

Sağlık Hizmetlerinde Kaynakların Doğru Kullanımında Bilgisayar Benzetim Yönteminin Kullanılması: Bir Poliklinik Çalışması

Kaya KURU^a, Husamettin GÜL^b, Guney GÜRSEL^a, Kemal ARDA^c, Erkan MUMCUOĞLU^d, Nazife BAYKAL^c

^aGülhane Askeri Tıp Akademisi, Bilgi İşlem Kısmı, Ankara

^bGülhane Askeri Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı, Ankara

^cYüksek İhtisas Hastanesi, Radyoloji Kliniği, Ankara

^dOrtadoğu Üniversitesi Enformatik Enstitüsü, Sağlık Bilişimi Anabilim Dalı Ankara,

^eOrtadoğu Üniversitesi Enformatik Enstitüsü, Ankara

Abstract

Use of computer simulation method in resource management in healthcare; A study in outpatient clinics

Simulation can be used to determine the work load of the health staff and the needs of system resources in healthcare. We performed a simulation study for outpatient clinics of an internal medicine department. The data are obtained from electronic health recording system (EHR) except for the duration of doctor examination. Data from 18,750 patients were used. We used different scenarios to determine the critical factors affecting patient queue size. We found that the number of doctors was the most important factor influencing the waiting duration and patients queue size. Other factors affecting the system performance were the mean examination time and the revolving fund processes. In conclusion, this study shows that simulation is a possible method to determine critical factors for service performance.

Key Words:

Simulation; Modeling; Simulation method; Process improvement; Performance improvement; Quality improvement

Özet

Bu çalışmada, sağlık çalışanlarının iş yüklerini ve sistem kaynaklarına duyulan ihtiyaç miktarının belirlenmesi amacıyla iç hastalıkları polikliniğinin bir bilgisayar benzetim (BB, simülasyon) çalışmasını yaptık. Modelleme ve benzetim için tüm veriler doktor muayene süresi dışında elektronik hasta kayıt sisteminden (EHK) alındı. Bu çalışmada, 18,750 hastadan elde edilen veriler kullanıldı. Hasta bekleme sırasını etkileyen kritik faktörleri belirleyebilmek için çeşitli senaryolar uygulandı. Doktor sayısının hasta bekleme süresini ve hasta kuyruğunu etkileyen en önemli faktör olduğunu saptadık. Diğer önemli faktörler ise, ortalama muayene süresi ve döner sermaye işlem kısmı olarak saptandı. Bu çalışma, kullanımı kolay bir ara yüz sağlamaktadır. Süreçlerdeki değişiklik, doktor sayısı, kayıt/kabul kullanıcı sayıları, oranlar, hasta geliş sıklık dağılımı kullanıcılar tarafından değiştirilebilmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma sağlık sisteminde hizmet performansını etkileyen kritik noktaların belirlenmesinde bilgisayar benzetim yönteminin başarıyla kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler:

Simülasyon; Modelleme; Benzetim yöntemi; Süreç iyileştirme; Performans iyileştirme; Kalite artışı

1. Giriş

Sağlık çalışanlarının iş yüklerini tahminde ve sağlık hizmetlerinin yeterliğinin ve kalitesinin sorgulanmasında simülasyondan faydalanılmaktadır [1-8].

Literatürde hasta akışını inceleyen çalışmalar sınırlı olup bunların da az bir kısmında bilgisayar benzetim (BB) çalışması yapılmıştır [1-8]. Kurgulamanın zor ve kullanımının pratik olmaması benzetim çalışmalarının günümüze kadar sağlık sektöründe yaygınlaşmamasına neden olmuştur [9].

Bu çalışmanın amacı bir polikliniğin iş yükünü, hasta bekleme sebeplerini ve çözüm şekillerini simülasyon çalışması ile ortaya koymaktır. Biz bu çalışmada, Arena [10] yazılımı ile geliştirdiğimiz benzetim yöntemini uyguladık. BB yöntemi ile poliklinik işlemlerinde günlük hizmet verilebilecek optimum hasta sayısı, hizmet verecek doktor, hemşire ve kayıt personeli miktarını belirleyebilmek mümkün olmaktadır. Geliştirdiğimiz yöntem ile poliklinikte hasta muayene işlemlerini uzatan ve hizmetin etkinliğini düşüren kritik noktaları belirleyerek gerekli destek yapılması durumunda hasta yoğunluğunun nasıl etkilendiğini gözlemlemek mümkün olmaktadır.

