

## شبیه‌سازی و بهینه‌سازی عوامل موثر بر کیفیت خدمات الکترونیکی

محمد علی پیرایش نقاب\*، محسن کاهانی<sup>†</sup>، شهرزاد محسنیان هروی<sup>‡</sup>

### چکیده

با گسترش خدمات بانکی و افزایش تقاضا برای دسترسی به منابع اطلاعاتی، وب سرورها عملکرد ضعیفی از جهت زمان پاسخ‌گویی از خود نشان می‌دهند. بنابراین ضروری است که از شبیه‌سازی و مدل‌های ریاضی در تجزیه و تحلیل سیستم‌های پیچیده، بهینه‌سازی و مدیریت سیستم‌های وب سرور استفاده شود.

در این مقاله خدماتی که از طریق اینترنت عرضه می‌شوند را به صورت یک سیستم صف معرفی و تحلیل می‌کنیم. یکی از اجزای اصلی و تاثیرگذار در کیفیت خدمات اینترنتی، وب سرورها هستند. بنابراین با استفاده از مفاهیم صف و شبیه‌سازی، عملکرد وب سرورها را تجزیه و تحلیل و بهینه می‌کنیم. یکی از نکات برجسته در این مقاله تحلیل مسئله‌ای بر گرفته از دنیای واقعی در حوزه اینترنت و همچنین تحلیل جدیدی از درخواست‌های کاربران در وب سرورها می‌باشد. هدف در این مقاله، کسب رضایت کاربر و پاسخ‌گویی در کمترین زمان ممکن برای هر کاربر است. در این مقاله پس از معرفی ساختارهای مسئله، از رویکرد شبیه‌سازی و مفاهیم صف برای تحلیل و بهینه‌سازی و مدیریت سیستم‌های وب سرور استفاده می‌شود و در پایان خلاصه‌ای از نتایج محاسباتی شبیه‌سازی آورده شده است.

### واژه‌های کلیدی

شبیه‌سازی، بهینه‌سازی، تئوری صف، کیفیت خدمات، وب سرور، زمان پاسخ‌گویی

\* استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی صنایع، [pirayesh@ferdowsi.um.ac.ir](mailto:pirayesh@ferdowsi.um.ac.ir)

<sup>†</sup> دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی کامپیوتر، [kahani@ferdowsi.um.ac.ir](mailto:kahani@ferdowsi.um.ac.ir)

<sup>‡</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی صنایع، [shmoseniyan@gmail.com](mailto:shmoseniyan@gmail.com)

## **Simulation and Optimization of Affective Causes on Quality of Electronic Services**

**Mohammadali Pirayesh Neghab<sup>§</sup>, Mohsen Kahani<sup>\*\*</sup>, Shahrzad Mohsenian Heravi<sup>††</sup>**

*Email: pirayesh@ferdowsi.um.ac.ir*

*Email: kahani@ferdowsi.um.ac.ir*

*Email: shmoseniyan@gmail.com*

### **Abstract**

By expanding bank services and increment in access requests for information resources, web servers perform weak about response time. So it is necessary to use simulation and mathematical models in order to analyzing complicated systems, optimizing and managing web server systems.

In this paper, services which are offered through internet are introduced and analyzed as a queue. Web servers are one of the main and effective parts in quality of internet services. Therefore, the operation of web servers is analyzed and optimized by concept of queue and simulation. One of the significant points in this paper is analyzing a problem taken from real world in internet field and also performing a new analysis from user's requests in web servers. The main purpose in this paper is to persuade users and answering theme as soon as possible. In this paper, after introducing the problem's structure, simulation and queue concept are used for analyzing, optimizing and managing web servers. Finally, a summery from results of simulation's calculation is declared.

**Keywords:** Simulation, Optimization, Queuing theory, Quality of service, Web server, Response time.

---

<sup>§</sup> Assistant Professor, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Ferdowsi University, Iran, Mashhad.

<sup>\*\*</sup> Associate Professor, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Ferdowsi University, Iran, Mashhad.

<sup>††</sup> M.Sc. Student Of Industrial Engineering Field, Ferdowsi University, Iran, Mashhad.

