بهینه سازی در سیستم‌های صف

تألیف: دکتر جمشید صالحی صدقیانی

چکیده

صف‌ها یکی از سیستم‌های پیچیده اجتماعی رایج در زندگی روزمره می‌باشند و بطور اجتناب ناپذیری با حوزه فعالیت‌های سازمانها مرتبط شده‌اند، بطوری که مدیران جهت بهبود بهره‌وری سیستم‌های عملیاتی، ناگزیر به مطالعه و شناخت و تصمیم‌گیری در این مقوله می‌باشند. در این مقاله به توصیف و تحلیل اجزای الگوی منطقی صف پرداخته‌ایم و کوشش نمودیم تا ساختار یک سیستم صف در جهان واقعی با لحاظ شرایط تغیر و عدم قطعیت را معرفی نموده و رفتار واقعی اجزای سیستم صف را تجزیه و تحلیل نماییم. در این راستا با استفاده از الگوی نظری سنتی ریاضی، زمینه تحلیل منطقی ساختار صف را فراهم نموده و جهت کمک به تصمیم‌گیری مدیران در زمینه ایجاد شرایط بهینه تشکیل صف‌ها و کنترل موثر آنها، تکنیک‌های شبیه سازی مناسب که عوامل عدم اطمینان و بی‌ثباتی مؤثر بر ساختار صف‌ها را وارد مدل مطالعه می‌نمایید، ارائه نموده‌ایم.

مقدمه

یکی از مظاهر جوامع مدرن که در تمام زوایای زندگی اجتماعی موجودیت یافته است، صف‌ها می‌باشند. در سوپر مارکت‌ها، مطب پزشکان، ایستگاههای وسایط نقلیه عمومی، شرکت‌های مخابرات، بانکها، تعمیرگاههای اتومبیل، بنادر، فرودگاهها،

ایستگاههای عوارض بزرگراهها، سیستم‌های رایانه‌ای و خطوط تولید، شاهد تشکیل صف‌ها می‌باشیم. از آنجا که این مقاله پدیده مزبور را از دیدگاه مدیریتی بررسی می‌نماید، تئوری صف یکی از اجزاء مهم و ابزارهای ارزشمند محسوب می‌گردد و مطالعه مدلهای صف در بخش‌های تولیدی و خدماتی جهت افزایش بهره‌وری سیستم و کسب مزیت‌های رقابتی و استانداردهای کیفیت لازم می‌باشند. مدیران همواره درصدد ایجاد تعادل بین هزینه‌های ارائه خدمات مطلوب و هزینه‌های منتظر نگهداشتن مشتریان در صف‌ها هستند. آنها در نظر دارند که طول صف‌ها را طوری کنترل نمایند که مشتریان خسته و ناراحت نشوند و صف را ترک ننموده و برای دفعات دیگرنیز مراجعه نمایند. در واقع منتظر نگهداشتن مردم در صف‌ها باعث ایجاد عادات و فرهنگهای خاصی می‌گردد که هزینه‌های چشمگیری را در سطح خرد و کلان بر سازمان تحمیل می‌کند.

در علم مدیریت مدلهای سنتی ریاضی جهت تجزیه و تحلیل صف مطرح شده‌اند که جهت شناخت و اتخاذ تصمیم مناسب سیستم‌های صف انتظار بسیار مفید می‌باشند، اما کافی نیستند زیرا پیش فرض هایی که این مدلها براساس آنها طراحی شده‌اند، براساس ثبات و عدم تغییر ساختار صف‌ها تنظیم شده است. در حالیکه در جهان واقعی بدلیل وجود تغییر و بی‌ثباتی محیط و ضمناً گستره ارزشهای فرهنگی و درجه انضباط پذیری و عادات مردم در صف‌ها، نمی‌توان از مدلهای سنتی ریاضی استفاده کرد، در نتیجه باید مدلهایی را تدوین کرد که قابلیت انعکاس شرایط عدم قطعیت و انعطاف پذیری مطابق با واقعیت را دارا باشند، لذا استفاده از فنون شبیه سازی اجتناب‌ناپذیر می‌گردد. برای روشن‌تر شدن موضوع به مثال زیر توجه کنید.