2. Gereç ve Yöntem

Biz bu çalışmada, Arena yazılım paketini kullandık. Arena programlama yazılımı sağlık sisteminde BB modeli oluşturmak için güçlü bir yöntem sunmaktadır [10].

Veriler, bir iç hastalıkları polikliniğinde hasta yoğunluğunun çok fazla olduğu 5 aylık bir dönemde (Kasım-Mart 2004) kayıt ve muayene olan 18,750 hasta bilgisi kullanılarak oluşturulmuştur. Veriler, elektronik hasta kayıt sisteminden alınmıştır. Doktorların hasta başına ayırdıkları süre ise gözlem yöntemiyle belirlenmiştir.

3. Bulgular

Bu bölümde Arena benzetim yazılımında, yapılan her işlemin bir tanımı yapılmaktadır.

Varlıklar (entities): Hastalar. Sıra (queues): Kayıt bekleme sırası, doktor bekleme sırası. Kaynaklar : Doktor, hemşire, döner sermaye. Özellikler (attributes): Varış zamanı, hasta tipi (sosyal güvencesi olmayan, tip 1; sosyal güvencesi olan, tip 2), şeklinde tanımlanmıştır.

3.1 Elektronik Hasta Kayıt Sisteminden Alınan Veriler:

Hastane bilgi sisteminden alınmış örnek bir veri seti Tablo-1’de gösterilmektedir.

Tablo-1. Hastaların varış ve ayrılış sürelerine ilişkin elektronik hasta kayıt sisteminden elde edilen örnek bir veri seti. Varış ve ayrılış süreleri 60 ile bölündüğünde veriler saat olarak elde edilebilmektedir (örn., 485:60=08.05). Bir pazartesi günü gelen 7 hastanın gelişi, ayrılış zamanları ile kayıt olma zamanları arasındaki süre farkı (varış aralıkları) ve toplam bekleme süreleri görülmektedir. Toplam bekleme süresi, istenen tetkikleri yaptırmayı ve sonucunu doktora göstermeyi de kapsamaktadır.

Hasta No.	Varış Zamanı (dk)	Ayrılış Zamanı (dk)	Sistem Dışı Kalma	Gün	Bekleme Süresi (dk)	Varış Aralıkları (dk)
1	485	631		Pazartesi	146	
2	486	614		Pazartesi	128	1
3	488	598		Pazartesi	110	2
4	489	590		Pazartesi	101	1
5	495	656		Pazartesi	161	6
6	499	615		Pazartesi	116	4
7	500	0	Evet	Pazartesi	0	1

Hasta akış süresi; hastanın kayıt olmak için sisteme girdiği süre ile doktor tarafından muayene ve tedavisinin tamamlanıp sistemden ayrılması arasında geçen süreyi; varış süreleri arasındaki

fark, hastaların sisteme kayıt olmaları arasında bir önceki kayıt ile arasındaki süreyi; sistem dışı kalan hasta, sisteme kayıt olan fakat doktor muayenesine girmeyen hastaları tanımlamaktadır.

3.2 Simülasyon parametreleri:

Simülasyonda kullanılan veriler şu şekilde hesaplanmıştır.

Ortalama, $\bar{X}(n) = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$ formülü ile, varyans $S^2(n) = \frac{\sum_{i=1}^n [X_i - \bar{X}(n)]^2}{n-1}$ ve güvenlik aralığı ise

$$\bar{X}(n) \pm t_{(n-1), (1-\alpha/2)} * \sqrt{\frac{S^2(n)}{n}}$$
 formülü ile formülüyle hesaplanmıştır¹¹.

BB çalışmasında hedeflenen güven aralığında sonuçlar elde edebilmek için kaç tekrar yapılması gerektiği (n_2) $n_2 = n_1 (h_1 / h_2)^2$ formülüne göre hesaplanmaktadır. n_1 , hasta sayısını; h_1 , standart sapmayı; h_2 , ortalama*anamlılık derecesi'ni göstermektedir¹⁰. Buna göre tablo 1 için hesaplanan değerler aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$\bar{X}(10) = 89.585, \quad \bar{X}(10) \pm t_{9,0,05} \sqrt{S^2(10)/10} = 89.585 \pm 2.26 * 7.889 = 89.585 \pm 17.829$$

$$h_1 = 17.829, \quad h_2 = 89.585/10 = 8.9585, \quad n_2 = (10) \left(\frac{17.829}{8.9585} \right)^2 = 40$$

%90 güven aralığında sonuç elde edebilmek için BB'yi 30 defa daha (10+30=40) çalıştırmak gerekmektedir. Kurgulanan benzetim, 10 defa tekrarlandığına Tablo-2'teki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo-2. 10 günlük mevcut durumu temsil eden hasta muayenesi ilgili veriler. Kritik değer (40), herhangi bir anda doktor sırasında (toplam 6 doktor için) bekleyen poliklinikteki toplam hasta sayısını göstermektedir.

