

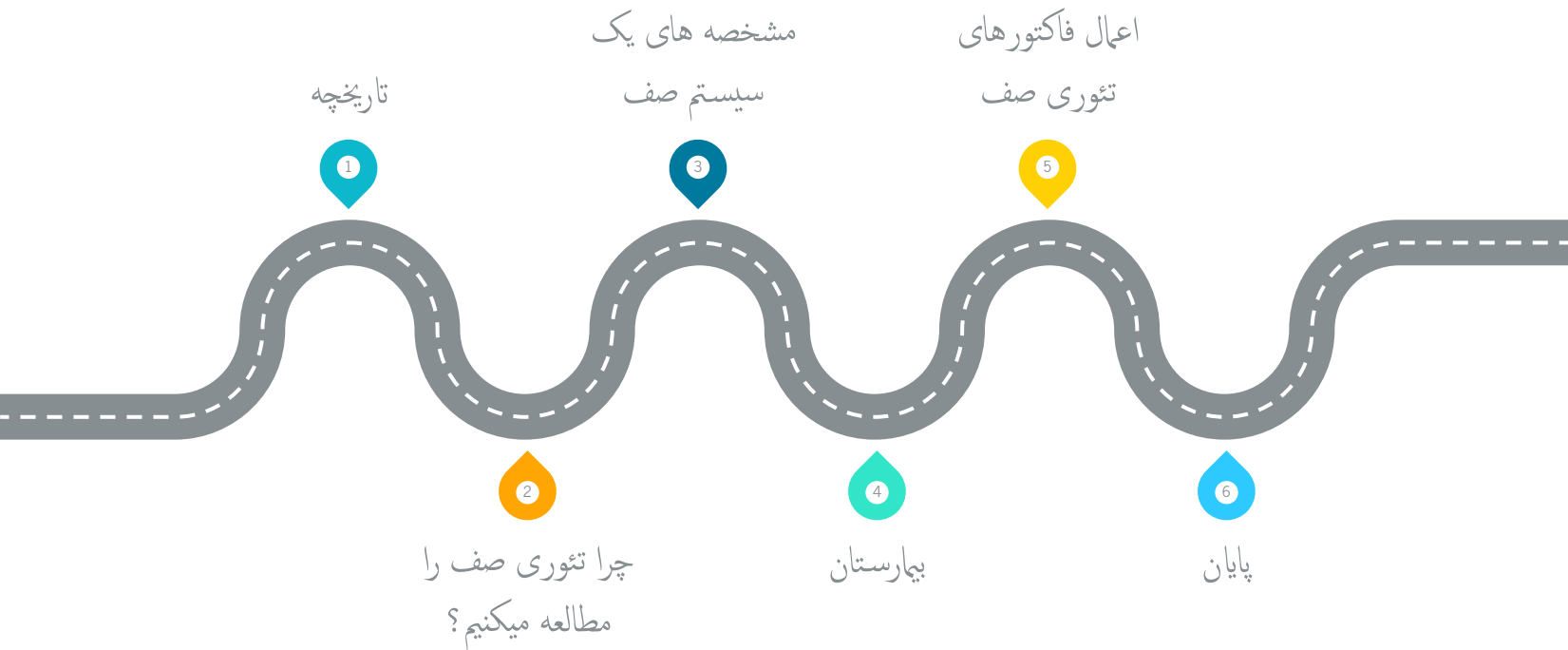
بهبود تخصیص منابع بیمارستانی با استفاده از تئوری صف

استاد طرفی

H Hospital

سیدرضا بیات غیاثی - محمدسروش اثنا عشری - امیر حسین مظفری

مسیر ارائه



تاریخچه

نظریه صف به منظور تهیه مدل هایی برای پیش بینی رفتار آن دسته از سیستم ها که سعی دارند به درخواست های تصادفی سرویس دهند ایجاد شده و تکامل یافت. اولین مسائل مطرح شده در این موضوع، مربوط به تراکم درخواست مکالمات تلفنی بوده است، که نخستین بار در سال ۱۹۰۹ توسط ریاضیدان دانمارکی - ارلنگ - تحت عنوان نظریه احتمالها و مکالمات تلفنی به انتشار یافت. او که کارمند شرکت مخابرات دانمارک در کپنهاک بود، وظیفه داشت با استفاده از تکنیکهای تئوری احتمال تعداد بهینه خطوط تلفن برای مکالمات درخواستی را بیابد. با در نظر گرفتن مکالمات تلفن به عنوان خط انتظار، ارلنگ، نخست مجبور بود آنچه را که به مراجعه کننده ها و سرویس دهنده ها مربوط است و در واقع آنچه را که به آن خط انتظار اطلاق می شود، تعریف کند. ارلنگ در کارهای بعدی اش دریافت که یک سیستم تلفن عموماً به یکی از دو صورت زیر می باشد:

ادامه

۱- ورودی پواسون، زمانهای اشغال (سرویس) نمائی و باجه های چندگانه (سرویس دهنده ها)

۲- ورودی پواسون، زمانهای اشغال ثابت و یک باجه

ارلنگ همچنین بانی اندیشه تعادل مانا (حالت پایدار) به منظور معرفی آنچه اصطلاح تعادل معادلات حالت نامیده می شود و نیز اولین بررسی کننده بهینه سازی سیستم های صف بوده است. تحقیقات مربوط به کاربرد این نظریه در مورد تلفن بعد از ارلنگ ادامه یافت. در سال ۱۹۲۷ مولینا کاربرد نظریه احتمال در مسائل اساسی تلفن را منتشر کرد و به دنبال آن یکسال بعد تورنتون فری، احتمال و استفاده های آن در مهندسی را انتشار داد که در آن بیشتر کارهای ارلنگ تعمیم داده شده بود.

ادامه

در اوایل سال ۱۹۳۰ فلیکس پولچک؛ بعضی کارهای قبلی برای ورودی پواسون، خروجی دلخواه و مسائل یک ایستگاهی و چند ایستگاهی را دنبال کرد. در همان ایام، کارهای دیگری نیز انجام گرفت که از جمله آنها می توان به فعالیت های کولوگوروف و خینچین در روسیه، کروملن در فرانسه و پالم سوئدی اشاره کرد. در اوایل، گسترش و بسط این نظریه به کندی صورت می گرفت، اما از سال ۱۹۰۰ به بعد روند آن تغییر نموده به گونه ای که امروزه ، فعالیت های زیادی در این زمینه صورت می گیرد.

چرا تئوری صف را مطالعه می کنیم؟

تئوری صف مهم است زیرا به توصیف ویژگی‌های صف، مانند میانگین زمان انتظار، کمک می‌کند. و ابزارهای بهینه سازی صف ها را فراهم می‌کند. از دیدگاه تجاری، تئوری صف از ساخت سیستم های گردش کار کارآمد و مقرون به صرفه خبر می‌دهد.

چرا تحلیل صف اینقدر مهم است؟ زیرا ابزاری کلیدی در برآورد ظرفیت مورد نیاز برای سناریوهای احتمالی آینده، از جمله افزایش تقاضا به دلیل بیماری های جدید است.

تعدادی کاربرد برای تئوری صف

جریان ترافیک (وسایل نقلیه، هواپیما، ارتباطات)، برنامه ریزی (بیماران در بیمارستان ها، مشاغل در ماشین آلات، برنامه ها در رایانه)، و طراحی تسهیلات (بانک ها، دفاتر پست، سوپرمارکت ها)

مشخصه های یک سیستم صف



الگوی ورود مشتری

نوع ورود: ورود مشتری ها می تواند به صورت انفرادی یا گروهی صورت گیرد. در مورد ورودی های گروهی (مثلا ورود مشتری هایی که همزمان به وسیله اتوبوس وارد یک مهمان خانه بین راه می شوند) غالبا با دو موضوع سرو کار داریم: یکی زمان بین دو ورود متوالی گروه ها و دیگری تعداد مشتریان هر گروه.

زمان بین دو ورود: این زمان می تواند ثابت (قطعی) و یا احتمالی باشد که در صورت احتمالی بودن، باید توزیع آن مشخص شود.

همکن بودن یا نبودن بر حسب زمان، به عبارت دیگر ورود مشتری به سیستم می تواند از زمان مستقل بوده و یا به آن وابسته باشد. یک کمیت مفید برای بررسی الگوی ورود مشتری، آهنگ ورود مشتری است که طبق تعریف، میانگین تعداد مشتری هایی است که در واحد زمان وارد سیستم می شوند. آهنگ ورود مشتری را معمولا با λ نشان می دهند. بدیهی است که λ لاند با عکس میانگین زمان بین دو ورود متوالی است.