شهر الف یکی از چند شهر منتخب جهت اجرای طرح اشتغال جوانان در فصل تابستان می‌باشد مدیر برنامه ایجاد فرصت‌های شغلی برای جوانان در شهر الف، بودجه‌ای به اندازه استخدام ۱۵۰۰ جوان دریافت کرده است. از آن جایی که پیش بینی می‌شود این برنامه دارای متقاضیان حدود ۸۰۰۰ نفر باشد، مدیر باید طرحی جهت اجرای پروژه مصاحبه و تکمیل فرم استخدام برای داوطلبان شغل، ارائه دهد به این

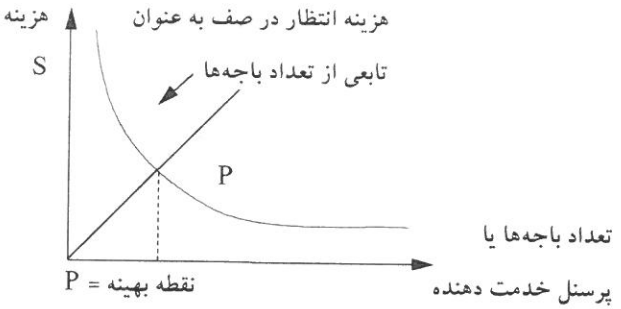
ترتیب که تعداد بهینه افرادی را که باید بعنوان مصاحبه‌گر و تکمیل کننده فرم استخدام هر فرد داوطلب لازم است بکار گرفته شوند را مشخص نماید برآورد شده است که انجام مصاحبه و تکمیل فرم هر فرد ۱۵ دقیقه طول می‌کشد. اگر فقط یک باجه جهت این امر اختصاص داده شود، ۸۰۰۰ نفر و هر نفر ۱۵ دقیقه (۱۵×۸۰۰۰)، در مجموع ۱۲۰۰۰۰ دقیقه زمان لازم است که معادل ۲۰۰۰ ساعت کاری می‌باشد. با توجه به این که هر شخص بطور معمول ۴۰ ساعت در هفته کار می‌کند، برای یک نفر مصاحبه‌گر یعنی یک باجه ۵۰ هفته یعنی حدود یک سال طول می‌کشد تا به تقاضای استخدام ۸۰۰۰ نفر رسیدگی شود، از سوی دیگر اگر به جای یک باجه، ۵۰ باجه جهت انجام مصاحبه تعیین گردد، کل کار در عرض یک هفته به اتمام می‌رسد، سؤال اینجاست با توجه به اینکه مدیر، با انتخاب‌های متعددی روبرو است و باید ملاحضات بسیاری را از جمله هزینه اجرای طرح، طول زمان و تخصیص امکانات را در تصمیم‌گیری خود لحاظ نماید، تعداد بهینه باجه‌های مصاحبه را چگونه می‌توان تعیین کرد؟

اجرای الگوی منطقی صف

مثالی که در بالا عنوان شد، تحت موضوعی بنام تئوری صف مورد بررسی قرار می‌گیرد انتخاب تعداد بهینه باجه‌ها، مستلزم در نظر گرفتن دو نوع هزینه جداگانه است، هر چقدر تعداد باجه‌ها زیادتر باشد، کار سریعتر و راحت‌تر صورت می‌گیرد، اما باید دانست که افزایش تعداد باجه‌ها مستلزم استخدام بیشتر افراد مصاحبه‌گر و تخصیص امکانات به آنهاست که هزینه بالایی را به شهرداری تحمیل می‌نماید، از سوی دیگر متقاضیان استخدام نیز دوست ندارند مدت زیادی در صف بمانند و منتظر نگهداشتن مردم در صف‌ها، نیز هزینه‌های خاص خود را دارد. بویژه در جوامع دموکراتیک مردم و مقامات دولتی نسبت به این مسائل حساس هستند. صفهایی که در کشور کمونیست سابق شوروی برای خرید مایحتاج زندگی تشکیل می‌گردید، شکل افسانه‌ای داشت. امریکایی‌ها در عرض یکسال، ۳۷ میلیارد ساعت به انتظار در صفها گذرانده‌اند.