Tekrarlama	Hasta Sayısı	Ortalama Akış Süresi (dk)	Ortalama Hasta Sırası Uzunluğu (Doktor)	Kritik Değeri (40) Aşan Hasta Sayısı	Ortalama Sıra Uzunluğu (Kayıt)	Son Değer
1	141	79.632	19.878	10	3.8755	29
2	135	96.672	22.752	24	10.092	35
3	145	116.58	26.016	27	14.068	33
4	114	47.219	6.0496		1.1161	10
5	138	107.73	24.436	17	11.835	40
6	146	100.97	14.999		3.5630	23
7	142	67.211	24.218	24	9.5349	35
8	143	97.749	26.097	28	10.129	31
9	139	109.47	14.175		2.5791	15
10 = n_1	143	69.657	20.504		7.5283	20
Ortalama		89.585				

Benzetim sonuçları ile gerçek verilerin karşılaştırılması Tablo-3'de gösterilmektedir.

3.3 Modelin Doğrulanması

Modelin doğrulanması için, oluşturulan benzetim modelinin gerçek durumu belirli bir hata

payı ile tahmin edebilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada %90 güven aralığı içerisinde çalışılmıştır.

Tablo-3. Mevcut durumdaki poliklinik işlemleri ve benzetim çalışmasına ait sonuçlar.

	Halihazır	Benzetim	Değerlendirme
Ortalama Hasta Bekleme Süresi (dk)	97	83.7	Kabul edilebilir (%90 güven aralığı içerisinde)
En Düşük Hasta Bekleme Süresi (dk)	24	17.9	Kabul edilebilir (%90 güven aralığı içerisinde)
En Fazla Hasta Bekleme Süresi (dk)	251	236	Kabul edilebilir (%90 güven aralığı içerisinde)
Standart Sapma	53	43	Kabul edilebilir (%90 güven aralığı içerisinde)
Sistem Dışı Kalan Hasta Sayısı	%17	%21	Kabul edilebilir (%90 güven aralığı içerisinde)

3.4 Senaryolar

Senaryolar Tablo 4’de gösterilmektedir.

Tablo-4. Simülasyon çalışmasında tasarlanan çeşitli senaryoların karşılaştırılması. A, mevcut durum; B, senaryo A’da doktor sayısının 2 artırılması; C, senaryo A’da doktor sayısının 4 artırılması ve döner sermaye işlem kısmı eklenmesi; D, senaryo A’da doktor sayısının 4 artırılması ve hasta muayene sürelerinin 5 dakika artırılması durumu. Mevcut durumda muayene olamayan hasta sayısının en yüksek olduğu görülmektedir. Doktor sayısının artırılması ve döner sermaye işleme kısmı ilavesi ile (senaryo C), muayene olamayan hasta kalmamıştır.

Senaryo		A	B	C	D
Hasta Sayısı		147	163	166	170
Hasta Bekleme Süreleri (dk)	En az – En çok	24-251	21-99	21-83	25-144
	En sık	97	41	33	65
Kuyruk Sayısı (Doktor)	En az – En çok	0-40	0-10	0-2	0-21
	En sık	19,8	2	0,05	7
Kuyruk Sayısı (Kayıt)	En az – En çok	0-13	0-17	0-11	0-17
	En sık	3,9	3,2	2,1	3,7
Doktor kullanımı	En az – En çok	0-6	0-8	0-10	0-10
	En sık	5,7	6,5	6,7	9,4
Hemşire kullanımı	En az – En çok	0-3	0-3	0-3	0-3
	En sık	2,5	2,2	2,2	2,7
Muayene olamayan hasta sayısı		35 (%23)	3 (%1,8)	0	13 (%7,6)

3.5 İstatistiksel Analiz

Senaryolar arasında hasta bekleme kuyruğunda kalan hastaların birbirinden farklı olup olmadığı t testi ile incelenmiştir. Alfa anlamlılık değeri <0.05 olarak kabul edilmiştir.