ادامه

در مورد الگوی ورود مشتریان ذکر این نکته ضروریست که باید بین مراجعه مشتریان و ورود آنها به سیستم تفاوت قائل شد. به عبارت دیگر رفتار مشتری هنگام مراجعه به سیستم (و البته مواجهه با صف) ممکن است به یکی از صورتهای زیر باشد:

1. بدون توجه به طول صف، وارد سیستم شده و در صف بایستد.
2. با دیدن صف از ورود منصرف شده و به سیستم وارد نشود.
3. وارد سیستم (صف) شود ولی پس از مدتی انتظار، از صف خارج شده و از سیستم بیرون رود.
4. در صورت وجود صف از ورود به سیستم خودداری کند ولی پس از مدت زمانی، مجدداً به سیستم مراجعه کند.

الگوی خدمت دهی

منظور، مدت زمان ارائه خدمت به یک مشتری است. الگوی خدمت دهی نیز مانند الگوی ورود مشتری، دارای مشخصه های زیر می باشد:

1. خدمت دهنده ممکن است تنها به یک مشتری خدمت دهد و یا همزمان به گروهی از مشتریان سرویس ارائه دهد (خدمت گروهی)

2. زمان خدمت می تواند ثابت و یا دارای ماهیت تصادفی باشد که در حالت دوم باید تابع توزیع آن معلوم باشد. تابع توزیع مدت زمان خدمت با "بی" در زبان انگلیسی نشان داده می شود.

3. مدت خدمت دهی ممکن است نسبت به زمان ثابت و یا متغیر باشد.

آهنگ خدمت دهی طبق تعریف عبارت است از میانگین تعداد مشتریانی که در واحد زمان از یک خدمت دهنده خدمت دریافت می کنند، آهنگ خدمت دهی همچنین ممکن است متأثر از طول صف نیز باشد. برای مثال ممکن است نرخ خدمت با طول صف افزایش یابد، یعنی هرچه تعداد مشتریان در صف زیادتیر می شود، خدمت سریعتر انجام گیرد.

تعداد خدمات دهندگان

تعداد خدمت دهندگان (که به صورت موازی به ارائه خدمت می پردازند) نیز در تحلیل سیستم صف مهم است. در یک سیستم صف ، این تعداد ممکن است به طول صف (و یا تعداد مشتریان داخل سیستم) بستگی داشته باشد. فرض بر این است که خدمت دهندگان مستقل از هم عمل می کنند.

ظرفیت صف

منظور از ظرفیت صف، حداکثر تعداد مشتریانی است که می توانند در صف قرار گیرند. ظرفیت صف می تواند بینهایت و یا متناهی باشد. در حالتی که ظرفیت صف متناهی است، ورود مشتری ها تا زمانی ادامه می یابد که طول صف کمتر از ظرفیت آن باشد و از آن پس، از ورود مشتری جلوگیری می شود.

جمعیت مشتریان بالقوه

منظور تعداد مشتریانی است که امکان مراجعه به سیستم را دارا می باشند. این تعداد می تواند متناهی و یا نامتناهی باشد.

نظم سیستم

منظور از نظم سیستم، نحوه انتخاب مشتری های داخل صف برای ارائه خدمت است. در یک سیستم، موقعی که یکی از خدمت دهندگان بیکار و آماده ارائه خدمت می شود، ضابطه های مختلفی برای انتخاب مشتری بعدی می تواند وجود داشته باشد. متداولترین حالت، در نظر گرفتن نوبت است، یعنی اینکه کسی که زودتر وارد سیستم شده زودتر انتخاب می شود. این نظم را Fifo می نامند. در برخی سیستم ها ممکن است انتخاب مشتری بر خلاف ضابطه فوق باشد؛ یعنی آن مشتری انتخاب می شود که دیرتر از همه وارد سیستم شده است. به این نظم Lifo گویند.