اصولاً صفها سیستم‌های پیچیده اجتماعی هستند که فرهنگ‌های خاص خود و اصول مربوط به رعایت حقوق و عدالت را ایجاب مینمایند. در جوامع مختلف عادتها و رسوم مختلفی برای صفها وجود دارد که در مطالعه علمی تئوری صف اهمیت به سزایی دارد. مثلاً در انگلستان و ایالات متحد آمریکا، انضباط و ترتیب صف بسیار رعایت می‌گردد اما در جنوب اروپا نظم و نوبت بدرستی رعایت نمی‌گردد. توجه داشته باشیم که در طول صف، افراد خسته، پریشان و عصبی می‌شوند و عمدتاً زمان با ارزشی را از دست می‌دهند که همه اینها هزینه‌های چشمگیری در سطح خرد و کلان ایجاد می‌نماید.

مسلماً هزینه نگهداشتن مردم در صف به مدت زمان انتظار آنان در صف بستگی دارد. یعنی هر چه افراد بیشتر مجبور باشند درصف بایستند، خشم و عصبانیت آنها بیشتر خواهد شد و در نهایت هزینه تحمیلی به سازمان بالاتر خواهد رفت. از این رو تعداد بهینه باجه‌ها عبارت است از محل تلاقی منحنی هایی که درنمودار شماره ۱ به نمایش درآمده‌اند. یکی از منحنی‌ها، هزینه انتظار در صف است که تابع تعداد باجه‌ها یعنی افراد مصاحبه گر می‌باشد که حالت نزولی دارد به این معنی که با افزایش تعداد پرسنل مصاحبه‌گر یعنی باجه‌ها، تعداد صفها بیشتر شده و هزینه انتظار در صف کاهش می‌یابد، زیرا صف‌ها طولانی نمی‌شوند و با کاهش زمان انتظار هزینه آن نیز کاهش می‌یابد. منحنی دیگر که یک منحنی صعودی است، بیانگر هزینه ایجاد باجه‌ها یا استخدام افراد مصاحبه‌گر است که با افزایش تعداد آنها، هزینه سازمان بطور صعودی و مستقیم بالا می‌رود. از آنجا که هزینه انتظار در صف رابطه معکوس با تعداد باجه‌ها دارد و ضمناً افزایش تعداد باجه‌ها رابطه مستقیم با افزایش هزینه‌های استخدام مصاحبه‌گر و تخصیص امکانات و منابع لازم دارد، نقطه تلاقی منحنی هزینه انتظار و هزینه ایجاد باجه‌ها و استخدام پرسنل، نقطه P می‌باشد که تعداد بهینه باجه‌ها را نشان می‌دهد. در این نقطه هزینه انتظار در صف برای متقاضیان استخدام، برابر با هزینه ایجاد باجه‌ها برای شهرداری می‌باشد.



نمودار شماره ۱: راه حل بهینه یک مسئله صف

انتخاب بهینه مدل صف انتظار جایی است که هزینه نگهداشتن مردم در صف برابر با هزینه ایجاد باجه‌های اضافی برای خدمت دهی باشد.

