 9,5)^2}{9,5} = 0,03$

0,56 → kikare değeri

# Serbestlik derecesi #

n - parametre sayısı - 1

↓ güncellenen grup sayısı

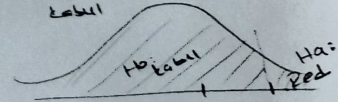
2 → $\mu$, → $\sigma$

$5 - 2 - 1 = 2$

$1 - \%95 \Rightarrow 0,05$

kikare tablosu değeri $= 5,991$

her zaman sol taraf kabul




kikare değeri Ho bölgesinde olduğu için "$\mu = 5$ $\sigma = 1,66$ normal dağılımla modellenebilir."

KOLMOGOROV   Düzgün Dağılım , % 95 güvenirlik düzeyi.

| Gruplar | Qj = Gözlenen frekans | Ej = beklenen frekans | Fo(y) | F(y) | \|F(y) − Fo(y)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 0-10 | 11 | 10 | 11/100 = 0,11 | 10/100 = 0,10 | \|0,11 − 0,10\| = 0,01 |
| 10-20 | 10 | 10 | 21/100 = 0,21 | 20/100 = 0,20 | \|0,21 − 0,20\| = 0,01 |
| 20-30 | 9 | 10 | 30/100 = 0,30 | 30/100 = 0,30 | \|0,30 − 0,30\| = 0 |
| 30-40 | 10 | 10 | 40/100 = 0,40 | 40/100 = 0,40 | \|0,40 − 0,40\| = 0 |
| 40-50 | 9 | 10 | 49/100 = 0,49 | 50/100 = 0,50 | \|0,50 − 0,49\| = 0,01 |
| 50-60 | 12 | 10 | 61/100 = 0,61 | 60/100 = 0,60 | \|0,61 − 0,60\| = 0,01 |
| 60-70 | 12 | 10 | 73/100 = 0,73 | 70/100 = 0,70 | \|0,73 − 0,70\| = 0,03 |
| 70-80 | 8 | 10 | 81/100 = 0,81 | 80/100 = 0,80 | \|0,81 − 0,80\| = 0 |
| 80-90 | 9 | 10 | 90/100 = 0,90 | 90/100 = 0,90 | \|0,90 − 0,90\| = 0 |
| 90-100 | 10 | 10 | 100/100 = 1 | 100/100 = 1 | \|1 − 1\| = 0 |

DN en büyük değer seçilir

Toplam;

Ho: 0 ile 100 arasında değişen düzgün dağılım.

Ha: 0 ile 100 arasında değişen düzgün dağılım değil.

$$E_j = \frac{\text{Veri sayısı}}{\text{Grup sayısı}} = \frac{100}{10} = 10$$

$$F_o(y) = \frac{\text{gözlenen frekans kümülatifi } (Q_j)}{\text{veri sayısı}} = \frac{11}{100}, \frac{21}{100}, 30, 40, 49 \ldots$$

$$F(y) = \frac{\text{Beklenen frekans kümülatifi } (E_j)}{\text{veri sayısı}} = \frac{10}{100}, \frac{20}{100}, 30 \ldots$$

$D_{NT}$ = % 99 güvenirlik d → $\frac{1,22}{\sqrt{n}}$ → veri sayısı

$D_{NT}$ = % 95 güvenirlik d → $\frac{1,36}{\sqrt{n}}$

$D_{NT}$ = % 90 güvenirlik d → $\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

$$D_{NT} = \frac{1,36}{\sqrt{100}} = 0,136$$

$D_{NT} > D_N$ ise kabul edilir

0,136 > 0,03 old. için Ho kabul.