4. Tartışma

Uygulanan senaryolar ile doktor sayısı artırıldığında ya da döner sermaye işlem kısmı ilave edildiğinde hasta bekleme sürelerinin belirgin şekilde azaldığı gözlemlendi. Ortalama muayene süresinin hasta bekleme süresini etkileyen önemli faktörlerden birisi olduğunun saptanması simülasyon çalışmasının ilginç sonuçlarından birisini oluşturdu.

Bu çalışma literatürdeki çalışmalar içerisinde en kapsamlı olanıdır. Literatürde, yaklaşık bir ay süreli ve yaklaşık 4-5 bin hastayı kapsayan gözlemlerin yapıldığı gözlem ve simülasyon çalışmaları bulunmaktadır [1-5]. Bilgimize göre, literatürde benzer konudaki simülasyon çalışmaları içerisinde elektronik hasta kayıt sisteminden faydalanılmış olması açısından ilk çalışmayı oluşturmaktadır.

Maliyet-etkin bir sonuca ulaşabilmek için ise bu amaca hizmet edebilecek kaynakların kombinasyonları da senaryolar halinde çalışılarak en uygun çözüm bulunabilir. Örneğin, bizim çalışmamızda doktor sayısının artırılması ile döner sermaye işlem kısmı artırılmasının maliyeti karşılaştırılarak maliyet-etkin bir çözüm bulunabilir.

5. Sonuç

5.1 Hasta Varış Süresi, Kayıt Süresi, Muayene Süresi, Döner Sermaye İşlemleri

Hastaların varış zamanı (yani, kayıt kısmına gelme süreci) incelendiğinde (Arena, Input Analyzer işlevi ile) Weibull dağılımına uyduğu görüldü $(-0.001 + WEIB(1.43, 0.583))$. Kayıt süreci üçlü dağılım göstermekte olup en az süre 4 dk, en çok gözlenen 6 dk ve en fazla süre ise 8 dk olarak belirlendi. Doktor tarafından yapılan muayene ve tedavi işlemleri de üçlü dağılım göstermektedir. Doktor muayenesi en az 10 dk, sıklıkla 15 dk ve en fazla 20 dk sürdüğü saptandı.

Hastalar, hasta tipi açısından kayıt sırasında varış sırasına göre rasgele kayıt olmaktadır. Kayıt olanların %10'u tip-1, %90'ı ise tip-2 hastadır. Tip-1 hastalar, kayıt sonrası döner muayene parasını ödemek üzere döner sermaye sırasına girmektedir. Döner sermaye sırasındaki bekleme süreleri en az 20 dk, sıklıkla 40 dk, en fazla 60 dk şeklinde üçlü bir dağılım göstermektedir.

5.2 Hasta bekleme süresi:

Mevcut durumda, ortalama hasta bekleme süresi 97 dk, minimum bekleme süresi 24 dk, maksimum bekleme süresi 251 dk (standart sapma 53 dk) olarak bulundu. Sistem dışı kalan (kayıt olduğu halde muayene olmadan sıradan çıkmış) hastaların oranı %17 olarak saptandı.

5.3 Senaryo sonuçlarının karşılaştırılması

Senaryo sonuçlarının karşılaştırması tablo 4'te gösterilmiştir. Mevcut durum (senaryo A), hasta bekleme sırasının en fazla olduğu durumdur (ortalaması 97 dk). Doktor başına muayene sırası bekleme miktarı da en yüksektir (19,8). Çalışma süresi sonunda muayene olamayan hasta sayısı da en yüksek miktardadır (35 hasta, % 23,8). Kayıttaki kuyruk sayısı, doktor kullanımı, hemşire kullanımı diğer senaryo sonuçları ile benzerdir.