ساختار یک سیستم صف انتظار در حالت عدم اطمینان

در نظریه صف، کل فرآیند از ورد مشتری آغاز می‌شود و شامل ورود، انتظار در صف، دریافت خدمات و سپس خروج از صف است و کل این جریان سیستم صف نام دارد. در تئوری صف از واحدهای ورودی صحبت می‌شود که عبارت است از کوچکترین واحدهایی که سیستم دریک زمان معین، به آنها خدمت ارائه می‌کند که در مثال ذکر شده جوان متقاضی شغل یک واحد تلقی می‌شود. بطور کلی اجزای ساختار یک سیستم صف انتظار بشرح زیر می‌باشد:

الف) ورودیها به سیستم صف انتظار

ب) نظم حاکم بر صف یا ویژگیهای خط انتظار

ج) امکانات خدمات دهی صف انتظار

الف- ویژگیهای ورودی

منبعی که ورودیها یا مشتریان را برای یک سیستم خدماتی ایجاد می‌کند دارای

ویژگیهای زیر می‌باشد:

الف - ۱) اندازه یا جمعیت ورودی‌ها

اندازه یا جمعیت موجود در صف می‌تواند محدود یا نامحدود باشد. وقتی که تعداد مشتریان یا ورودی‌ها هر لحظه بتوانند وارد صف شوند، جمعیت ورودی نامحدود فرض می‌گردد. مانند تعداد اتومبیل هایی که وارد صفهای باجه‌های عوارض بزرگراهها می‌شوند یا خریداران یک سوپر مارکت، اما گاهی برای جمعیت ورودی محدودیت‌هایی وجود دارد، مثلاً تعداد مریض‌های با وقت قبلی روزانه یک مطب دندانپزشکی محدود می‌باشد. در هر صورت در بیشتر مدلهای صف، جمعیت ورودی نامحدود فرض می‌شوند.

الف - ۲) الگوی ورودیها به سیستم

بعضی از مشتریان با یک طرح و نظم مشخصی وارد صف می‌شوند، مثلاً هر ۵ دقیقه یک اتومبیل یا هر نیم ساعت یک مریض، اما گاهی بصورت تصادفی وارد می‌شوند، وقتی ورودیها از یکدیگر مستقل هستند و جریان آنها قابل پیش بینی نیست، تصادفی محسوب می‌گردند. برای مطالعه ورودیها، ابتدا باید با عنایت به ماهیت عملیات سیستم یک محدوده زمانی تعیین نماییم و تعداد افرادی را که در خلال این زمان مشخص وارد می‌شوند ثبت کنیم. در بیشتر مدل‌های صف، تعداد ورودیهایی که بطور تصادفی در هر واحد زمانی می‌توانند وارد شوند، از طریق یک توزیع احتمال نظری به نام توزیع احتمال پواسن برآورد می‌شوند.

الف - ۳) رفتار ورودیها

در اکثر مدلهای صف فرض می‌شود که مشتری‌های وارد شده، بسیار بردبار هستند و وقتی که در یک صف وارد می‌شوند تا وقتی که خدمت مورد نظر را دریافت نمایند در صف باقی می‌مانند و از صف خارج نمی‌شوند. اما در زندگی واقعی افراد رفتارهای متفاوتی نشان می‌دهند، که عمدتاً دو گروه هستند: ۱- مشتریانی که با دیدن یک صف طویل از پیوستن به آن خودداری می‌کنند. ۲- مشتریانی که بعد از وارد شدن به صف

دچار بی‌حوصلگی می‌گردند و بدون دریافت خدمت مورد نظر صف را ترک می‌نمایند. در عمل هر دو این موارد باید در تجزیه و تحلیل‌های تئوری صف انتظار مورد توجه قرار گیرند.

ب - ویژگیهای صف - انتظار

صف - انتظار خود بخشی از سیستم صف می‌باشد که دارای ویژگیهای زیر است:

ب - ۱) طول صف

طول صف میتواند محدود یا نامحدود باشد. هرگاه بدلایل محدودیت‌های قانونی یا فیزیکی صف نتواند افزایش یابد، محدود فرض می‌شود. مثلاً در یک آرایشگاه بدلیل محدود بودن صندلی‌ها طول صف نمی‌تواند نامحدود باشد. اما گاهی اندازه یک صف می‌تواند بطور نامحدود افزایش یابد مثل صف اتومبیل‌ها در باجه‌های عوارض بزرگ راهها یا صف رأی دهندگان در یک رقابت انتخاباتی.

