Öneri.C.6.S.24.
Haziran 2005.279-285.

DİNAMİK SERVİSLİ KUYRUK SİSTEMİNİN SABİT SERVİSLİ KUYRUK SİSTEMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI VE İGDAŞ BAKIRKÖY VEZNELERİNE SİMÜLASYONU

S. Erdal DİNÇER

Marmara Üniversitesi, İ.İ.B.F., Ekonometri Bölümü, Yöneylem Araştırması Anabilim Dalı, Dr.

COMPARISON OF THE DYNAMIC AND FIXED SERVER QUEING SYSTEMS AND SIMULATION ON İGDAŞ BAKIRKÖY CASHIERS

Abstract:** **In this paper, we propose dynamic-server queuing model that increases system efficiency and customer satisfaction compared with practice. It fits multi server systems sharing a common queue, typical in banks and airlines check-in among others. The purpose of such model is to signal a manager on duty periodically with a message to add or dismiss a server or servers based on customer arrival and departure information. Its objective is to control maximum queue length and minimize the number of servers on by periodically adjusting that number. He proposed dynamic-server model is used to develop a simulation algorithm. It helps evaluate the model characteristics and compare them with those of standard models.

***Keywords:** Queuing Models, Simulation*

DİNAMİK SERVİSLİ KUYRUK SİSTEMİNİN SABİT SERVİSLİ KUYRUK SİSTEMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI VE İGDAŞ BAKIRKÖY VEZNELERİNE SİMÜLASYONU

Özet:Bu çalışmada dinamik servisli bir kuyruk modeli oluşturulmaya çalışılmıştır. Böyle bir modeldeki temel amaç müşteri geliş ve değişim bilgilerine göre servis veya servislerin sisteme dahil edilmesi veya çıkartılması veya diğer bir ifadeyle periyodik yoğunluk ve boşluğun çözüme kavuşturulmasıdır. Dinamik servis modelleri tek kuyruklu ve çok servisli sistemler için geliştirilmiş bir yöntemdir. Dinamik servis modelleri algoritması gereken sayıdaki servis sayısını sisteme dahil etmeyi hedeflemektedir. Burada dikkat edilmesi gereken temel nokta bekleyen maksimum müşteri sayısının önsel tahminlerinin olmadığı durumlarda çalışmasıdır. Şayet gelen müşteri sayısında marjinal bir artış söz konusu olursa model sisteme sistemin izin verdiği miktarda servisi dahil etmeyi planlamaktadır. Aynı şekilde bunun aksi durumuda geçerli olmaktadır.

***Anahtar Kelimeler:** Kuyruk Modelleri, Simülasyon.*

I. GİRİŞ

Bu alanda yapılan pek çok çalışma ortak bir kuyruğu paylaşan çoklu servis sisteminin oluşturulmasına yönelik modelleri analiz etmektedir. Kuyruk modellerinin ortak noktası servis sayılarının optimizasyonunun sistemin maliyet fonksiyonunu minimize edeceğine yöneliktir. Sabit servis kanallı ticari sistemlerin pek çoğu için varışların sayısı, zaman zaman meydana gelen uzun kuyruklar ve bekleme zamanından dolayı sabit servis kanallı modellerin vaat ettiği sabit bir değere karşın sabitlikten uzaklaşmaktadır. Bazı modeller genel sistem maliyetini minimize edebilmektedir. Bu modeller ortalama değerleri doğru bir şekilde hesaplarken uç değer ve durumları göz ardı etmektedir. Bu durum da bu modellerin çok önemli bir dezavantajını oluşturmaktadır. Bundan dolayı bekleyen maksimum müşteri sayısını ve maksimum bekleme zamanını minimize etmeye yönelik bir sistemin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaca cevap vermek amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Ancak bu çalışmalar uzun kuyruklar ve uzun bekleme süreleri üzerinde yoğunlaşmamaktadır. Ancak Tegham, zaman içerisinde değiştirilebilen sistem özelliklerine sahip dinamik bir modeli ortaya koymuştur. Tegham, farklı sistem tipleri arasındaki seçimin servis değişimi maliyetine bağımlı olduğunu ortaya koymuştur [1].