KOLMOGOROV NORMAL DAĞILIM, % 95 güvenirlik

| Gruplar | Ni = Qj | Birikimli frekans | Fo(y) | z | f(z) | \|Fo(y) − F(y)\| en büyük |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,5 − 2,5 | 5 | 5 | 5/50 = 0,1 | −1,51 | 0,0655 | \|0,0655 − 0,1\| = 0,0345 |
| 2,5 − 3,5 | 5 | 10 | 10/50 = 0,2 | −0,9 | 0,1841 | \|0,1841 − 0,2\| = 0,0159 |
| 3,5 − 4,5 | 8 | 18 | 18/50 = 0,36 | −0,3 | 0,3821 | \|0,3821 − 0,36\| = 0,0221 |
| 4,5 − 5,5 | 12 | 30 | 30/50 = 0,6 | 0,3 | 1 − 0,3821 = 0,6179 | \|0,6179 − 0,6\| = 0,0179 |
| 5,5 − 6,5 | 10 | 40 | 40/50 = 0,8 | 0,9 | 1 − 0,1841 = 0,8159 | \|0,8159 − 0,8\| = 0,0159 |
| 6,5 − 7,5 | 7 | 47 | 47/50 = 0,94 | 1,5 | 1 − 0,0668 = 0,933 | \|0,933 − 0,94\| = 0,007 |
| 7,5 − 8,5 | 3 | 50 | 50/50 = 1 | 2,1 | 1 − 0,0179 = 0,982 | \|0,982 − 1\| = 0,018 |

Toplam veri sayısı = 50    kümülatif    kümülatif

her grup üst sınır

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad \mu \to \text{ort}, \ \sigma \to \text{ss.}$$

$\mu = 5$
$\sigma = 1{,}66$

| | Ni | | |
|---|---|---|---|
| $\frac{1{,}5+2{,}5}{2} = 2$ | 5 | = | 10 |
| $\frac{2{,}5+3{,}5}{2} = 3$ | 5 | = | 15 |
| $\frac{3{,}5+4{,}5}{2} = 4$ | 8 | = | 32 |
| $\frac{4{,}5+5{,}5}{2} = 5$ | 12 | = | 60 |
| $\frac{5{,}5+6{,}5}{2} = 6$ | 10 | = | 60 |
| $\frac{6{,}5+7{,}5}{2} = 7$ | 7 | = | 49 |
| $\frac{7{,}5+8{,}5}{2} = 8$ | 3 | = | 24 |

ort = 250/50 = 5

$$z_1 = \frac{2{,}5-5}{1{,}66} = -1{,}51$$

$$z_2 = \frac{3{,}5-5}{1{,}66} = -0{,}90$$

$$z_3 = \frac{4{,}5-5}{1{,}66} = -0{,}3$$

$$z_4 = \frac{5{,}5-5}{1{,}66} = 0{,}3$$

$$z_5 = \frac{6{,}5-5}{1{,}66} = 0{,}9$$

$$z_6 = \frac{7{,}5-5}{1{,}66} = 1{,}5$$

$$z_7 = \frac{8{,}5-5}{1{,}66} = 2{,}1$$

\# Standart Sapma \#

$$\sqrt{\frac{1}{50}\left(5(2-5)^2 + 5(3-5)^2 + 8(4-5)^2 + 12(5-5)^2 + 10(6-5)^2 + 7(7-5)^2 + 3(8-5)^2\right)}$$

$$\sqrt{\frac{(45+20+8+10+28+27)}{50}} = 1{,}66$$

% 99 → $\frac{1{,}22}{\sqrt{n}}$

$\boxed{\% 95 \to \frac{1{,}36}{\sqrt{n}}}$

% 90 → $\frac{1{,}63}{\sqrt{n}}$

$D_N = 0{,}0345$

$$D_{NT} = \frac{1{,}36}{\sqrt{50}} = 0{,}192$$

$D_{NT} > D_N$
kabul

H0: Ortalaması 5, standart sap 1,66 olan normal dağılıma uyar.

Ha: ort 5, σ = 1,66 olan normal dağılıma uymaz.