ب - ۲) نظم موجود در صف

این امر به قانون حاکم بر صف مربوط می‌شود و براساس آن مشتریان خدمت دریافت می‌کنند. بیشتر سیستمهای صف از قانون اولین صادره از اولین وارده (FIFO) استفاده می‌کنند. یعنی هرکس زودتر وارد صف می‌شود، زودتر خدمت دریافت می‌کند. اما این نظم حاکم بر صف گاهی بهم می‌خورد مانند نوبتهای بخش‌های سوانح بیمارستانها، زیرا بیماران با وضعیت وخیم زودتر از بیماران عادی، خدمات دریافت می‌کنند یا اینکه اشخاص مسئول صف برای اینکه کار آشنایان و فامیل خود را زودتر راه بیاندازند، نظم صف را بر هم می‌زنند.

ج - ویژگیهای امکانات ارائه خدمات

سومین بخش از سیستم صف دارای دو ویژگی زیر می‌باشد:

ج - ۱) آرایش اصلی سیستم صف

معمولاً سیستم‌های خدماتی بر اساس تعداد کانال‌های خدمات دهنده و تعداد

مراحل خدمات دهی طبقه بندی می‌شوند. یک سیستم صف یک کاناله دارای یک خدمت دهنده می‌باشد، مثلاً گاهی اوقات در بانک یک صندوق با یک صندوق دار خدمت ارائه می‌دهد، اما گاهی سیستم صف چند کاناله می‌باشد مثل بیشتر بانکها که با چند صندوق کار می‌کنند.

ج - ۲) توزیع زمان خدمت دهی

زمان خدمت دهی، مانند الگوهای ورودی می‌تواند قاعده خاصی داشته باشد یا اینکه تصادفی باشد. مثلاً در مراکز کارواش، ماشین‌های اتوماتیک وجود دارند که عمل شستشوی اتومبیل را در یک مدت زمان از قبل تعیین شده انجام می‌دهند، در نتیجه زمان خدمت دهی ثابت و قاعده‌مند است. اما در بیشتر مواقع زمان ارائه خدمات بطور تصادفی توزیع شده‌است.

اندازه‌گیری عملکرد صف

مدل صف به مدیران در تصمیم‌گیری جهت ایجاد تعادل بین هزینه مطلوب ارائه خدمت با هزینه انتظار در صف یاری می‌دهد. بیشتر سنجه‌های عملکرد سیستم صف انتظار، بطور مشترک بر نکات زیر در تجزیه و تحلیل صف تأکید می‌نماید:

۱- متوسط زمانیکه هرمشتری در صف صرف می‌کند.

۲- متوسط طول صف.

۳- متوسط زمانی که هر مشتری در سیستم در زمان انتظار در صف به اضافه زمان ارائه خدمت صرف می‌کند.

۴- احتمال اینکه امکانات ارائه خدمت بیکار بمانند.

۵- عامل بهره‌وری سیستم.

۶- احتمال اینکه تعداد ویژه‌ای ازمشتریان در سیستم باشند.

اندازه‌گیری عملکرد صف با فرض قطعیت و عدم تغییر می‌تواند بطور سرانگشتی محاسبه شود، اگر فرض شود همه ارباب رجوع خیلی دقیق و مرتب و همچنین سر وقت در صف می‌ایستند، و جای خود را بطور منظم حفظ می‌کنندو مانند بطری‌های نوشابه

درخط تولید، بطور اتوماتیک پشت سر هم قرار می‌گیرند. آنگاه مشکل انتخاب تعداد بهینه باجه‌ها یا صفها به سادگی قابل حل است.