Müşterilerin servis kalitesine bakış açısı bekleme zamanı ve benzer diğer faktörlerin bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Ortak davranış biçimi olarak hiç kimse beklemekten hoşlanmamaktadır. Servis zamanı ve bekleme hatlarının minimizasyonu maliyetli bir yapıya sahip olup böyle bir minimizasyonu tek başına gerçekleştirebilecek öngörülü bir kuyruk sisteminin oluşturulabilmesi mümkün görülmemektedir. Minimizasyon için daha uygun bir fonksiyon tüm sistem maliyetlerini ortaklaşa bir şekilde işleme tabi tutabilmelidir. Gerçekte, servis maliyeti göreceli olarak deterministik olup bekleme maliyetinin ise böyle bir özelliği yoktur. Servis maliyetinin tahmini boş servisin diğer üretimsel faaliyetlere yönlendirilmesi durumunda oldukça güç hale gelmektedir. Bekleme maliyetinin hesabı ise çok daha güçtür. Çünkü, müşteri tatminsizliğini ölçebilmek oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bazı minimizasyon koşulları altında tamamlanmamış maliyet fonksiyonları, alt optimal çözümler ve alternatif yöntemler bu konuda bir problemin varlığını göstermektedir [2-3].

II. MODEL

Pek çok kuyruk modelinde olduğu gibi, dinamik servisli kuyruk modeli de bazı varsayım ve özelliklere sahiptir. Model, temel olarak periyodik bir şekilde servis sayılarını azaltmaya yönelik olarak işlem yapmaktadır. Modelin değişkenleri zaman ilintilidir. Zaman tam sayılı bir göstergeç ile temsil edilmekte (t=1,2,....,T) ve eşit aralıklara sahip olmaktadır. Kuyruk disiplini bir banka, postane, hava alanı gibi tek bir kuyruktan oluşan çoklu servisli bir kuyruk disiplinini içermektedir. Servis sayısının periyodik olarak değiştirilmesi durumunda standart bir analitik modelin uygulanması veya geliştirilmesi mümkün olmamaktadır. Aynı güçlük sistemin simüle edilmesi ve özelliklerin uygulamaya sokulması için de geçerlidir [4-5-6] .

III. MODELİN VARSAYIMLARI

Bu tür modeller için,

1- Varışlar poisson dağılıma uygun olması

2- Kuyruk disiplininin FIFO olması

3- t periyodu süresince servis sayısı S_t ve S_t nin de pozitif bir tamsayı olması

4- Maksimum hizmet kapasitesinin $S_t \leq$maksimum ulaşılabilir hizmet noktası olması

5- Yönetimin minimum faal servis isteğinde bulunması

6- Servis sayısının bekleme kuyruğunun uzunluğuna göre periyodik olarak azaltılmaya izin vermesi

7- Servis zamanının exponantial dağılıma uygun olması

8- Yönetimce bir servisin servis zamanının minimum olmasının istenmesi

9- Servislerin diğer faaliyetlerle meşgul olmaması

10- Servisi görevden almanın LIFO ya uygun olması

IV. DEĞİŞKEN GİRİŞİ VE EŞİTLİKLER

Dinamik servis disiplini standart olmasına karşın zaman ilintili kuyruk modeli değişkenlerine sahiptir. Bunlar [7-8],

λ_t: t zaman periyodu süresince gelişlerin sayısı, $\lambda_t \geq 0$

μ_t: t zaman periyodu süresince servisin ortalama hizmet oranı, $\mu_t \geq 0$

L_t: t zaman periyodu süresince sistemde bulunan müşteri sayısı

L_t^q: t zaman periyodu süresince kuyrukta bekleyen müşteri sayısı

W_t^q : t zaman periyodu süresince bekleme zamanı

S_t: t zaman periyodu süresince meşgul servis sayısı

Dinamik servis modellerinin simülasyonunda, standart sistem parçalarının hesaplanmasına yardımcı olan pek çok eşitlik vardır. Her bir dakikada sistemde bulunan toplam müşteri sayısı bu parçalardan bir tanesidir. İlk periyodun sonuna doğru sistemde bulunan müşteri sayısı [9];