**1-مقدمه**

و محتوا است [3] که در این مقاله، به ابعاد پاسخ‌گویی و رضایت کاربر پرداخته می‌شود.

بنابراین برای دستیابی به این هدف، به دنبال راهکارهایی خواهیم بود که عملکرد سیستم‌های وب سرور را به منظور کاهش زمان پاسخ‌گویی و افزایش رضایت کاربر بهبود دهد. به طور کلی این راهکارها را به دو گروه نرم افزاری و سخت افزاری تقسیم‌بندی می‌کنیم. از جمله راهکارهای نرم افزاری در زمینه بهبود کیفیت خدمات در اینترنت، الگوریتم‌های مسیریابی و زمانبندی در تخصیص جریان ورودی به وب سرورها و ایجاد تعادل بار در آنها، انقضای مهلت، ... و در مقابل، اضافه نمودن وب سرور و یا ارتقای آن، افزایش پهنای باند، طراحی زیرساختی و توپولوژی شبکه و ... را به عنوان راهکارهای سخت افزاری می‌توان نام برد.

هدف از این مقاله، استفاده از راهکارهای نرم افزاری، شبیه‌سازی و مدل‌های ریاضی برای تجزیه و تحلیل عملکرد وب سرورها در حوزه مدیریت و بهینه‌سازی شبکه اینترنت است. برای این منظور با تعیین متوسط مدت انتظار کاربر در سیستم از طریق مفاهیم صف و شناسایی عوامل تاثیرگذار به این هدف خواهیم رسید.

در ادامه، بعد از مرور ادبیات، ساختار و فرضیات مدل وب سرور تشریح خواهد شد. سپس در بخش 4، مدل شبیه‌سازی و تصدیق مدل توسط مدل‌های صف موجود بیان می‌شود و در پایان، در بخش 5، نتایج محاسباتی ارائه خواهد شد.

**2-مرور ادبیات**

به منظور افزایش کارایی و بهبود عملکرد سیستم، راهکارهای بسیاری در این زمینه وجود دارند که منجر به کاهش زمان پاسخ‌گویی و افزایش رضایت کاربر می‌شود.

در یک جمع‌بندی، سابقه‌ی تحقیق در حوزه مطالعاتی مورد بحث را می‌توان به بخش‌های شبیه‌سازی سیستم و

امروزه با توسعه‌ی فناوری اطلاعات و ارائه‌ی انواع خدمات اینترنت، مباحث مدیریت شبکه و فراهم نمودن کیفیت خدمات مطلوب جزء مسائل مهم بشمار می‌آید. علاوه بر این، اینترنت شبکه جهانی است که میلیون‌ها نفر در سراسر جهان از طریق آن به تبادل اطلاعات می‌پردازند و این مسئله نیز به نوبه خود بر افزایش تقاضا و ترافیک وب تاثیر گذار خواهد بود. بنابراین یکی از مهمترین مسائل در این حوزه، ارائه کیفیت خدمات مورد نیاز کاربران و عملکردی مناسب در این زمینه است. از معیارهای ارزیابی عملکردی در این زمینه، می‌توان به زمان پاسخ‌گویی (زمان انتظار در سیستم)، راندمان وب سرورها، درصد ورود ناموفق کاربر و ... اشاره نمود.

از طرفی یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار در سوددهی کسب و کار، به‌کارگیری ابزارهای فناوری اطلاعات و ارتباطات است که به دنبال آن سازمان‌ها با ایجاد صفحات وب و ارائه‌ی خدمات الکترونیکی برای خود مزیت رقابتی ایجاد می‌کنند. بنابراین، جهت برخورداری از مزایای خدمات الکترونیکی، شرکت‌های ارائه دهنده، ملزم به ارائه سطح مطلوبی از خدمات هستند. بر این اساس یکی از مباحث مهم در زمینه خدمات الکترونیکی، مقوله کیفیت خدمات الکترونیک است که امروزه مطالعات بسیاری پیرامون آن در حال انجام است [1].