در مثال برنامه اشتغال تابستانی جوان، فرض کنیم که در هر روز کاری، ۲۴۰ نفر متقاضی مراجعه کنند، با فرض مراجعه منظم آنها در خلال ۸ ساعت در روز، در واقع در هر ساعت ۱۵ نفر مراجعه می‌کنند. برای ارائه خدمات لازم به هر فرد، ۱۵ دقیقه زمان لازم است و در صورت بودن یک باجه، فقط کار ۴ مشتری ($\frac{۶۰}{۱۵}$) در عرض یک ساعت انجام می‌شود. بنابراین اگر تنها در آغاز روز یک باجه باز باشد، قبل از اینکه کار نفر اول به اتمام برسد، ۳ نفر پشت سر او در صف منتظر می‌مانند و تا زمانی که نفر دوم کارش تمام شود افراد داخل صف به ۷ نفر می‌رسد. با داشتن یک باجه نفر دوم باید ۱۱ دقیقه در صف منتظر بماند (۱۵ دقیقه زمان ارائه خدمت منهای ۴ دقیقه زمان تأخیر ورود) و سومین فرد متقاضی که ظرف ۸ دقیقه از باز شدن درها می‌رسد، ۲۲ دقیقه باید در صف بایستد (۴×۲) − (۱۵×۲) و به همین صورت افراد بعدی باید زمان بیشتری در صف بایستد. اگر دو باجه برای ارائه خدمت وجود داشته باشد، زمان انتظار بسیار کوتاهتر می‌شود زیرا دو نفر به هیچ وجه منتظر نمی‌مانند چون دو باجه وجود دارد و بقیه به همین ترتیب محاسبه می‌شوند.

استفاده از توزیع‌های نظری در الگوی صف

از آنجا که باید با مثال برنامه اشتغال تابستانی جوان با فرض عدم قطعیت در مورد ورود افراد و زمان ارائه خدمت به صفها برخورد نمود، میتوان فرض کرد که احتمالاًالگوی ورود افراد از توزیع پواسن و زمان ارائه خدمت از الگوی نمایی منفی برخوردار هستند. مهمترین عامل استفاده ازالگوی نظری، علم ریاضیات است که ارتباط تنگاتنگی با این مبحث دارد و فرمولهایی در این رابطه با مثال برنامه اشتغال تابستانی جوانان از این فرمولها استفاده می‌شود. مثال مورد نظر یک مسئله تک مرحله‌ای بود، استفاده از توزیع ریاضی، مستلزم فرض استقلال است، یعنی میزان کنونی ارباب رجوع

تحت تأثیر میزان انتظار در زمان گذشته نیست، فرض استقلال بطور تلویحی نیز منعکس کننده تعدادزیادی ورودی (حدود ۸۰۰۰ نفر) می‌باشد.

در متون تئوری صف، استفاده از نمادهای زیر نسبتاً پذیرفته شده و قابل قبول است.

A = میانگین تعداد ورودیها یا آهنگ ورود ارباب رجوع در واحد زمانی مورد نظر

S = میانگین تعداد افراد یا اقلامی که درواحد زمانی مورد نظر خدمت دریافت می‌کنند یا آهنگ ارائه خدمات

فرمولها عبارتند از:

۱) متوسط تعداد واحدهای ورودی یا مشتریان در سیستم $LS = \frac{A}{S-A}$

۲) متوسط زمانی که هر واحد یال مشتری در سیستم صرف می‌کند (زمان انتظار بعلاوه زمان دریافت خدمت) $WS = \frac{1}{S-A}$

۳) متوسط افرادی که در صف ایستاده‌اند $Lq = \frac{A^2}{S(S-A)}$

۴) متوسط زمانی که هر واحد یا مشتری در صد صرف می‌کند $Wq = \frac{A}{S(S-A)}$

۵) عامل بهره‌برداری یا مطلوبیت برای سیستم یا احتمال اینکه وقتی فرد بعدی وارد صف می‌شود، باید در صف بایستد. $P = \frac{A}{S}$