$$L_t = L_{t-1} + \lambda_t - \mu_{t-1}.S_{t-1}$$

dır. Bu eşitlik sürekli bir sirkülasyon odlunu varsaymaktadır. $\lambda_t \geq 0$ 0lması durumunda gelişlerin ortalamasından dolayı sistemdeki müşteri sayısı artacaktır. Ayrıca, şayet μ_{t-1}. $S_{t-1}>0$ ise servis sayısının azaltılması hizmet gören müşteri sayısında da azalmaya neden olacaktır. Simülasyon sırasında negatif müşteri sayısından ($L_t<0$, $L_t=0$) kaçınabilmek için negatif olmama koşulunun da konması bir zorunluluktur. Bu tesadüfi olarak oluşturulan μ_t için söz konusu olmaktadır [10].

Yukarıda yer alan eşitlikte, μ_{t-1}. S_{t-1}, L_t yi $\mu_i.S_i$ den daha fazla belirleyici bir ifadedir. Çünkü, bekleyen müşteri sayısının servis sayısına oranı S_t deki değişim tarafından tetiklenmektedir. Kabul edilebilir maksimum müşteri-servis oranının aşılması durumunda servis takviyesi yapılabilir. Şayet oran önceden beklenilen değerin altına düşerse bu defa da bir servisin görevden alınması söz konusu olacaktır. Bu önsel olarak istenilen değer α ile ifade edilmektedir (L_t^q/S_t). Böylece bir zaman diliminden bir diğerine servis sayısındaki değişme aşağıdaki gibi ifade edilebilir [11].

$$\Delta S_t = \left(L_t^q / S_{t-1}\right) - \alpha$$

Burada $\Delta S_t = S_t - S_{t-1}$ olup hesaplama işlemi sonucunda elde edilen değer ise daima bir üst tam değere yuvarlanmaktadır. Gerçek hayatta, yöneticiler tarafından α değeri programın uygulanmasından önce incelenerek belirlenmektedir.

Min ST, S_{max} ve S_{min} gibi girdi değişkenlerinin tanımlanması model varsayımlarının tatmin edilmesi ve her zaman meşgul servis sayısının hesaplanmasına yardımcı olmaktadır. Min ST, marjinal servis için minimum servis zamanını ifade etmektedir. bu değişken görevler arasındaki değişiklik sıklığına bağlı olarak çalışanlarda meydana gelebilecek gerilimin tahmin edilmesi için gerekli temeli oluşturmaktadır. Buna ilaveten, servisin devre dışı bırakılması (L_t^q/S_{t-1})<α ve MinST≤RSST durumunda söz konusudur. Burada RSST; yer değiştirilebilir servis için gerçek hizmet zamanını ifade etmektedir. S_{max}, herhangi bir t zamanında meşgul olan muhtemel maksimum servis sayısıdır. S_{min}; sistemin boş olması durumunda bile meşgul olan minimum servis sayısını ifade etmektedir. bu değişkenler göz önüne alınarak herhangi bir andaki olması gereken servis sayısı [12];

$$S_t = \begin{cases} \min[S\max,(S_{t-1}+\Delta S_t)] \rightarrow şayet\, \Delta S_t > 0 \\ S_{t-1} \rightarrow şayet\, \Delta S_t = 0\, veya\, MinST > RSST \\ \max[S\max,(S_{t-1}+\Delta S_t)] \rightarrow şayet\, \Delta S_t < 0\, ve\, MinST \leq RSST \end{cases}$$

Yukarıda yer alan eşitlik bir lokal minimum da S_t nin ter almasını garantilemektedir. t zamanı boyunca hatta bekleyen müşteri sayısı sistemde bulunan toplam müşteri sayısından daha azdır. Bu,

$$L_t^q = L_t - \mu_{t-1}.S_{t-1} - S_t$$

ile ifade edilebilir. Ayrıca, bu mukayese negatif olmama koşuluyla da sınırlıdır (L_t<0, L_t=0).