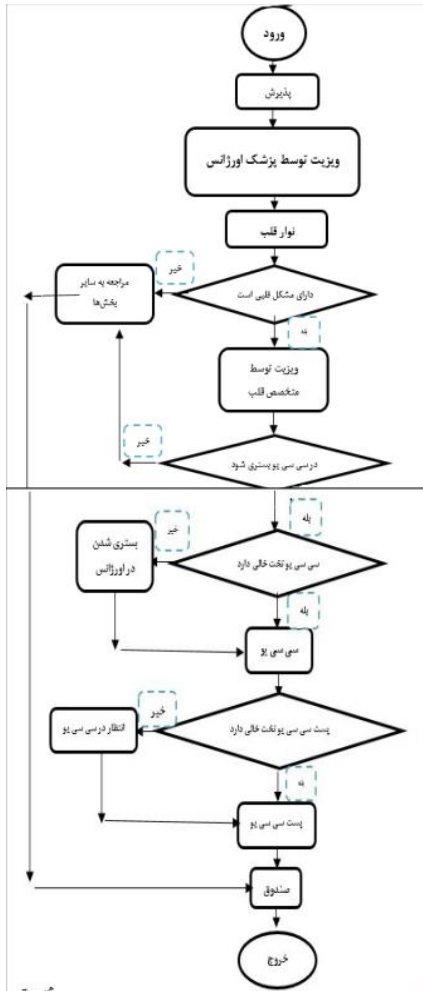
ادامه

نکته دیگری که در نظم سیستم دارای اهمیت می باشد، مسأله اولویت است. در بسیاری از سیستم ها اهمیت مشتری ها متفاوت است، به گونه ای که برای گروه های مختلف مشتری، بر حسب اهمیتی که برای سیستم دارند، اولویت های گوناگون در نظر گرفته می شود. در برخی از سیستم ها، بعضی از مشتریان از چنان اولویت بالایی برخوردارند که به محض ورود به سیستم، ارائه خدمات به آنها شروع می شود. در مورد این مشتری ها، خدمت دهنده موظف است بلافاصله کار خدمت دهی به آنها را شروع کند، حتی اگر در حال ارائه خدمت به مشتری دیگری باشد. در این گونه موارد گویند اولویت همراه با حق انقطاع می باشد. در برخی دیگر از سیستم ها، ارائه خدمت نیمه تمام نمی ماند، اما به مشتریان با اولویت بالاتر، خارج از نوبت خدمت ارائه می شود. در این گونه مواقع گویند، اولویت بدون حق انقطاع می باشد.

بیمارستان

همان گونه که دیده میشود بیمار پس از ورود به اورژانس توسط پزشک اورژانس ویزیت میشود و در صورت داشتن مشکل قلبی به متخصص قلب ارجاع داده میشود و در صورتی که سی سی یو تخت خالی داشته باشد در این بخش بستری میشود. سی سی یو بخشی است که به طور ویژه از بیماران قلبی مراقبت می نماید و به طور پیوسته بیماران ویزیت میشوند نوار قلب و آنزیم های قلبی بیماران بررسی میشود، پس از مراقبت ها اگر پست سی سی یو تخت خالی داشته باشد بیماران به پست سی سی یو منتقل میشوند. پست سی سی یو بخشی است که بیماران رو به بهبود به آنجا منتقل میشوند، دستگاہهایی که در سی سی یو به بیمار متصل بوده از آنها جدا شده و به پزشک برای ترخیص بیمار قلبی اطمینان خاطر میدهد و در نهایت پس از طی گامهای فرایند جریان بیمار ترخیص میگردد.

