



# ارزیابی کارایی سیستم‌های کامپیوتری

دانشکده‌ی مهندسی کامپیوتر

نیمسال اول ۱۴۰۱

مدرس: دکتر موفر

تمرین اول

موعد تحویل: ۳۰ آبان

هدف از این تمرین شبیه‌سازی یک سیستم صف  $M/M/1/K$  (یک صف و یک پردازنده) با نرخ سرویس‌دهی  $\mu$  برای پردازنده و ظرفیت محدود  $K = 14$  برای صف است. خط مشی سرویس‌دهی به صورت  $FCFS^1$  است. هر فردی که وارد سیستم می‌شود فقط برای مدت زمان مشخصی تا دریافت سرویس می‌تواند منتظر بماند، این مدت زمان را با متغیر تصادفی  $\theta$  نشان می‌دهیم. بنابراین هر فرد پس از گذشت مدت زمان  $\theta$ ، در صورت عدم دریافت سرویس، صف را ترک خواهد کرد.

- زمان انتظار را تا لحظه‌ی شروع سرویس‌دهی در نظر بگیرید. دقت کنید پس از این که یک مشتری شروع به دریافت سرویس کند، حتی با رسیدن موعد خود، صف را ترک نخواهد کرد.

- تابع توزیع زمان انتظار ( $\theta$ ) را در دو حالت ثابت و نمایی در نظر بگیرید. سپس با استفاده از روش شبیه‌سازی، برای هر یک از حالت‌ها:

- نمودار احتمال خارج شدن ( $P_d$ ) را نسبت به تغییرات نرخ ورودی  $\lambda$  (در بازه  $[0.1-20]$  با میزان پرش  $0.1$ )، با میانگین زمان انتظار  $\theta$  بدست آورید.
- نمودار احتمال بلوکه شدن ( $P_b$ ) را نسبت به تغییرات نرخ ورودی  $\lambda$  (در بازه  $[0.1-20]$  با میزان پرش  $0.1$ )، با میانگین زمان انتظار  $\theta$  بدست آورید.
- نمودار متوسط تعداد مشتری‌های داخل صف ( $N_c$ ) را نسبت به تغییرات نرخ ورودی  $\lambda$  (در بازه  $[0.1-20]$  با میزان پرش  $0.1$ )، با میانگین زمان انتظار  $\theta$  بدست آورید.

<sup>1</sup> First-Come, First-Served (FCFS)

# ارزیابی کارایی سیستم‌های کامپیوتری



دانشکده‌ی مهندسی کامپیوتر

نیمسال اول ۱۴۰۱

مدرس: دکتر موفر

موعده تحویل: ۳۰ آبان

تمرین اول

## روش تحلیلی

به کمک روابط زیر خطای روش شبیه‌سازی خود را محاسبه کنید.

احتمال اینکه  $n$  نفر درون صف  $M/M/1/K$  با موعد انتظار باشند:

$$P_n = \begin{cases} P_0 \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n, & n = 0 \\ P_0 \lambda^n \frac{\varphi_{n-1}(\mu)}{(n-1)!}, & n > 0 \end{cases}$$

که مقدار تابع  $\varphi_n(\mu)$  با توجه به توزیع زمان انتظار به دست می‌آید. برای حالت موعده دارای توزیع نمایی:

$$\varphi_n(\mu) = \frac{n!}{\prod_{i=0}^n (\mu + i/\bar{\theta})}$$

برای حالت موعده ثابت:

$$\varphi_n(\mu) = \frac{n!}{\mu^{n+1}} (1 - e^{-\mu\bar{\theta}} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{(\mu\bar{\theta})^i}{i!})$$

اگر طول صف برابر  $K$  باشد:

$$\sum_{i=0}^K P_i = 1$$

حال از روابط زیر برای محاسبه مقادیر  $P_d$  و  $P_b$  استفاده کنید:

$$P_b = P_K$$

$$P_d + P_b = 1 - \frac{\mu}{\lambda} (\sum_{i=1}^K P_i) = 1 - \frac{\mu}{\lambda} (1 - P_0)$$