مفهوم کیفیت، معانی مختلفی با توجه به حوزه کاربردی خواهد داشت. از این رو از دیدگاه تولیدکننده به معنی توانایی محصول از لحاظ عملکردی و از دیدگاه مشتری به معنای ارضای خواسته تلقی می‌شود. کیفیت خدمات الکترونیکی دارای ابعاد مختلفی چون پاسخ‌گویی، رضایت کاربر، کارایی، نوآوری، امنیت و پشتیبانی و کیفیت دستیابی

ممکن است به درک اهمیت خدمت در رابطه با نپیوستن به طول صف مشخص و یا بی تفاوتی در پیوستن به صفی با طول غیر صفر مطرح شود. همچنین هر دو نوع انصراف از ورود و خدمت در مقالاتی توسط افرادی نظیر حقیقی<sup>13</sup> (1986)، ژنگ (2005)، پاومی (2008)، شربینی<sup>14</sup> (2008)، ارایه شده است [19].

### 3-تعریف مسئله

در این مقاله، سیستم صفی را در نظر گرفته ایم که کاربرانی از جمعیت نامحدود با تقاضاهای مختلف به وب سایتی مراجعه می کنند و تقاضای خود را در قالب تعداد مشخصی از درخواست ها به سیستم ارائه می کنند. بنابراین هر کاربر به محض ورود به سیستم، درخواست های خود را با یک فاصله زمانی تصادفی به وب سرور ارسال می کند و تا دریافت پاسخ تمامی درخواست ها از طرف وب سرور در سیستم باقی می ماند و در این شرایط، بین دو درخواست متوالی از یک کاربر، درخواست هایی از کاربران دیگر در صف وب سرور قرار می گیرد.

در این مدل، سیستم را با یک وب سرور (خدمت دهنده) به همراه محدودیت ظرفیت سیستم برای کاربران تعریف می نمایم. بدین ترتیب، درخواست های کاربران به ترتیب ورود، در صف درخواست های وب سرور قرار می گیرند و مطابق با نظم FIFO از صف خارج می شوند.

### 3-1- فرضیات مدل

در این مدل، ورودی های مدل شبیه سازی (از قبیل زمان های بین ورود، زمان های خدمت دهی) را به صورت متغیرهای تصادفی با توزیع نمایی مدل سازی کردیم. همچنین منظور از ارسال درخواست کاربر، وارد نمودن هر نوع تقاضایی از سوی کاربر و تایید آن توسط کلید Enter است.

مقایسه الگوریتم های زمان بندی [4-6]، کیفیت خدمات الکترونیک [7]، تحلیل و بهینه سازی مدل وب سرور با مدل های صف [8,9] و انصراف از ورود و خدمت تقسیم بندی نمود [10].

کینگمن<sup>1</sup> (1961)، کونینگسبرگ<sup>2</sup> (1966)، فلاتو<sup>3</sup> (1977) و هالفین<sup>4</sup> (1985) مدلی را با پیاده سازی مدل های صف در دو وب سرور به صورت موازی با ظرفیت نامحدود مورد مطالعه قرار داده اند [11-14]. ژنگ و زیپکین<sup>5</sup> (1990) مدل زمان بندی با دو صف موازی با ظرفیت نامحدود در یک وب سرور را تجزیه و تحلیل نمودند [15].

از طرفی در مورد وب سرورها، معمولاً محدودیتی در قالب ظرفیت صف وجود دارد که با در نظر گرفتن این فرضیات، نتایج حاصل از تحقیقات را نمی توان به طور مستقیم در این زمینه بکار برد. دون و لوئیس<sup>6</sup> (2006) صف هایی موازی، با هدف کمینه نمودن هزینه متوسط و با تفویض اختیار برای کاربران در انتقال کاربران در صف ها، در نظر گرفته اند [16].

از دیگر مسائل مهم در این حوزه، پدیده انصراف کاربران از ورود و خدمت است که شرایط گوناگونی دارد. یکی از اولین کارها در زمینه انصراف از خدمت توسط بارر<sup>7</sup> (1957) مطرح شد [17]. او در حالی انصراف قطعی را در مدل تک خدمت دهنده با نرخ ورود و خدمت مارکوفی در نظر گرفت که مشتریان به طور تصادفی برای خدمت رسانی انتخاب می شدند. تلاش های دیگر در زمینه مدل سازی انصراف از خدمت توسط باسیلی<sup>8</sup> (1984)، آرتالجو<sup>9</sup> (1995)، پاومی<sup>10</sup> (2009) و چادهری<sup>11</sup> (2009) صورت گرفته است [18].