V. ÖLÇÜT GELİŞTİRME DİSİPLİNİ

Dinamik sabit servisli kuyruk modellerinin mukayesesinde 6 adet mukayese ölçütünden yararlanılmaktadır. Bunlardan 4 tanesi genel bilinen ölçütlerdir. Bu ölçütler sürekli olarak sistemin geliştirilmesi için kullanılırlar. Diğer iki ölçüt ise lokal olup fazla kullanıma sahip ölçütler değildir. Bu iki ölçütün temel hedefi lokal minimizasyonu gerçekleştirmeye yöneliktir [13-14-15].

VI. GENEL KULLANIM ÖLÇÜTLERİ

(1) Sistemin boş olma olasılığı:

$$P_0 = T^{-1}\sum_t I(L_t = 0)$$

Burada I, t zaman periyodunda sistemin boş olma durumuyla ilgili bir belirteçtir ve

$$I(L_t = 0) = \begin{cases} 1 & şayet\ L_t = 0 \\ 0 & şayet\ L_t \geq 1 \end{cases}$$

(2) Sistemdeki ortalama müşteri sayısı

$$L = T^{-1}\sum_t L_t$$

(3) Bekleyen ortalama müşteri sayısı

$$L^q = T^{-1}\sum_t L_t^q$$

(4) Ortalama bekleme süresi

$$W^q = T^{-1}\sum_t W_t^q$$

Burada $W_t^q \geq 0$ *dır. Alternatif olarak*

Şayet $L_q < S_t$ *ise* $W_t^q = 0$

$$değilse\ W_t^q = \left(\frac{1}{\mu_t}\right).\left(\frac{L_t^q}{S_{t-1}}\right)$$

VII. BÖLGESEL KULLANIM ÖLÇÜTLERİ

(1) Günlük ortalama maksimum kuyruk [16-18].

Günlük maksimum bekleme zamanı

$$MaxW^q = n^{-1}\sum_{i=1}^{n} MaxW_i^q$$

Burada $maxL_i^q$ i. gün içerisindeki herhangi bir zamandaki maksimum kuyruk uzunluğudur. Ayrıca, i=1,2,....,n ise günlere karşılık gelmektedir.

$MaxW_i^q$ ise i. gün boyunca herhangi bir müşteri için maksimum bekleme zamanıdır [19].

$$MaxL^q = n^{-1}\sum_{i=1}^{n} MaxL_i^q$$

VIII. UYGULAMA

Bu bölümde iki farklı kuyruk sistemi simülasyonu üzerinde durulacaktır. Sistemlerden ilki dinamik diğeri ise klasik M/M/S sabit servisli sistemdir.

Varış ve servis oranları her iki simülasyon için tamamen aynı olarak alınmıştır. Simülasyon işlemi 30 çalışma günü ve günlük 480 dakikalık çalışma zamanı baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Uygulamaya konu olan servis oranı (μ_t) üstel dağılıma, varışların oranı (λ_t) ise poisson dağılıma uygunluk göstermektedir. Ortalama geliş oranı: 3 müşteri/dk. ve ortalama servis oranı ise:0.5

müşteri/dk. olarak hesaplanmıştır. Bu örnek simülasyon çalışması İGDAŞ'a ait Bakırköy veznelerini kapsamakta olup bu çalışma alanı hali hazırda tek kuyruklu çoklu sabit servis sistemli olarak faaliyet göstermektedir.

M/M/S sistemi için simülasyon işleminde sabit servis sayısı seçilmek zorundadır. Model için bekleme hattındaki sonsuz büyüklükten kaçınmak gerekmektedir ($S > \lambda / \mu$). Şayet, λ=3 ve μ=0.5 ise, minimum sabit servis sayısı ≥2 olmak zorundadır. Daha iyi bir analiz için sabit servis içeren 4 senaryo üzerinde simülasyon çalışması yapılmıştır.

Dinamik servis sistemi için ise, α, MinST, Smin ve Smax değerlerinin seçilmesi gerekmektedir. Dinamik sistem için de 4 senaryodan hareketle simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. İki senaryo için farklı α değerlerinde MinST=2 dk. dır. Yalnızca α=0.5 ve α=1.0 değerlerinde simülasyon sayısı kabul edilebilir düzeydedir. Diğer iki senaryo için aynı α oranlarında MinST=10 dk. dır. Bu simülasyonlar içinde 2dk. lık minimum servis zamanı tercih edilebilir bir değerdir. Tablo.1 deki sonuçlardan da bu açıkça görülebilmektedir. Smin bir sonraki gelecek müşteri için acil servis sağlamaya yönelik olup 1' e eşittir.