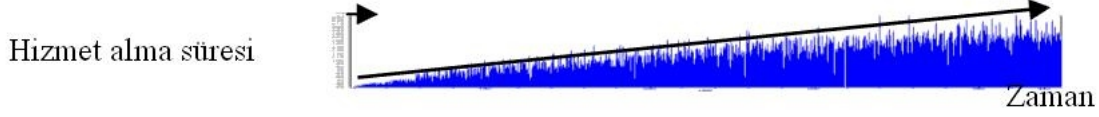
Doktor sayısı 2 artırıldığında (Senaryo B), mevcut duruma göre hasta sayısı artmış olmasına rağmen (147'ye karşı 163 hasta) hasta bekleme süresinde (41 dk), doktor başına muayene sırası bekleme sayısında (2) ve çalışma süresi sonunda muayene olamayan hasta sayısında (3) belirgin ve anlamlı düşme olduğu görülmektedir ($p < 0.05$, mevcut durum ile karşılaştırıldığında).

Senaryo C'de, doktor sayısı 4 artırıldığında ve polikliniğin yanına döner sermaye işlem kısmı ilave edildiğinde hasta bekleme süresi (33 dk), doktor başına muayene sırası bekleme sayısı (0.05), kayıttaki bekleme sırası (2.1) en düşük seviyeye inmiştir ($p < 0.05$, gerçek durum ile karşılaştırıldığında). Çalışma süresi sonunda ise muayene olamayan hasta kalmamıştır.

Senaryo D'de ise, ilginç olarak ortalama muayene süresi 5 dk artırıldığında doktor sayısı 4 artırılmasına rağmen hasta bekleme süresinde (65 dk), doktor başına muayene sırası bekleme sayısında (7) ve çalışma süresi sonunda muayene olamayan hasta sayısında (13) senaryo B ve C'ye göre gözlenebilir bir artış olmuştur.

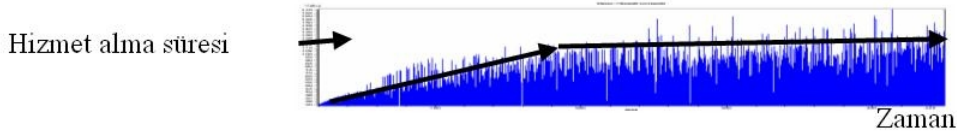
Simülasyonun kurgusunda, herhangi bir anda tüm doktorlar için muayene sırasında bekleyen toplam hasta sayısının 40'ı geçmesi istenmeyen bir durum olarak tanımlanmıştır. Mevcut durumda 40'ı geçen hasta sayısına 10 defa rastlanırken, 2 doktor ilavesi ile bu sayıyı geçme durumuna rastlanmamıştır. Poliklinik yanına döner sermaye işlem kısmının ilave edilmesi de bu kritik değer altına düşülmesine katkı sağlamaktadır.

Mevcut durumda, hasta sayısına göre hasta bekleme sürelerindeki değişimin zamana göre değişimi şekil 1’te görülmektedir (senaryo A, doktor sayısı 6). Sistem kaynakları sisteme giren hastalara hizmet verme işlemi sırasında yetersiz kalmaktadırlar. Sisteme giren her hasta hizmet alma süresinin uzamasına ve yoğunluğa sebep olmaktadır.



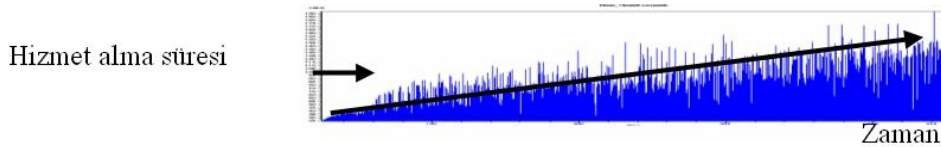
Şekil-1. Mevcut durumda hasta gelişlerine göre hasta bekleme süresi arasındaki ilişkinin zamana bağlı olarak değişimi (senaryo A). Yatay eksen günlük hastane hizmet süresini (7.5 saat, 450 dk), dikey eksen hastaların hizmet alma süresini (polikliniğe varış-poliklinikten çıkış) göstermektedir. Dikey çizgiler, yatay eksen de belirtilen günlük poliklinik hizmet sürecinde o anda hizmet alma işlemi tamamlanarak sistemden çıkan hastanın hizmet alma süresini (dikey eksen) ifade etmektedir. Eksen üzerindeki çizgiler, bir gün için sisteme günlük hasta girişinin 40 defa tekrarlanması ile (yaklaşık 6.000 hasta) oluşturulmuştur. Mevcut durumda (senaryo A) Sistem kaynakları sisteme giren hastalara hizmet verme işlemi sırasında yetersiz kalmaktadırlar. Sisteme giren her hasta hizmet alma süresinin uzamasına ve yoğunluğa sebep olmaktadır.