همچنین اولین تحقیقات در زمینه انصراف از ورود توسط هایت<sup>12</sup> (1957) انجام گرفت. او منطقی را بر روی رفتار شخص در انصراف از ورود مطرح نمود. این موضوع

مسئله در وارد نمودن نام کاربری و سپس ارسال ادامه درخواست‌های وی کاربرد دارد.

**حالت 3:** مشابه حالت 2، با این تفاوت که کاربر منتظر دریافت پاسخ درخواست اول خود نمی‌ماند.

#### 4-متدولوژی و آنالیز

در شرایط رقابتی بازار، تلاش عمده موسسات تولیدی و خدماتی در فراهم آوردن رضایت کاربران و کاهش زمان پاسخ‌گویی در سیستم است، از این رو برای ادامه حیات اقتصادی خود، ضروری است که از مدل‌های ریاضی و شبیه‌سازی در بهینه‌سازی و تجزیه و تحلیل سیستم، استفاده شود. بدین منظور از تئوری صف، جهت مطالعه ریاضی صف درخواست‌های کاربران در یک وب سرور و بررسی پارامترهای متوسط تعداد کاربران در سیستم، متوسط زمان پاسخ‌گویی کاربر، نرخ رد کاربران و ... استفاده می‌کنیم.

از طرفی، از آنجایی که هدف اصلی از مطالعه سیستم‌های صف، بررسی و درک محیط واقعی و همچنین مدیریت بهینه عوامل تاثیر گذار بر روی آن است، از این رو با تعیین عوامل مهم و تاثیرگذار بر مدل، عملکرد سیستم مورد نظر را بهینه می‌نماییم. برای این منظور با تعیین متوسط مدت انتظار کاربر در سیستم از طریق مدل شبیه‌سازی و شناسایی عوامل تاثیر گذار در این زمینه به این هدف خواهیم رسید.

#### 4-1-1-4 مدل شبیه‌سازی

به دلیل ماهیت خاص مسئله، هیچ یک از مدل‌های صف موجود در تئوری صف پاسخ‌گوی نیاز مسئله نبودند و بنابراین از شبیه‌سازی به عنوان یکی از مفیدترین ابزارهای تحلیل عملکردی سیستم‌های پیچیده استفاده می‌کنیم [۲].

#### 4-1-1-4 پارامترهای مدل شبیه‌سازی

در مدل شبیه‌سازی که با نرم افزار Matlab R2010a برنامه‌نویسی نمودیم، می‌توان با تغییر پارامترهای ورودی

در این تحقیق، درخواست‌های یک کاربر مستقل از هم و دارای تابع توزیع یکسان خدمت فرض شده است.

#### 3-2- پارامترهای مدل

به منظور تعیین مدل مسئله، نمادها و متغیرهای تصمیم زیر را تعریف می‌کنیم:

$\lambda$ : آهنگ مراجعه کاربران به سیستم

$\bar{\lambda}$ : نرخ ورود موثر کاربران به سیستم

$\hat{\lambda}$ : آهنگ ورود درخواست‌های کاربران به سیستم

$\mu$ : نرخ خدمت‌دهی درخواست‌ها

$P(i = K)$ : درصد ورود ناموفق کاربر

$P(B)$ : درصد اشتغال وب سرور

$K$ : محدودیت ظرفیت سیستم برای تعداد کاربران

$L$ : متوسط تعداد کاربران در سیستم

$W$ : متوسط مدت زمان انتظار کاربر در سیستم

$L_{re}$ : متوسط تعداد درخواست‌ها در سیستم

$W_{re}$ : متوسط مدت زمان انتظار درخواست در سیستم

$r$ : عددی ثابت و معادل با تعداد درخواست‌های یک کاربر است.