Tablo.1. Mukayeseli İşlem Özellikleri

Sabit servis disiplini	*P(0)*	*L*	L^q	W^q	*Max*L^q	*Max*W^q
S=3						
Simüle edilmiş ortalama	0.007	15.720	7.997	2.600	40.590	13.533
Standart sapma	0.006	7.678	7.065	2.284	19.924	6.642
Teorik ortalama	0.002	9.683	3.683	1.228		
S=4						
Simüle edilmiş ortalama	0.012	9.105	2.209	0.670	23.971	7.405
Standart sapma	0.008	2.235	1.582	0.475	8.186	2.609
Teorik ortalama	0.002	7.071	1.071	0.357		
S=5						
Simüle edilmiş ortalama	0.018	7.034	0.814	0.233	16.587	4.840
Standart sapma	0.009	1.204	0.604	0.172	6.259	1.864
Teorik ortalama	0.002	6.392	0.392	0.131		
S=6						
Simüle edilmiş ortalama	0.022	5.960	0.312	0.085	11.789	3.325
Standart sapma	0.008	0.770	0.261	0.073	5.187	1.456
Teorik ortalama	0.002	6.152	0.152	0.051		
Dinamik Servis Disiplini MinST=2dk.						
α=0.5						
Simüle edilmiş ortalama	0.005	10.807	2.690	0.225	15.112	2.653
Standart sapma	0.005	0.662	0.242	0.015	2.408	0.668
α=1.0						
Simüle edilmiş ortalama	0.001	13.105	4.637	0.400	18.743	3.282
Standart sapma	0.003	0.782	0.365	0.026	2.776	0.805
Dinamik Servis Disiplini MinST=10dk.						
α=0.5						
Simüle edilmiş ortalama	0.010	8.954	1.638	0.118	14.199	1.953
Standart sapma	0.007	0.628	0.204	0.008	2.829	0.830
α=1.0						
Simüle edilmiş ortalama	0.006	10.696	2.942	0.228	17.550	2.894
Standart sapma	0.006	0.749	0.300	0.012	3.139	0.861

IX. SONUÇLARIN GELİŞTİRİLMESİ

Dinamik servis sisteminin avantajları simülasyondan elde edilen sonuçların mukayesesi ile ortaya konulabilir. Tablo.1 sabit standart servis sistemi ile dinamik servis sistemine ait işlem özelliklerinin karşılaştırılmalarından oluşmaktadır. Tablo.2 dinamik servis senaryolarına göre simüle edilmiş ortalama servis sayısını ve marjinal servisin ihtiyaç duyduğu ortalama zaman değerlerini göstermektedir. Tablo.3 her bir sistem için verilen zaman değerlerinden daha fazla müşteri beklemelerine ait olasılık değerlerini göstermektedir.

Tablo.1 dört adet genel kullanıma sahip iki de genel kullanıma sahip olmayan ölçütlerden oluşmaktadır. Sabit servis disiplini için genel kullanım özellikleri P(o), L, L^q ve W^q iki kez raporlanmıştır. İlki simülasyondan elde edilen ortalama ve standart sapmalardan oluşmakta, ikincisi ise, mukayeselerin teorik ortalamalarından oluşmaktadır. Simüle edilmiş ortalamalar istatistiki olarak genel kullanım ölçütlerinin beklenen teorik değerleriyle uygunluk göstermektedir. Teorik ortalamalar simüle edilmiş ortalamaların standart sapmalarının arasında yer almaktadır. Genel kullanıma sahip olmayan ölçütler $MaxL^q$ ve $MaxW^q$ ise teorik bir ortalamaya sahip değildirler.