فرآیند اسلاید قبل



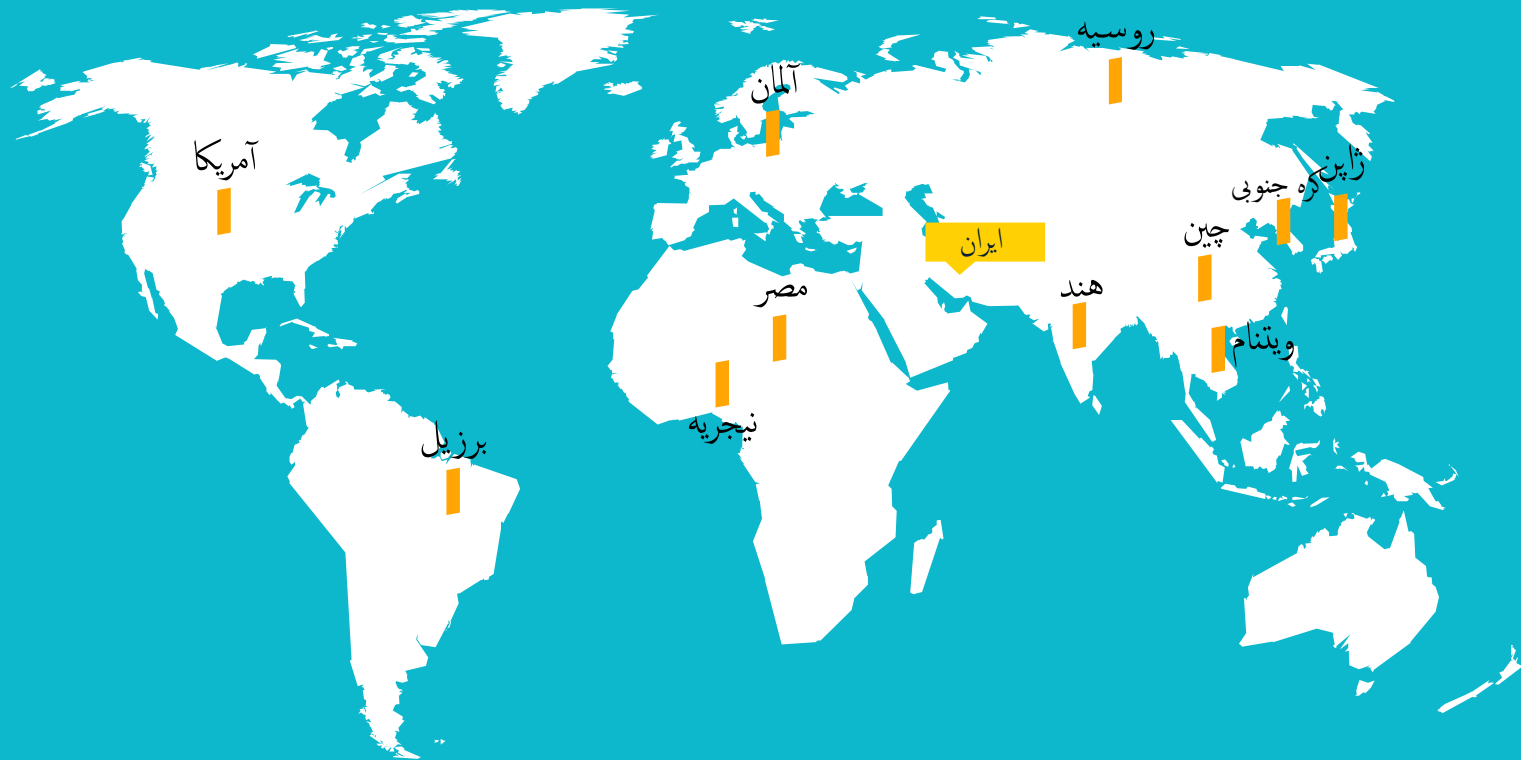
توضیحات با اعمال فاکتور های تئوری صف در مثال قبل

در مثال قبل در چند قسمت ما با صف رو به می شویم، اولین قسمت پذیرش است بخش بعد موقع گرفتن نوار قلبی است بخش بعد موقعی که فرد میخواهد در قسمت سی سی یو بستری شود قسمت بعد پست سی سی یو است که اگر ظرفیت نباشد دوبار باعث ایجاد صف می شود یکی برای همین فردی که میخواهد آماده ترخیص شود و یکی هم برای کسی که میخواهد در سی سی یو بستری شود (کسی که آماده انتقال به پست سی سی یو است اگر در آنجا ظرفیت نباشد باید همچنان در بخش مراقبت های ویژه باشد و نباید به بخش منتقل شود زیرا هنوز ریسک خطر وجود دارد). البته باید به یک نکته هم توجه کنیم که اونم احتمال این که در هر قسمت که با صف رو به می شویم از بیمارستان خارج شویم با هم فرق میکند و کسی که با تشخیص پزشک نیاز سریع به بستری دارد خب قاعدتاً منتظر نمی ماند.

ادامه

قسمتی که بیشترین احتمال خارج شدن و نماندن را در بین قسمت های مختلف دارد ویزیت توسط پزشک اورژانس است زیرا در اون قسمت فرد میخواهد سریع بیماری خودش را شناسایی و اقدام به رفع آن بکند، که روشی که بیمارستان های بزرگ از آن استفاده میکنند جدا کردن قسمت اورژانس از بیمارستان است. ولی باز هم با مشکل وجود صف روبه رو هستند در مرحله بعدی اقدامی که انجام دادند، اضافه کردن بخشی به نام "تیراژ" است، با اضافه شدن این قسمت پزشک دیگر نیاز به چک آپ های اولیه مانند گرفتن فشار یا ضربان قلب و ... ندارد زیرا در بخش تیراژ یک چک آپ سریع و اولیه انجام می شود و بیمار آماده برای ویزیت توسط پزشک می شود. مهم ترین قسمت قه باعث دفع میشود همین اورژانس است و وقتی بیمار وارد فرآیند درمان می شود خیلی ریسک این را که برود و در بیمارستان دیگری دوباره فرآیند تشخیص بیماری را انجام دهد نمیکند.

کشورهای دارای بیشترین بیمارستان



ایران جزو این کشورها نیست و صرفاً برای نشان دادن موقعیت مشخص شده!

پایان ! ممنون از همراہیتان

امیر حسین مظفری
سیدرضا بیات غیالی
محمد سروش اشاعشری