۶) احتمال اینکه هیچ فردی در سیستم نباشد یعنی اینکه سیستم بیکار باشد. $P_0 = 1 - \frac{A}{S}$

برای مثال مورد نظر، فرض می‌شود که میانگین آهنگ ورود ارباب رجوع ۱۵ نفر در ساعت است، ۱۵ = A و اگر ۴ باجه مأمور ارائه خدمت باشند، پس میانگین آهنگ ارائه خدمت ۴ نفر در هر ۱۵ دقیقه است یا ۱۶ نفر در عرض یکساعت (۱۶ = S) با استفاده از

این دو جزء اطلاعات نتایج زیر را می‌توان محاسبه کرد:

متوسط تعداد افراد مورد انتظار در سیستم $Ls = \frac{15}{16-15} = 15$ نفر

متوسط زمانی که هر مشتری در سیستم صرف می‌نماید ساعت $Ws = \frac{1}{16-15} = 1$

متوسط تعداد افرادی که در صف ایستاده‌اند $Lq = \frac{15^2}{16(16-15)} = 14$ نفر

متوسط زمانی که هر مشتری در صف صرف می‌کند $Wq = \frac{15}{16(16-15)} = 0/94$

$0/94 \times 60 = 57/6$ دقیقه

عامل بهره‌برداری یا مطلوبیت برای سیستم یا احتمال اینکه وقتی فرد بعدی می‌رسد باید در صف بایستد. $P = \frac{A}{S} = \frac{15}{16} = 0/94$

احتمال بیکاری سیستم $P_0 = 1-0/94 = 0/6$

تا زمانی که تعداد باجه‌ها بیش از ۳ تا باشد، ما می‌توانیم این اعداد را برای هر تعداد باجه بکار ببریم، در اینجا بر خلاف سیستم قطعی زمان انتظار به صفر نمی‌رسد، زیرا در مورد زمان مراجعه ارباب رجوع اطلاعات مفیدی در دسترس نمی‌باشد. بنابراین هر چه تعداد باجه‌ها افزایش یابد، زمان انتظار پیش بینی شده به شدت پایین می‌آید، اما به صفر نمی‌رسد. در جدول صفحه بعد سه حالت یعنی وقتی باجه‌ها با تعداد ۴ و ۵ و ۶ باشند، جهت مقایسه نشان داده شده است. این جدول بیانگر این نکته است که افزایش تعداد باجه‌ها، زمان صرف شده جهت ایستادن و انتظار در صف را به میزان زیادی کاهش می‌دهد، اما در عین حال احتمال اینکه سیستم کم اثر شده باشد به شدت افزایش می‌یابد و این اطلاعات، کمک بزرگی برای تصمیم‌گیران جهت تصمیم‌گیری برای تعداد باجه‌های ارائه خدمات فراهم می‌آورند.

استفاده از شبیه سازی

استفاده از مدلهای ریاضی برای یافتن راه حل بهینه تا زمانی که فرآیند خیلی پیچیده نباشد، مناسب به نظر می‌رسد، اما در دنیای واقعی عواملی غیر قابل پیش بینی و ساختار نیافته می‌توانند بر الگوی صف اثر بگذارند که در بخش شناخت ساختار صف به آن اشاره شد. این عوامل مانند فرهنگ‌ها و آداب و رسوم مختلف مردم در صف‌ها، پیوستن و خارج شدن از صف و اشکال مختلف صف‌ها، می‌باشند. ضمناً اگر شکل مسئله مورد بررسی، پیچیده‌تر باشد، مثلاً چندین خطوط صف با چندین مرحله وجود داشته باشد، و الگوی ورود افراد به صف و زمان ارائه خدمت مطابق با توزیع‌های ریاضی خاص نباشد، نمی‌توان از روش ریاضی استفاده کرد، زیرا ملزومات و پیش فرض‌ها برقرار نیست. در این صورت راه حل بهتر استفاده از الگوی شبیه سازی می‌باشد. شبیه سازی به راه حل‌های ریاضی نیاز ندارد و در عین حال انعطاف پذیری لازم را در خصوص هر الگوی اتفاقی دارا می‌باشد. همزمان با بهبود تکنولوژی رایانه، استفاده از الگوهای شبیه سازی در بسیاری از زمینه‌ها رواج فراوان یافته است. دنیای ما پر از مدلهای شبیه سازی است، طی بازیهای المپیک تابستان ۱۹۹۶، شهر آتلانتای آمریکا برای کنترل ترافیک سنگین و صف‌های عظیم اتومبیل‌های توریست‌ها از تکنیک‌های شبیه سازی استفاده کرد.