Tablo.2. Servislerin Meşgul Olma Olasılıkları

	2 dk. lık dinamik servis				*10 dk. lık dinamik servis*			
	α=0.5		α=1.0		α=0.5		α=1.0	
	Ortalama	Std.sapma	Ortalama	Std.sapma	Ortalama	Std.sapma	Ortalama	Std.sapma
Servis	6.65	0.40	6.32	0.38	7.67	0.46	7.13	0.39
P(S>1)	0.989	0.005	0.990	0.005	0.997	0.004	0.993	0.005
P(S>2	0.956	0.011	0.951	0.012	0.984	0.007	0.972	0.011
P(S>3	0.884	0.022	0.870	0.028	0.941	0.018	0.921	0.021
P(S>4	0.770	0.040	0.749	0.048	0.877	0.026	0.838	0.032
P(S>5	0.631	0.054	0.596	0.058	0.774	0.048	0.714	0.047
P(S>6	0.484	0.059	0.441	0.060	0.640	0.062	0.570	0.052
P(S>7	0.352	0.057	0.305	0.064	0.496	0.068	0.430	0.066
P(S>8	0.240	0.059	0.194	0.053	0.366	0.080	0.294	0.064
P(S>9	0.156	0.051	0.113	0.042	0.260	0.077	0.185	0.063
P(S>10	0.095	0.037	0.061	0.027	0.164	0.063	0.107	0.049
P(S>11	0.054	0.025	0.030	0.018	0.098	0.046	0.055	0.034
P(S>12	0.027	0.017	0.014	0.013	0.053	0.028	0.032	0.031
P(S>13	0.011	0.011	0.005	0.006	0.026	0.023	0.016	0.021
P(S>14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000

Tablo.1 ve Tablo.2 den elde edilen sonuçları inceleyecek olursak;

- Sistemin boş olması durumunda (P(o)) dinamik servis modelinde sabit servis modeline nazaran olasılık değerlerinde genel bir iyileşme gözlenmektedir.

- Dinamik servis simülasyonu için sistemdeki ortalama müşteri sayısı 7 sabit servis sistemli model ile benzerdir. S=7 için L oldukça geniş bir standart sapmaya sahiptir. Standart sapmadaki S=7 den S=10 a aşamalı düşüş servis sayısındaki nispi azalmanın gerçekleşmesi durumunda kuyruk uzunluğundaki azalmayı doğrulamaktadır. Bu durum müşterilerdeki memnuniyetsizliği ve bunun sonucunda da meydana gelebilecek müşteri maliyetine neden olacaktır. Dinamik servis simülasyonlarında ise standart sapma düşük ve istikrarlıdır.

- Benzer şekilde dinamik servis simülasyonları için bekleme hattındaki ortalama müşteri sayısı (L^q) yaklaşık olarak 7 sabit servis sistemi ile aynı düzeydedir. Standart sapmadaki dereceli düşüş de buna bir kanıttır.

- Dinamik servis modelleri için ortalama bekleme süresi W^q , 10 sabit hizmet kanalından daha az sayıda sabit servise sahip tüm sabit sistemlerden daha düşük bir standart sapmaya ve 0.25 dk. dan daha az bir süreye sahiptir. Bu da dinamik servis sisteminin avantajını açıkça ortaya koymaktadır.

- S=7 ve 8 olduğunda herhangi bir zaman aralığında hatta bekleyen müşteri sayısında dinamik servis sisteminde sabit servis sistemine nazaran dikkate değer bir iyileşme gözlenmektedir. Ayrıca dinamik sistemin standart sapması çok daha düşüktür.

- Bir müşterinin beklemede harcadığı ortalama süre Tablo.1 de yer almaktadır. MinST=10 durumunda $MaxW^q$ dinamik servis sisteminde herhangi bir sabit servis sistemine göre daha düşüktür. Tüm bu sonuçlarda dinamik modelin sabit modelden çok daha uygun olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo.3. x dk. dan Daha Fazla Bekleme Olasılıkları.