مسئله مورد نظر با توجه به شرایط و قوانین حاکم در صفحه‌های وب، دارای حالت‌های متفاوتی خواهد بود که در ادامه، به این موضوع پرداخته می‌شود.

**حالت 1:** پس از پردازش و دریافت پاسخ هر درخواست

کاربر از سوی وب سرور، درخواست بعدی کاربر مفروض

با نرخ  $\lambda$  در صف وب سرور قرار می‌گیرد. کاربرد این

حالت، در وب سایت‌های ثبت نام و ... است که مراحل

به صورت گام به گام طراحی شده است.

**حالت 2:** پس از پردازش و دریافت پاسخ درخواست اول

کاربر از سوی وب سرور، درخواست بعدی کاربر مفروض

با نرخ  $\lambda$  در صف وب سرور قرار می‌گیرد. این حالت

## 4-1-2- تصدیق مدل شبیه‌سازی

به منظور بررسی اعتبار مدل شبیه‌سازی، با در نظر گرفتن فرضیاتی جهت استفاده از مدل‌های صف موجود، مدل را تحلیل می‌کنیم. برخی از نتایج آن در جدول‌های (2,1) نشان داده شده است.

## فرضیات تصدیق مدل شبیه‌سازی

برای این منظور جهت استفاده از مدل صف  $M/M/1/rK$  برای تحلیل معیارهای عملکردی درخواست‌های کاربران، ظرفیت سیستم را معادل با  $rK$  در نظر می‌گیریم. همچنین جهت استفاده از مدل صف  $M/M/1/K$  برای تحلیل معیارهای عملکردی کاربران، نرخ خدمت دهی هر کاربر را معادل با  $\frac{\mu}{r}$  و نرخ ورود درخواست‌های هر کاربر را مقادیری بزرگ ( $\lambda \gg \lambda$ ) در نظر می‌گیریم، به طوریکه درخواست‌های یک کاربر مفروض، به طور متوالی در صف وب سرور قرار گیرند.

جدول (1): تصدیق مدل شبیه‌سازی با مدل صف  $M/M/1/rK$  و تحلیل

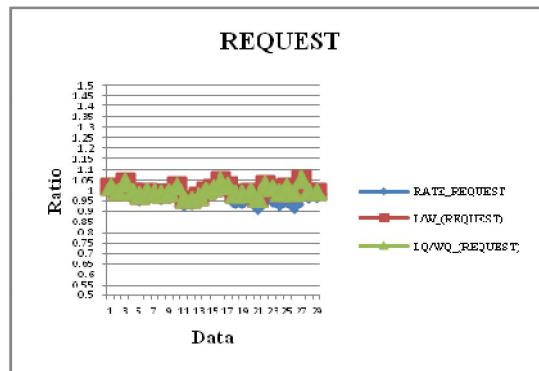
معیارهای عملکردی درخواست‌ها در حالت  $r=3$

Data				model $M/M/1/rk$		model simulation	
$K$	$\lambda$	$\hat{\lambda}$	$\mu$	$L_{re}$	$W_{re}$	$L_{re}$	$W_{re}$
50	2	5	0.5	149.889	299.778	148.493	311.299
50	2	5	20	0.333	0.067	0.569	0.095
50	2	5	8	1.667	0.333	5.248	0.847
90	2	5	1	269.750	269.750	268.128	265.704
20	2	5	1	59.750	59.750	58.318	60.277
40	2	5	1	119.750	119.750	118.272	116.531
50	2	12	1	149.909	149.909	148.315	141.955
50	2	5	1	149.750	149.750	148.123	144.493
50	2	8	1	149.857	149.857	148.203	146.084

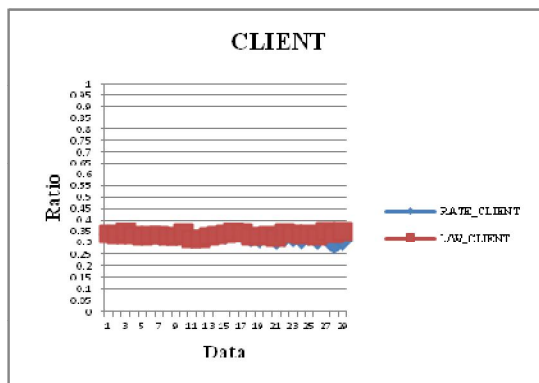
مسئله  $(\lambda, \hat{\lambda}, \mu, r, K)$  میانگین معیارهای عملکردی سیستم  $(L, L_{re}, W, W_{re}, P(i=K), P(B))$  را در دوره پایدار محاسبه نمود.