نتایج حاصل از مدل صف که براساس توزیع احتمال به دست آمده است.

تعداد باجه ها	تعداد افراد منتظر در صف	زمان انتظار به ساعت (دقیقه)	احتمال انتظار در صف	احتمال بیکاری سیستم
۴	۱۴	۰/۹۴	۰/۶۴	۰/۰۶
۵	۲/۲۵	(۳۶/۴)	۰/۷۵	۰/۲۵
۶	۱/۰۴	۰/۰۶۹	۰/۶۲۵	۰/۳۷۵
		(۴/۱۴)		

مواردی از کاربرد شبیه سازی در سیستم‌های صف به شرح زیر است:

۱- محل قرار گرفتن آمبولانس‌ها و نحوه اعزام آنها

۲- طراحی پهلو گرفتن کشتی‌ها در بنادر

۳- طراحی سیستم توزیع کالا

۴- زمان‌بندی نوبت پروازهای هواپیماها در فرودگاهها

۵- زمان‌بندی چراغ راهنمایی

۶- زمان‌بندی حرکت اتوبوس‌ها - قطارها - تاکسی‌ها

۷- طراحی نقشه کارخانه و برنامه‌ریزی تولید

۸- برنامه‌ریزی کنترل موجودی

۹- تصمیم‌گیری در مورد استخدام کارکنان و زمان‌بندی استخدام نیروی انسانی

۱۰- طراحی وضعیت رأی دهی در انتخابات

۱۱- سرمایه‌گذاری و پیش‌بینی فروش

با توجه به اینکه شبیه سازی در تجزیه و تحلیل مسایل صف کاربرد مهمی دارد و برای بیشتر مسایل واقعی سیستم صف، بدلیل وقوع اتفاقات غیر قابل پیش‌بینی و محدودیت‌های مختلف، تنها رویکرد مفید عملیاتی، می‌تواند شبیه سازی باشد.

مراحل شبیه‌سازی

۱- تعریف مسئله

۲- شناخت متغیرهای مهم مرتبط با مسئله

۳- ایجاد یک مدل عددی

۴- راه‌اندازی فرآیندهای عملیاتی برای آزمایش

۵- انجام آزمایش

۶- ملاحظه نتایج آزمایش و اصلاح و تغییرات لازم در مدل

۷- انتخاب بهترین بخش از مدل

منابع مورد استفاده

1. Jay Heizer Barry Render, "Prouduction And Operations Management" Fourth Edition, 1996, Prentice hall, Inc, Newjersey,
2. B.Render a R. Stair, "Quantitative Analysis for Management" 5th, 1994, Printice Hall,
3. Fishman, G.s, and V.G. Kullkarnis "Improving Montecarlo Efficiency by Increasing Variance." management science, 38. ho, 10 (october 1992)
4. Solomon, s, "Simulation of Waiting lines", Englewood cliffs, NJ: Prentice Hall, 1983.
5. Ho, C, H, Lau. "Minimizing Total Cost in Scheduling Outpatient Appointment", Management scienee, 38 no, 12 (December 1992)
6. Donald Gross, carl. M. Harris, "Queueing Theory", 1997, Awily Interscience Publication.