Süre(dk.)								
Bekleme zamanı	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***
Sabit servis disiplini								
S=3								
Ortalama	0.525	0.418	0.333	0.269	0.219	0.182	0.153	0.128
Standart sapma	0.139	0.165	0.168	0.167	0.166	0.158	0.153	0.144
S=4								
Ortalama	0.283	0.185	0.126	0.085	0.055	0.036	0.022	0.013
Standart sapma	0.105	0.102	0.094	0.076	0.054	0.039	0.031	0.022
S=5								
Ortalama	0.146	0.080	0.044	0.023	0.011	0.006	0.002	0.001
Standart sapma	0.068	0.051	0.036	0.025	0.016	0.013	0.006	0.006
S=6								
Ortalama	0.071	0.032	0.013	0.006	0.002	0.000	0.000	0.000
Standart sapma	0.038	0.027	0.016	0.010	0.006	0.002	0.002	0.000
Dinamik servis disiplini MinST=2dk.								
α=0.5								
Ortalama	0.625	0.018	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Standart sapma	0.024	0.009	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
α=1.0								
Ortalama	0.774	0.050	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Standart sapma	0.025	0.019	0.006	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
MinST=10dk.								
α=0.5								
Ortalama	0.411	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Standart sapma	0.025	0.006	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
α=1.0								
Ortalama	0.547	0.019	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Standart sapma	0.033	0.007	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000

Tablo.3'de dinamik servis sisteminin avantajları daha da net olarak görülmektedir. Tablo.3 belirtilen zaman değerlerinden daha fazla bir süre müşterilerin hatta bekleme olasılıklarını göstermektedir. Bu sonuçlar hiç beklememe süresi olasılığının dinamik servis sisteminde sabit servis sistemine oranla çok daha yüksek olduğunu göstermektedir. Yöntem sistemin kalite kontrol limitlerini (KKL) artırmaya yönelik olarak da kullanılabilir. Tablo.4 buna yönelik sonuçları göstermektedir.

Tablo.4. Kontrol Olasılık Değerleri

		Olasılık (W^q >MaxW^q)			
	MaxW^q	***S=3***	***S=4***	***S=5***	***S=6***
MinST=2dk.					
α=0.5	4.66	0.97	0.87	0.53	0.20
α=1.0	5.70	0.97	0.67	0.30	0.03
MinST=10dk.					
α=0.5	4.44	0.97	0.87	0.57	0.23
α=1.0	5.48	0.97	0.80	0.33	0.03

Tablo.4; Tablo.1 den elde edilen bilgiler ile oluşturulmuştur. KKL=MaxW^q+3σ olup burada σ, anakütlenin standart sapmasıdır. Bu bize %99'luk bir güven aralığı sağlamaktadır. Tablo.4 deki sonuçlar sabit bir servis sisteminde 10 hizmet servisi bile olsa en iyi senaryoda bile zamanın %3'ünün kontrol dışı olduğunu göstermektedir. Bu da servis sayısının 10 dan düşük olduğu durumlarda maksimum bekleme zamanının kontrol altında tutulamama olasılığının çok daha yüksek olacağını göstermektedir.

X. SONUÇ

Hızla gelişen günümüz rekabet koşullarında ön sıralarda yer almak isteyen işletmelerin müşteri tatminini göz önünde bulundurmaları ve bunun tersinin yaratacağı olumsuzluklardan kendilerini koruyabilmeleri kaçınılmaz bir zorunluluktur. Bu nedenle günlük işlemlerden kaynaklanan ve aslında kimsenin bulunmaktan hoşlanmadığı kuyruklara bir çözüm yolu bulunması gerekmektedir. Şüphesiz ki, bulunacak bu çözümün müşterileri tatmin ederken işletmeleri de tatmin etmesi zorunluluğu kaçınılmazdır. Bundan dolayı, kuyruklardaki bazı zaman aralıklarındaki aşırı yığılmayı ve bazı zamanlarda ise boş kalma durumunu göz önünde bulunduracak ve her iki tarafın beklentilerini aynı anda optimize edecek bir çözüm yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda, bu çalışmada sabit servis sistemine karşılık dinamik servis sistemi ele alınmış ve her iki sistem de ortak bir problemin çözümü ile mukayese edilmeye çalışılmıştır. Çözüm sonucunda elde edilen sonuçlardan da görüleceği üzere dinamik servis sisteminin sabit servis sistemine nazaran oldukça fazla sayıda avantaja sahip olduğu ortaya konmuştur. Yine elde edilen sonuçlardan da görüleceği üzere dinamik servis sistemi hem müşteri hem de işletme ile ilgili beklentileri zaman ile bağıntılı bir şekilde aynı anda optimize etmeyi başarmaktadır. Ayrıca, dinamik servis sisteminin yalnızca işletmelerin kuyruk problemlerine değil işletmeler için artık kaçınılmaz bir zorunluluk haline gelen kalite faaliyetlerine de yardımcı olacağı görülmektedir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