H0: 0,192 > 0,0345
kabul

# Kuyruk Sistemleri

Saf Doğum

- Sadece giriş var, çıkış yok.
- Poisson dağılımı

$$P\{x=k \| t\} = \frac{(\lambda t)^k e^{-\lambda t}}{k!}, \quad k=0,1,2,\ldots$$

Birim zamanda $\lambda$ geliş var
t süre içerisinde
k tane geliş olma olasılığı

$$P\{x=k \| t\} = \frac{(\lambda t)^k e^{-\lambda t}}{k!}, \quad k=0,1,2,\ldots$$

geliş, saat

beklenen değeri $E\{t\} = \lambda t$

## Örnek

Bir üniversitenin ağa bağlı yazıcısına gelen iş emirleri bir saatte 5 tanedir $\lambda=5$

a-) Günlük kaç yazma emri gelmesi beklenmektedir?

b) Herhangi bir günde hiç emir gelmeme olasılığı nedir?

c) Bir saatlik zaman dilimi içerisinde 10 tane iş emri olma olasılığı?

$k=10$
$t=1$
$\lambda=5$

a-) 1 saatte 5
24 saatte x

$24 \cdot 5 = x$
$x = 120$

b-) k tane
hiç değil = 0

bir gün = 24 saat

$$P(x=0 \| 24) = \frac{(\lambda t)^k e^{-\lambda t}}{k!} = \frac{(5 \cdot 24)^0 e^{-(5 \cdot 24)}}{0!} = 1 \cdot 1 \cdot e^{-120} \approx 0$$

c-)
$$P\{x=10 \| 1\} = \frac{(\lambda t)^k \cdot e^{-\lambda t}}{k!} = \frac{(5 \cdot 1)^{10} \cdot e^{-5 \cdot 1}}{10!} = \frac{5^{10} \cdot e^{-5}}{10!} \approx 0{,}0181$$

## Örnek

İşine gitmek için 2 metro hattının geçtiği bir aktarma istasyonunda bekleyen Ahmet 2 metro hattından birine binerek yaklaşık 10 dk'lık yolculuktan sonra bu iki metro hattının birleştiği bir istasyonda inerek işine gitmektedir.
Metro hatlarından biri M1 Poisson dağılımına uygun olarak her 10 dk'da bir, M2 de her 8 dk-da bir Ahmet'in bulunduğu istasyondan geçmektedir.

$t=10$
10 dk'lık bir zaman diliminde iki gelişin olması olasılığı nedir?

$k=2$
$t=10$
$\lambda=0{,}225$

M1 / 10 dk 1 kez geliyor
1 dk x ?

$? = \frac{1}{10}$ geliş/dk

$\lambda_1 = \frac{1}{10} = 0{,}1$

M2 / 8 dk 1 kez geliyor
1 dk x ?

$? = \frac{1}{8}$ geliş/dk

$\lambda_2 = \frac{1}{8} = 0{,}125$

$\lambda_{m1,m2} = 0{,}1 + 0{,}125 = 0{,}225$ geliş/dk

$$P\{x=2 \| 10\} = \frac{(0{,}225 \cdot 10)^2 \cdot e^{-0{,}225 \cdot 10}}{2!} = 0{,}2668$$

% 26,68

* Kuyruk Modelleri gösterimi bonus olarak çıkmış.
* Performans Kriterleri çıkar.

# Kuyruk Modelleri

(a/b/c) ; (d/e/f)

a.) Gelişler arası süre dağılımı / Geliş Hızı
b.) Servis süresi dağılımı / Servis hızı
c.) Sistemde bulunan kanal (servis) sayısı.
d.) Kuyruk disiplini
e.) Sistem kapasitesi (sistemde müsaade edilen müşteri sayısı; kuyruk + serviste olanlar)
f.) Geliş kaynağı büyüklüğü

Kuyruk Modellerinin Gösterimi

(M/D/5): FCFS / 7 / ∞) → müşteri geliş kaynağı ∞'dur. şeklinde gösterilen kuyruk modelinin temel nitelikleri şeklinde

M → poisson dağılımına uygun gelişlerin olduğu
D → sabit servis süresine sahip
5 → 5 tane paralel servis birimi bulunur
FCFS → bu sistemde ilk gelen müşteri ilk hizmet görür.
7 → tüm sistem 7 müşteri ile sınırlıdır.