Senaryo B’de (senaryo A’daki duruma göre doktor sayısının iki artırılması yani 8’e çıkarılması) ile hasta gelişlerine göre zamana bağlı olarak hasta bekleme sürelerindeki değişim şekil 2’te görülmektedir.



Şekil-2. Senaryo B’de hasta gelişlerine göre hasta bekleme süresi arasındaki ilişkinin zamana bağlı olarak değişimi. Yatay eksen, dikey eksen ve dikey çizgiler Şekil 1 deki gibidir. 200. dakikadan önce sisteme giren hastalar, hasta bekleme süresini olumsuz etkilerken, 200. dakikadan sonra sisteme girenlerde bu etki belirgin şekilde azalmıştır. Sistem kaynaklarının, senaryo A’ya göre (şekil 3) hasta bekleme süreleri açısından daha iyi olduğu görülmektedir. Sisteme giren her hasta hizmet alma süresinin uzamasına belirgin etki yapmamaktadır (özellikle 200. dakikadan sonra).

Doktor sayısının 4 artırılması ve hasta muayene süresinin 5 dk artırılması durumunda (Senaryo D) hasta gelişlerine göre hasta bekleme sürelerindeki değişimin zamana göre değişimi şekil 3’teki gibidir.



Şekil-3. Senaryo D’de hasta gelişlerine göre hasta bekleme süresi arasındaki ilişkinin zamana bağlı olarak değişimi. Yatay eksen, dikey eksen ve dikey çizgiler Şekil 1 deki gibidir. Senaryo B’ye (Şekil 4) göre hasta bekleme sürelerinin arttığı görülmektedir. Sisteme her giren hasta hizmet alma süresinin uzamasına daha belirgin bir etki yapmakta (senaryo B’ye göre) ve bu durum da sistemin bazı noktalarında tıkanmalar meydana gelebileceğine işaret etmektedir. Sistem kaynakları hizmet verme sürecinde yetersiz kalmaktadır.

Sisteme giren her hasta ortalama hasta bekleme süresini önemli ölçüde artırmıştır. Sistem kaynakları sisteme giren hastalara hizmet vermede yetersiz kalmaktadır.

6. Kaynakça

- [1] Boxerman SB. Simulation modeling: a powerful tool for process improvement. *Best Pract Benchmarking Healthc* 1996; 1(3):109-117.
- [2] Benneyan JC. An introduction to using computer simulation in healthcare: patient wait case study. *J Soc Health Syst* 1997; 5(3):1-15.
- [3] Waghorn A, McKee M. Surgical outpatient clinics: are we allowing enough time? *Int J Qual Health Care* 1999; 11(3):215-9.
- [4] Fagan MJ, Diaz JA, Reinert SE, Sciamanna CN, Fagan DM. Impact of interpretation method on clinic visit length. *J Gen Intern Med.* 2003; 18(8):634-8.
- [5] Su S, Shih CL. Managing a mixed-registration-type appointment system in outpatient clinics. *Int J Med Inform.* 2003; 70(1):31-40.
- [6] Clague JE, Reed PG, Barlow J, Rada R, Clarke M, Edwards RH. Improving outpatient clinic efficiency using computer simulation. *Int J Health Care Qual Assur Inc Leadersh Health Serv* 1997; 10(4-5):197-201.
- [7] Aharonson-Daniel L, Paul RJ, Hedley AJ. Management of queues in out-patient departments: the use of computer simulation. *J Manag Med* 1996; 10(6):50-8.
- [8] Patel HR, Luxman CN, Bailey TS, Brunning JD, Zimmel D, Morrell LK, Nathan MS, Miller RA. Outpatient clinic: where is the delay? *J R Soc Med.* 2002; 95(12):604-5.
- [9] Eldabi T, Paul RJ. A proposed approach for modeling healthcare systems for understanding. In Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference (WSC), 2001; 1412-1420.
- [10] Pegden CD, Shannon RE, Sadowski RP. Introduction to Simulation using SIMAN. 2nd ed. New York:McGraw-Hill; 1995.
- [11] Freund JE. Mathematical Statistics. 5th ed. New Jersey:Prentice Hall; 1992.

7. Sorumlu Yazarın Adresi

Kaya Kuru, Bilişim Uzmanı, Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Bilgi İşlem Kısmı, e-mail: kkuru@gata.edu.tr