همچنین نتایج حاصل از شبیه‌سازی، برقراری قوانین لیتل (فرمول 1) را برای درخواست‌ها و کاربران نشان داد.

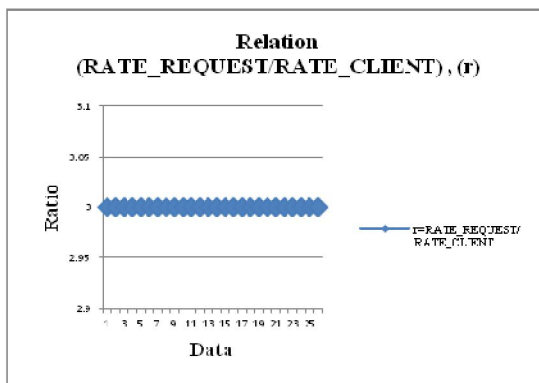
$$L = (\text{RATE OF ENTER}) * W \quad (1)$$



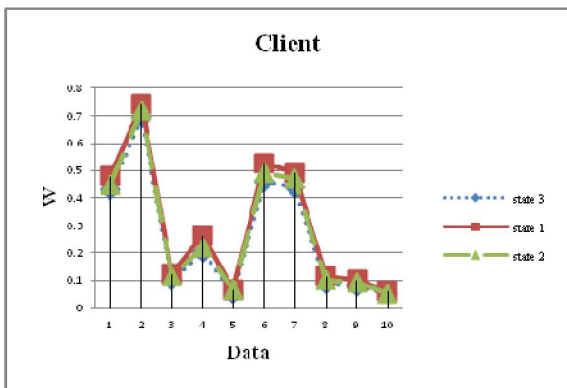
نمودار (1): برقراری قانون لیتل برای درخواست‌ها



نمودار (2): برقراری قانون لیتل برای کاربران



نمودار (3): ارتباط بین نرخ موثر کاربران و درخواست‌ها در حالت  $r=3$



نمودار (8): مقایسه بین حالت‌های مسئله و تحلیل متوسط زمان کاربر

جدول (3)، نشان می‌دهد که با کمتر کردن محدودیت سیستم، تعداد کاربران بیشتری می‌توانند به سیستم راه یابند که این خود بر مدت زمان انتظارشان در سیستم تأثیرگذار خواهد بود. بنابراین مدیر شبکه می‌بایستی میان درصد ورود ناموفق کاربران و مدت زمان انتظار در سیستم تعادل برقرار نماید.

جدول (3): نتایج محاسباتی حاصل از تغییر  $K$

$\lambda = 2 \quad \lambda' = 5 \quad \mu = 7 \quad r = 3$			
$K$	$L$	$W$	$P(i = K)$
2	1.050	0.775	0.328
5	2.273	1.236	0.096
7	2.705	1.445	0.047
10	3.356	1.731	0.016
20	4.239	2.128	0.002
100	4.381	2.179	0

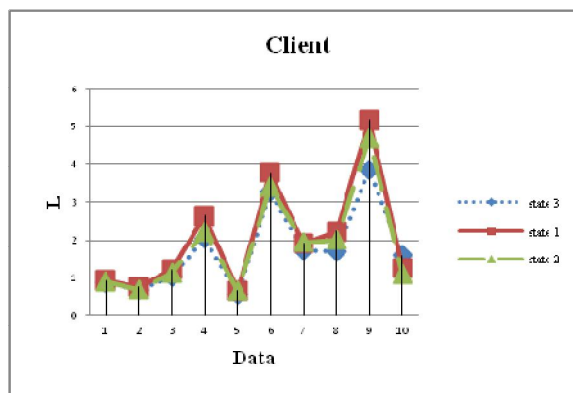
همچنین نتایج جدول (4) حاکی از این است که با افزایش نرخ خدمت دهی و سرعت خدمت دهنده، متوسط تعداد کاربران و زمان انتظار در سیستم و به دنبال آن، درصد ورود ناموفق کاربر و درصد اشتغال وب سرور کاهش می‌یابد.