genelde ; D ; Sabit servis süresine sahip

(a/b/c) ; (d, e, f)

e → tüm sistem e müşteri ile sınırlandırılmıştır.
f → müşteri geliş kaynağı f tanedir
c → c tane paralel servis birimi bulunur

D : sbt servis süresi
M : Poisson dağılımına uygun
Ek = Erlang-Gama hizmet dağılımı
GI → Gelişler arası süre bağımsız dağılımı
G → hizmet süresini sbt dağılım

FIFO: İlk gelen ilk hizmet
LCFS: Son gelen ilk hizmet
SIRO: Tesadüfi servis
GD: Genel servis disiplini

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

λ → saatte kaç müşteri geldi
μ → kaç müşteri hizmet aldı

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu-\lambda} \qquad c^* = L_s - L_q$$

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}$$

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda_{eff}} = \frac{1}{\mu-\lambda}$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda_{eff}} = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)}$$

$$\lambda_{eff} = \lambda - \lambda \cdot P_N$$

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$$

# Performans Kriterleri *

P: sistemin herhangi bir anda dolu olma olasılığı
Ls: sistemde olması beklenen müşteri sayısı (hizmet alanlar + bekleyenler)
Lq: kuyrukta olması beklenen müşteri sayısı (kuyruk uzunluğu)
Ws: sistemde ortalama bekleme süresi
Wq: kuyrukta ort. bekleme süresi → (bekleme + iş)
c: servis sağlayıcı sayısı
c*: ortalama meşgul olan servis sağlayıcı sayısı.

## Örnek

Bilgisayar Tamircisi

Bir bilgisayar tamircisi bozuk bir bilgisayarı 15 dakikada tamir etmektedir.

Tamirciye onarılması için 4 saatte 5 bozuk bilgisayar getirilmektedir.

Tamirci bir günde ne kadar süre boş kaldığını ve serviste ortalama kaç bozuk bilgisayar bulunduğunu bilmek istemektedir.

15 dk da 1 bilgisayar
60 dk ?=4 bilgisayar tamir eder

4 saatte 5 bozuk PC gelirse
1 saate ?=1,25 bozuk PC gelir.

$\mu$ → tamir edilen bilgisayar sayısı

$\lambda$ → saate kaç bilgisayar geldiği

$\mu = 4$

$\lambda = 1,25 = \frac{5}{4}$

- sistemin dolu olma olasılığı:

$P = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\frac{5}{4}}{4} = \frac{5}{16} = 0,31$

- boş olma olasılığı

$1 - \frac{5}{16} = \frac{11}{16}$

$1 - 0,31 = 0,69$

- Serviste ortalama kaç bozuk bilgisayar bulunduğu:

$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{\frac{5}{4}}{4 - \frac{5}{4}} = \frac{5}{11}$ bilgisayar $= 0,45$

## Örnek 4

OEM bilemehanesinde bileme ustası, bozuk şaft testereyi (ŞT) ortalama 30 dk'da tamir etmektedir.

Ustaya onarılması için 8 saatte ortalama 10 bozuk şaft testere gelmektedir.

Tamirci bir günde ne kadar süre boşta kaldığını ve dükkanda ortalama kaç bozuk pompanın olduğunu bilmek istemektedir.

$\lambda$ → saatte kaç müşteri geldi
$\mu$ → kaç müşteri hizmet aldı

1 PC 30 dk
x 60 dk

$x = \frac{60}{30} = 2$

saatte 2 tamir yapmakta

" 8 saate 10 bozuk testere
1 saate x

$x = \frac{5}{4}$ bozuk testere gelir $\mu = 2$

$\lambda = \frac{5}{4}$

- Tamirci bir günde ne kadar süre boşta kalır?

dolu
$P = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\frac{5}{4}}{2} = \frac{5}{4} \cdot \frac{1}{2} = \frac{5}{8}$

boş

$1 - \frac{5}{8} = \frac{3}{8}$

dükkanda ort kaç bozuk şaft testere olduğunu bul.

