



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده‌ی مهندسی صنایع

پروژه‌ی شبیه‌سازی مرکز تماس یک فروشگاه اینترنتی

نگارندگان

امیرحسین قناعتیان ۹۷۱۰۴۵۸۳

سجاد عابد ۹۷۱۰۴۵۱۵

استاد:

دکتر صدقی

بهار ۱۴۰۱



۱	..... نهادها
۱	..... متغیرهای حالت
۲	..... تاخیرها
۲	..... لیست‌ها
۳	..... فعالیت‌ها
۳	..... توضیحات متغیرهای تصادفی سیستم
۴	..... پیشامدها
۴	..... فرضیات طراحی سیستم
۵	..... چهار معیار برای ارزیابی عملکرد سیستم
۶	..... دلایل اهمیت معیارهای ذکر شده
۷	..... تعریف پویای سیستم
۱۳	..... اعلان پیشامدها
۱۳	..... لیست پیشامدهای آتی در لحظه‌ی شروع شبیه سازی

نهادها

ابتدا برای تعریف سیستم نهادهای این سیستم را تعریف می‌کنیم:

- مشتری i (هر مشتری یک ویژگی ویژه یا عادی (A_1)، یک ویژگی تمایل یا عدم تمایل به تماس مجدد (A_2)، یک ویژگی عجول یا صبور بودن (A_3) و یک ویژگی نیاز به بررسی فنی (A_4) دارد) C_i $i = 1, 2, 3, 4, \dots$ با توجه به اینکه هر مشتری ویژگی‌های مختص به خود را دارد، به صورت نهاد جداگانه تعریف شده‌اند. در مورد متصدی‌ها با توجه به اینکه صف‌های مشتریان مختلف به صورت جداگانه تعریف شده است و متصدیان و کارشناسان با هم نوع خودت تفاوتی ندارند نیازی به تعریف آن‌ها به شکل یک نهاد جداگانه نیست.

متغیرهای حالت

برای تعریف وضعیت سیستم از متغیرهای زیر استفاده می‌کنیم:

- شیفت کاری (Sh) مقدار آن برابر با ۱، ۲ و یا ۳ است.
- تعداد متصدی تازه کار مشغول (BB) که مقداری بین ۰ تا ۳ دارد.
- تعداد متصدی متخصص مشغول (BE) که مقداری بین ۰ تا ۲ دارد.
- تعداد کارشناس فنی مشغول (BT) که مقداری بین ۰ تا ۲ دارد.
- طول صف مشتریان ویژه (QL1)
- طول صف مشتریان عادی (QL2)
- طول صف مشتریان ویژه تماس مجدد (QL3)
- طول صف مشتریان عادی تماس مجدد (QL4)
- طول صف مشتریان ویژه کارشناس فنی (QL5)
- طول صف مشتریان عادی کارشناس فنی (QL6)
- مشکل داشتن شبکه (NE) که مقدار ۰ یا ۱ دارد.

تاخیرها

تاخیرهای سیستم با توجه به تعاریفی که ارائه شد و در ادامه نیز اشاره می شود عبارت خواهند بود از:

- زمان انتظار مشتریان در صف مشتریان ویژه
- زمان انتظار مشتریان در صف مشتریان عادی
- زمان انتظار مشتریان در صف مشتریان ویژه تماس مجدد
- زمان انتظار مشتریان در صف مشتریان عادی تماس مجدد
- زمان انتظار مشتریان ویژه در صف مشتریان کارشناس فنی
- زمان انتظار مشتریان عادی در صف مشتریان کارشناس فنی

لیست‌ها

لیست‌ها (صف‌های) این سیستم عبارت اند از:

- ls_{q1} لیست مشتریان ویژه در صف انتظار
- ls_{q2} لیست مشتریان عادی در صف انتظار
- ls_{q3} لیست مشتریان ویژه در صف تماس مجدد
- ls_{q4} لیست مشتریان عادی در صف تماس مجدد
- ls_{q5} لیست مشتریان ویژه در صف کارشناس فنی
- ls_{q6} لیست مشتریان عادی در صف کارشناس فنی

فعالیت‌ها

فعالیت‌های زیر در سیستم انجام می‌شود که زمان هر یک را به شکل زیر نشان می‌دهیم:

- فاصله‌ی بین ورود مشتری که توزیعی نمایی با میانگین μ دارد. $(t_{1,\mu}^*)$
- فاصله تا قطع تماس توسط مشتری که توزیعی یکنواخت با پارامترهای ۵ و $\max(25, LQ)$ دارد. (t_2^*) (با توجه به صفی که در آن قرار می‌گیرد)
- زمان سرویس‌دهی متصدی متخصص که توزیع D_1 دارد. (d_1^*)
- زمان سرویس‌دهی متصدی تازه کار که توزیع D_2 دارد. (d_2^*)
- زمان سرویس‌دهی متصدی متخصص به صف تماس مجدد که با احتمال p_1 برابر با صفر (عدم پاسخ مشتری) و با احتمال $1 - p_1$ عددی تصادفی با توزیع D_1 است. (b_1^*) p_1 احتمال پاسخ ندادن مشتری است که در صورت فاز اول به آن اشاره‌ای نشده بود)
- زمان سرویس‌دهی متصدی تازه کار به صف تماس مجدد که با احتمال p_1 برابر با صفر (عدم پاسخ مشتری) و با احتمال $1 - p_1$ عددی تصادفی با توزیع D_1 است. (b_2^*)
- زمان سرویس‌دهی کارشناس فنی که توزیع D_3 دارد. (d_3^*)