برای محاسبه‌ی  $N_c$ :

$$N_c = \sum_{i=1}^K (i \cdot P_i)$$



# ارزیابی کارایی سیستم‌های کامپیوتری

دانشکده‌ی مهندسی کامپیوتر

نیمسال اول ۱۴۰۱

مدرس: دکتر موقر

تمرین اول

موعده تحویل: ۳۰ آبان

## نکات و سوالات متداول

- طول صف نشان‌دهنده‌ی تمامی مشتری‌های حاضر در سیستم می‌باشد. به طور مثال در این تمرین اگر 13 مشتری در صف منتظر باشند و یک مشتری در صف در حال سرویس‌دهی باشد، مشتری‌های جدید بلاک خواهند شد.
- برای بدست آوردن یک عدد تصادفی با توزیع نمایی می‌توان از رابطه زیر کمک گرفت. در این رابطه  $x$  یک عدد تصادفی با توزیع یکنواخت (Uniform) در بازه  $[0,1]$  می‌باشد. در این رابطه  $\lambda$  همان نرخ ورود مشتری به سیستم است.  

$$y = -\frac{\ln(1-x)}{\lambda}$$
- برای کمینه کردن خطای نتایج شبیه‌سازی توصیه می‌شود تعداد مشتری‌های ورودی به سیستم  $10^7$  یا  $10^8$  در نظر گرفته شود. برای هر مشتری سرانجام یکی از سه وضعیت سرویس گرفتن، بلاک شدن (وقتی صف پر است) و ترک صف (زمان رسیدن موعد) اتفاق خواهد افتاد.
- ورود مشتری‌ها به سیستم یک فرآیند پواسون با پارامتر  $\lambda$  است. در نتیجه، زمان بین ورود مشتری‌ها مستقل و از توزیع نمایی با پارامتر  $\lambda$  پیروی می‌کند.

## تست برنامه

به منظور بررسی صحت کد ارسالی، موارد زیر را حتما در مورد کد ارسالی رعایت کنید.

- در کنار کد خود یک Makefile قرار دهید. برای کامپایل و اجرای کد شما دستورات زیر استفاده خواهد شد.

```
make
make run
```

- برنامه شبیه‌سازی ارسال شده توسط شما باید مقدار پارامتر  $\theta$  و  $\mu$  را به عنوان ورودی بگیرد و مقدار  $P_d$  و  $P_b$  برای حالت‌های شبیه‌سازی و تحلیلی فقط برای  $\lambda$  های ۵، ۱۰ و ۱۵ و زمان انتظار ثابت را در یک فایل متنی چاپ کند. مقادیر پارامترهای ورودی در فایل parameters.conf در کنار Makefile قرار می‌گیرد. یک فایل نمونه در کنار پروژه قرار گرفته است.



### نکات پایانی

- شبیه‌سازی می‌تواند با استفاده از زبان‌های برنامه‌نویسی C، C++، جاوا یا پایتون انجام شود.
- پروژه‌های ارسالی باید شامل کد استفاده شده و نتایج گرفته شده در قالب فایل Excel با پارامترهای گفته شده در بالا باشد.
- قالب فایل‌های Excel در کل شامل شش نمودار هستند؛ سه نمودار برای موعده ثابت و سه نمودار برای موعده نامایی که هر کدام شامل نتایج  $P_b$  و  $P_d$  و  $N_c$  با پارامترهای  $\theta = 3$  و  $\mu = 1$  می‌باشند. هر کدام از نمودارها شامل دو منحنی است که مقدار احتمالات به‌دست آمده از روش شبیه‌سازی و تحلیلی به‌ازای نرخ ورودی داده شده در مسأله را نشان می‌دهد.
- پروژه‌های خود را در قالب یک فایل zip/.rar. با نام PE-CA1-[ID]-[Name] در سایت درس‌افزار بارگذاری نمایید.
- حداکثر تأخیر مجاز 7 روز و به‌ازای هر روز دیرکرد ۵ درصد از نمره‌ی پروژه کسر می‌گردد.
- در صورت وجود ابهام، سوالات خود را در گروه تلگرامی درس مطرح و یا به آدرس ایمیل یکی از دستیاران درس، [imanrht@gmail.com](mailto:imanrht@gmail.com) یا [memoeinijam@gmail.com](mailto:memoeinijam@gmail.com) ارسال کنید.