$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{\frac{5}{4}}{2 - \frac{5}{4}} = \frac{\frac{5}{4}}{\frac{3}{4}} = \frac{5}{3}$

## Soru

Bir terzide, işçilerin el takım almak üzere gittiği bir takımhanede görevliye her 5 dk'da 9 işçi gelmekte ve görevli 5 dk'da 10 işçi isteğini yerine getirmektedir. Buna göre;

a) Takımhanede bulunan ort işçi sayısı?

$\lambda$ = saatte kaç müşteri geldiği.
$\mu$ = kaç müşteri hizmet aldığı.

5 dk — 9
60 dk — x

$\frac{60 \cdot 9}{5} = 108$ müşteri gelmekte

5 dk — 10 işçi
60 dk — x

$\frac{10 \cdot 60}{5} = x$

$x = 120$ müşteriye hizmet vermekte

$\lambda = 108$

$\mu = 120$

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{108}{120-108} = \frac{108}{12} = 9 \text{ işçi}$$

b) Takımhane kuyruğunda bekleyen ort işçi sayısı?

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu \cdot (\mu - \lambda)} = \frac{108^2}{120(120-108)} = \frac{108 \cdot 108}{12 \cdot 120} = 8,1 \text{ işçi}$$

c) İşçilerin takımhanede geçirdikleri ort süre?

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{120-108} = \frac{1}{12} \text{ saat}$$

d) İşçilerin kuyrukta beklediği ort süre?

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu \cdot (\mu - \lambda)} = \frac{108}{120 \cdot 12} = 0,075 \text{ saat}$$

## Soru: Mağazada Self Servis Sist. Kurulmu

Bir mağazaya müşterilerin gelişleri Poisson dağılıma uymakta olup saatte 42 kişidir.

Mağazadaki satış personeli saatte ortalama 60 kişiye hizmet vermektedir.

Mağaza günde 8 saat çalışmakta, satış personeline saatte 10 TL ödemektedir. Firmaya müşterilerin beklemesinin maliyetinin saatte müşteri başına 000 TL olduğu kabul edilmektedir.

Yönetici satışların daha iyi yürütülmesi için ek self servis sistemi kurarak bir saatlik servis oranını 70 kişiye çıkarmayı hedeflemektedir.

Ek sistemin işletmede yerleştirilmesi günlük maliyeti 500 TL artacaktır. Buna göre bu kararın işletme maliyetlerine yansımasını inceleyelim.

$\lambda \rightarrow$ saatte kaç müşteri geldiği
$\mu$ = kaç müşteri hizmet aldığı
$\lambda = 42$ $\mu = 60$

OBMT = Ort bekleme maliyet toplamı = + Ort bekleme zamanı işlek maliyeti + Ort bekleme zamanı sistem maliyeti

OBZM = Ort bekleme zamanı maliyeti = kuyruk bekleme süresi × bekleme maliyeti × günlük gelen müşt

Wq.

Bir teknoloji tamir merkezi, arızalı telefonların onarımını üstlenmektedir. Tamir merkezinde çalışan usta tamirci, bir akıllı telefonu ortalama 18 dk. da tamir edebilmektedir. Müşteriler tarafından her 2 saatte ortalama 8 arızalı telefon servise getirilmektedir. Servis yönetimi tamir merkezindeki bekleme süresini ve hizmet verimliliğini artırmak için bazı analizler yapmayı planlamaktadır. Yönetim, günlük çalışma saatleri boyunca tamircinin ortalama ne kadar süre boş kaldığını ve tamir merkezinde biriken ortalama arızalı telefon sayısını öğrenmek istemektedir. Ayrıca müşterilerin bekleme sürelerini ve tamircinin serviste geçirdiği yoğunluğu anlamakta önemli görülmektedir.

$\lambda \to$ saatte kaç müşteri geldi

$\mu \to$ kaç müşteri hizmet aldı.