[1] Teghem, J.Jr. (1986). Control of the service process in a queuing system. *European Journal of Operation Research*, 23, 141-158.

[2] Eager, D.L.; Lazowska, E.D. & Zahorjan, J. (1986). Adaptive load sharing in homagenous distrubuted sysyems. *IEEE Trans. Soft. Engng*, 12, 662-665.

[3] Lin, W. & Kumar, P. (1984). Optimal control of a queuing system with two heterogeneous servers. *IEEE Trans Automat. Control*, 29, 696-703.

[4] Agrawala, A.; Coffman, E.; Garey, M. & Tripathi, S. (1984). Stochastic optimization algorithm minimizing expected flow times on uniform processors. *IEEE Trans. Comput.*, 33, 351-356.

[5] Booyens, M. & Kritzinger, P.S. (1984). A language to describe and evaluate queuing network models. *Performance Evaluation*, 4(3), 171-181.

[6] Chakravarthy, S. (1992). A finite capacity dynamic priority queuing model. *Computer & Industrial Engineering*, 22(4), 369-385.

[7] Nelson, R. & Towsley, D. (1987). Approximating the mean time in system in a multiple-server queue that uses threshold scheduling. *Opin. Res.*, 35, 419-427.

[8] Ittig, P.T. (1994). Planning service capacitiy when demand is sensitive to delay. *Decision Sciences*, 25, 541-559.

[9] Umesh, U.; Pettit, K. & Brozman, C. (1989). Shopping model of the time-sensitive consumer. *Decision Science*, 20, 715-729.

[10] Szarkowicz, D.S. & Knowles, T.W. (1985). Optimal control of an M/M/S queuing system. *Opin. Res.*, 33, 644-660.

[11] Chakravarthy, S. & Dudin, A. (2003). Analysis of a retrial queuing model with MAP arrivals and two types of customers. *Mathematical and Computer Modelling*, 37(3-4), 343-363

[12] Finkel, D. & Kiff, T. (1987). Simulation of dynamic load sharing in distrubuted computer systems. *Model Simul.*, 18, 1681-1685.

[13] Levine, A. & Finkel, D. (1990). Load balancing in a multi server queuing system. *Comput. Opin.. Res.*, 17, 17-25.

[14] Poon , M.H.; Wong, S.C. & Tong, C.O. (2004). A dynamic schedule-based model for congested transit Networks. *Transportation Research Part B: Methodological*, 38(4), 343-368.

[15] Larson, R. (1987). Perspectives on queues: Social justice and the psychology of queuing. *Opin. Res.*, 35, 895-905.

[16] Crabill, T.B. & Gross, D. (1977). Magazine, M. J.. A classified bibliography of research on optimal design and control of queues. *Opin. Res.*, 25, 219-232.

[17] Pearn, W.L. & Chang, Y.C. (2004). Optimal management of the *N*-policy $M/E_k/1$ queuing system with a removable service station: a sensitivity investigation. *Computers & Operations Research*, 31(7), 1001-1015.

[18] Hansen., M. (2002). Micro-level analysis of airport delay externalities using deterministic queuing models a case study. *Journal of Air Transport Management*, 8(2), 73-87.

[19] Moreno, P. (2004. An $M/G/1$ retrial queue with recurrent customers and general retrial times. *Applied Mathematics and Computation*, 159(3), 651-666.

S.Erdal DİNÇER (edincer@marmara.edu.tr) is a doctor of Operation Research Section in Econometrics Department at Marmara University. His research areas are multiple criteria decision making. project analysis-management, financial management and strategic management