جدول (2): تصدیق مدل شبیه‌سازی با مدل صف  $M/M/1/K$  و تحلیل معیارهای عملکردی کاربر در حالت  $r=3$

Data				model $M/M/1/K$		model simulation	
$K$	$\lambda$	$\lambda'$	$\mu$	$L$	$W$	$L$	$W$
50	20	2000	1	49.983	149.949	48.437	152.927
50	12	800	1	49.971	149.914	49.932	141.913
50	8	800	1	49.957	149.870	49.907	143.873
50	2	800	20	0.429	0.214	0.394	0.197
50	2	700	8	3.000	1.500	2.494	1.223
90	2	800	1	89.800	269.400	89.781	280.723
20	2	500	1	19.800	59.400	19.820	61.968
40	2	500	1	39.800	119.400	39.807	120.613
50	2	500	1	49.8	149.4	49.7972	142.2621

## 5- نتایج محاسباتی

در مقایسه بین حالت‌های مسئله با توجه به نمودارهای (7 و 8) حالت (3) مسئله دارای کمترین زمان پاسخ‌گویی در سیستم است و بنابراین در تحلیل‌های پارامتری، این نوع از مسئله را در نظر خواهیم گرفت.



نمودار (7): مقایسه بین حالت‌های مسئله و تحلیل متوسط تعداد کاربر

- وارد نمودن هزینه در مدل تصمیم‌گیری
- بررسی تاثیر الگوریتم‌های زمانبندی بر نحوه ورود درخواست‌های کاربران
- تعمیم مدل برای چندین وب سرور
- بکارگیری نوعی از انصراف خدمت (انقضای مهلت) به صورت عدد ثابت

جدول (4): نتایج محاسباتی حاصل از تغییر  $\mu$

$\lambda = 2 \quad \hat{\lambda} = 5 \quad K = 10 \quad r = 3$				
$\mu$	$L$	$W$	$P(i = K)$	$P(B)$
5	7.121	4.366	0.184	0.980
7	3.433	1.773	0.022	0.838
10	1.718	0.851	0.001	0.600
20	1.001	0.499	0	0.278
45	0.855	0.433	0	0.133

## مراجع

- [1] شمس‌الدین زاهدی و جواد بی‌نیاز، "سنجش کیفیت خدمات الکترونیک در شرکت قطارهای مسافری رجا"، نشریه مدیریت فناوری اطلاعات، شماره 1، صفحه 68، زمستان 1387.
- [2] محمد علی پیرایش نقاب، شهرزاد محسنیان هروی، "تحلیل خدمات مبتنی بر اینترنت با استفاده از مفاهیم تئوری صف و شبیه‌سازی"، کنفرانس بین‌المللی تحقیق در عملیات، تبریز، بهار 1391.
- [3] Kerin, Hartly, Berkowitz and Rudelious, "Marketing", USA: McGraw-Hill Irwin, pp 25-55, 2006.
- [4] Teo, Y.M., Ayani, R, "Comparison of load balancing strategies on cluster-based web servers", The International Journal of the Society for Modeling and Simulation, Vol. 77, No.6, pp 185-195, 2001.
- [5] D.R.W. Holton, M. Younas, I.U. Awan, "Priority scheduling of requests to web portals", The Journal of Systems and Software, Vol.84, pp 1373-1378, 2011.
- [6] Adam Wierman, "Fairness and scheduling in single server queues", Operations Research and Management Science, Vol.16, pp 39-48, 2011.
- [7] Nong Ye, Esma S. Gel, Xueping Li, Toni Farley, Ying-Cheng Lai, "Web server QoS models: applying scheduling rules from production planning", Computers & Operations Research, Vol.32, pp 1147-1164, 2005.
- [8] Zhongju Zhang, Weiguo Fan, "Web server load balancing: A queueing analysis", European Journal of Operational Research, Vol.186, pp 681-693, 2008.
- [9] N.Gautam, "Performance analysis and optimization of web proxy servers and mirror sites", European Journal of Operational Research, Vol.142, pp 396-418, 2002.
- [10] Amit Choudhury, Pallabi Medhi, "A Simple Analysis Of Customers Impatience In Multiserver Queues",