1 — 18 dk tamir eder

? — 60 dk

$? = \frac{60}{18} = \frac{10}{3} = 3{,}33$

120 dk — 8 arızalı telefon gelir.

60 dk — $? = 4$

$\lambda = 4$

$\mu = \frac{10}{3}$

a.) Tamircinin boş kalma olasılığı, Tamircinin gün içinde serviste boş kaldığı sürenin olasılığı?

doluluk = yoğunluk

$\boxed{P = \frac{\lambda}{\mu}} = \frac{4}{\frac{10}{3}} = \frac{12}{10} = 1{,}2$

boşluk

$1 - 1{,}2 = -0{,}2$

tamircinin boş olma olasılığı negatif her zaman çalışıyor.

b.) Servisteki ortalama telefon sayısı, Tamir merkezinde ortalama kaç arızalı telefon bulunduğunu bulunuz.

$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{4}{\frac{10}{3} - 4} = \frac{4}{\frac{10}{3} - \frac{12}{3}} = \frac{4}{\frac{-2}{3}} = \frac{12}{-2} = -6$

negatiflik $\to \infty$

aşırı yüklenme

c.) Müşterilerin ortalama bekleme süresi

$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad \frac{4}{\frac{10}{3}\left(\frac{10}{3} - 4\right)} = \frac{4}{\frac{10}{3} \cdot \frac{-2}{3}} = \frac{4 \cdot 9}{-20} = -\frac{9}{5} = -1{,}8$

negatiflik $\to \infty$

d.) Sistem yoğunluğu

$\boxed{P = \frac{\lambda}{\mu}} = \frac{4}{\frac{10}{3}} = \frac{12}{10} = 1{,}2$

e.) tamircinin serviste geçirdiği ort süre (bekleme süresi + tamir süresi)

$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{\frac{10}{3} - 4} = -\frac{3}{2} = -1{,}5 \to \infty$

Bir araç bakım merkezi, müşterilerden gelen araçların yağ değişimi ve küçük tamir işlemlerini yapmaktadır. Merkezde çalışan bir teknisyen, bir aracı ortalama 10 dk'da bakım yaparak teslim etmektedir. 3 saatte ortalama 12 araç müşteriler tarafından her 3 saatte ortalama 12 araç bakım merkezine getirilmektedir. Servis yönetimi, bakım merkezindeki bekleme süresini ve teknisyenin verimliliğini artırmak amacıyla çeşitli analizler yapmayı planlamaktadır. Yönetim, günlük çalışma saatleri boyunca teknisyenin ne kadar süre boş kaldığını ve bakım merkezinde biriken ortalama araç sayısını öğrenmek istemektedir. Ayrıca, müşterilerin bekleme sürelerini ve teknisyenin işte geçirdiği yoğunluğu anlamakta önemli görülmektedir.

$\lambda \to$ saatte kaç müşteri geldi?

$\mu \to$ kaç müşteri hizmet aldı?

1 — 10 dk

? — 60 dk

$? = 6$ araç bakımı.

$\lambda = 4$

$\mu = 6$

180 dk — 12

60 dk — $? = 4$ araç gelir

$\frac{60 \cdot 12}{180} = 4$

a.) teknisyenin boş kalma olasılığı?

doluluk = yoğunluk

$\boxed{P = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{4}{6}} = 0{,}67 \Rightarrow \overbrace{1 - 0{,}67 = 0{,}33}^{\text{boş kalma olasılığı.}}$

b.) bakım merkezinde ortalama araç sayısı?

$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{4}{6 - 4} = \frac{4}{2} = 2$

c.) Müşterilerin ort bekleme süresi? (bakım işlemine başlamadan önce)

$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{4}{6 \cdot \underbrace{(6-4)}_{2}} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3} = 0{,}33$ saat

d.) Sistem yoğunluğu?

$P = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{4}{6} = 0{,}67$

e.) teknisyenin araç başına geçirdiği ort süre? (bekleme + bakım süresi)

$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{6 - 4} = \frac{1}{2} = \%50$