## 6- نتیجه‌گیری

در این مقاله، عملکرد وب سرورها را به عنوان یکی از اجزای موثر در کیفیت خدمات وب سایت‌ها با استفاده از مفاهیم تئوری صف و اصول شبیه‌سازی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادیم. نتایج حاصل از شبیه‌سازی میزان تاثیر سرعت و ظرفیت وب سرور را بر متوسط زمان انتظار کاربران نشان داد؛ در نتیجه، مدیران وب سایت‌ها می‌توانند با استفاده از نتایج حاصل از این تحقیق، تصمیمات مناسبی را در جهت بهبود کیفیت خدمات اخذ نمایند.

در مقایسه بین مقادیر به دست آمده براساس وارد نمودن فرضیاتی در مدل شبیه‌سازی و نتایج حاصل از تحلیل مدل‌های صف موجود، مقادیر تعداد و زمان انتظار درخواست و کاربر در سیستم تفاوت چشمگیری را از خود نشان نداد؛ در نتیجه، نتایج مدل شبیه‌سازی مورد تایید خواهد بود.

## پیشنهادها

در این تحقیق تمام تلاش ما بر این بوده است که بتوانیم عملکرد وب سرورها را از روش‌های تحلیلی مورد بررسی قرار دهیم. در این راستا علاوه بر استفاده از تکنیک شبیه‌سازی جهت تفسیر سیستم، از مدل‌های ریاضی صف استفاده شد. از جمله تحقیقاتی که می‌توان در این زمینه ارائه داد:



- [16] Down, D.G., Lewis, M.E., "**Dynamic load balancing in parallel queueing systems: Stability and optimal control**", European Journal of Operational Research, Vol.168, No.2, pp 509–519, 2006.
- [17] Barrer, D.Y., "**Queueing with impatient customers and ordered Service**", Operations Research, Vol. 5, No.5, pp 650-656, 1957.
- [18] Choudhury, "**A few words on Reneging in M/M/1/K queues**", Contributions to Applied and Mathematical Statistics, Vol. 4, pp. 58-64, 2004.
- [19] Hagighi, A. Montazer, Medhi, J. and Mohanty, S. G., "**On a multi server Markovian queueing system with Balking and Reneging**", Computer and Operational Research, Vol. 13, No. 4, pp 421-425, 1986.
- Journal Of Applied Quantitative Methods, Vol.5, No.2, pp 182-197, 2010.
- [11] Kingman, J.F.C, "**Two similar queues in parallel**", Annals of Mathematical Statistics, Vol.32, No.4, pp 1314–1323,1961.
- [12] Koenigsberg, E., "**On jockeying in queues**", Management Science , Vol.12, No.5, pp 412–436, 1966.
- [13] Flatto, L., McKean, H.P., "**Two queues in parallel**", Communications of Pure and Applied Mathematics, Vol.30, pp 255–263,1977.
- [14] Halfin, S., "**The shortest queue problem**", Journal of Applied Probability, Vol.22, pp 865–878,1985.
- [15] Zheng, Y.S., Zipkin, P., "**A queueing model to analyze the value of centralized inventory information**", Operations Research , Vol.38, No.2, pp 296–307, 1990.

زیر نویس ها

---

<sup>1</sup> Kingman

<sup>2</sup> Koenigsberg

<sup>3</sup> Flatto

<sup>4</sup> Halfin

<sup>5</sup> Zheng, Zipkin

<sup>6</sup> Down, Lewis

<sup>7</sup> Barrer

<sup>8</sup> Baccelli

<sup>9</sup> Artalejo

<sup>10</sup> El-Paoumy

<sup>11</sup> Choudhury

<sup>12</sup> Haight

<sup>13</sup> Haghighi

<sup>14</sup> Sherbiny