توضیحات متغیرهای تصادفی سیستم

با توجه به اینکه توزیع حضور مشتریان در یک دقیقه پواسون (با پارامتر β) است، می‌توان نتیجه گرفت که فاصله‌ی بین حضور این مشتری تا یک مشتری بعدی توزیعی گاما با پارامترهای $n=1$ و $\frac{1}{\beta}$ است. پس فاصله بین حضور دو مشتری توزیعی نمایی با میانگین $\frac{1}{\beta}$ دارد. همچنین در هنگام ایجاد پیشامد ورود یک مشتری سه ویژگی آن را با توزیعی که در صورت سوال گفته شده است ایجاد می‌کنیم. به این ترتیب هنگام ایجاد پیشامد ورود مشتری، مشخص می‌کنیم که t_1^* دقیقه بعد یک مشتری با ویژگی اول A_1^* ، ویژگی دوم A_2^* و ویژگی سوم A_3^* ، ویژگی چهارم A_4^* تماس می‌گیرد. A_1^* با احتمال ۰.۳ برابر ۱ (مشتری ویژه) و با احتمال ۰.۷ برابر صفر (مشتری عادی) است. A_2^* نیز با احتمال ۰.۵ برابر ۱ (تمایل مشتری به تماس مجدد) و با احتمال ۰.۵ برابر صفر (عدم تمایل به تماس مجدد) است. A_3^* با احتمال ۰.۱۵ برابر ۱ (عجول بودن مشتری و قطع کردن تماس پس از مدتی) و با احتمال ۰.۸۵ برابر صفر (صبور بودن مشتری) می‌باشد. A_4^* نیز با احتمال ۰.۱۵ برابر ۱ (نیاز مشتری به بررسی فنی) و با احتمال ۰.۸۵ برابر صفر است. همچنین چون توزیع A_2^* و A_3^* مستقل از یکدیگر است، A_3^* برای ۱۵ درصد افرادی که تماس مجدد نخواهند داشت نیز برابر با ۱ یک خواهد بود.

همچنین ne^* متغیر وضعیت اختلال شبکه است که با احتمال $\frac{1}{30}$ برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با صفر است.

پیشامدها

پیشامدهای سیستم به شرح زیر میباشند:

- تغییر شیفت
- تماس مشتری i ام
- اتمام سرویس دهی به مشتری i توسط متصدی تازه کار
- اتمام سرویس دهی به مشتری i توسط متصدی متخصص
- اتمام سرویس دهی به مشتری i توسط کارشناس فنی
- قطع کردن تماس توسط مشتری i ام

فرضیات طراحی سیستم

در مورد با مشکل مواجه شدن شبکه، این متغیر در ابتدای شیفت اول ست می شود (ne^*) و هر بار با احتمال $\frac{1}{30}$ ام برابر با ۱ و با احتمال $\frac{29}{30}$ برابر با صفر خواهد بود. به این ترتیب در صورت خرابی شبکه، یک روز کامل این متغیر برابر با یک خواهد بود و همچنین به طور میانگین در یک ماه، یک روز این متغیر مقدار یک خواهد گرفت. اینک مشتری ویژه است یا عادی، احتمال دارد تماس مجدد بگیرد، پس از مدتی انتظار تماس را قطع کند و یا به کارشناس فنی نیاز پیدا می کند پیش از تماس گرفتن آن (هنگام پیشامد تماس مشتری قبلی و مشخص شدن ویژگی های مشتری بعدی) مشخص می شود و پس از پیشامد تماس همان مشتری با توجه به ویژگی مشتری و نفرات در صف تصمیم گرفته می شود که مشتری تمایل به تماس مجدد دارد یا اگر ممکن است تماس را قطع کند، این پیشامد پس از چند دقیقه اتفاق خواهد افتاد. همچنین اگر فرد نیاز به بررسی فنی داشته باشد پس از اتمام تماس با متصدی به کارشناس متخصص متصل می شود.

چهار معیار برای ارزیابی عملکرد سیستم

۱. زمان تاخیر (انتظار) در صف

- میانگین زمان انتظار مشتریان ویژه در صف
- میانگین زمان انتظار مشتریان عادی در صف
- میانگین زمان انتظار مشتریان ویژه در صف تماس مجدد
- میانگین زمان انتظار مشتریان عادی در صف تماس مجدد
- میانگین زمان انتظار مشتریان در صف کارشناس فنی

۲. زمان بیکاری کارشناسان

- کل زمان بیکاری کارشناس تازه کار
- کل زمان بیکاری کارشناس متخصص
- کل زمان بیکاری کارشناس فنی

۳. درصد قطع کردن تماس توسط مشتری

- حاصل تقسیم تعداد مشتری‌هایی که پس از مدتی در صف بودند، تماس را قطع میکنند به مشتری‌هایی که از گزینه‌ی تماس مجدد در ابتدای کار استفاده نمی‌کنند و وارد صف می‌شوند
- حاصل تقسیم تعداد کل مشتریانی که پس از تماس گرفتن، قطع می‌کنند به کل تماس‌های ورودی

۴. میانگین طول صف‌ها

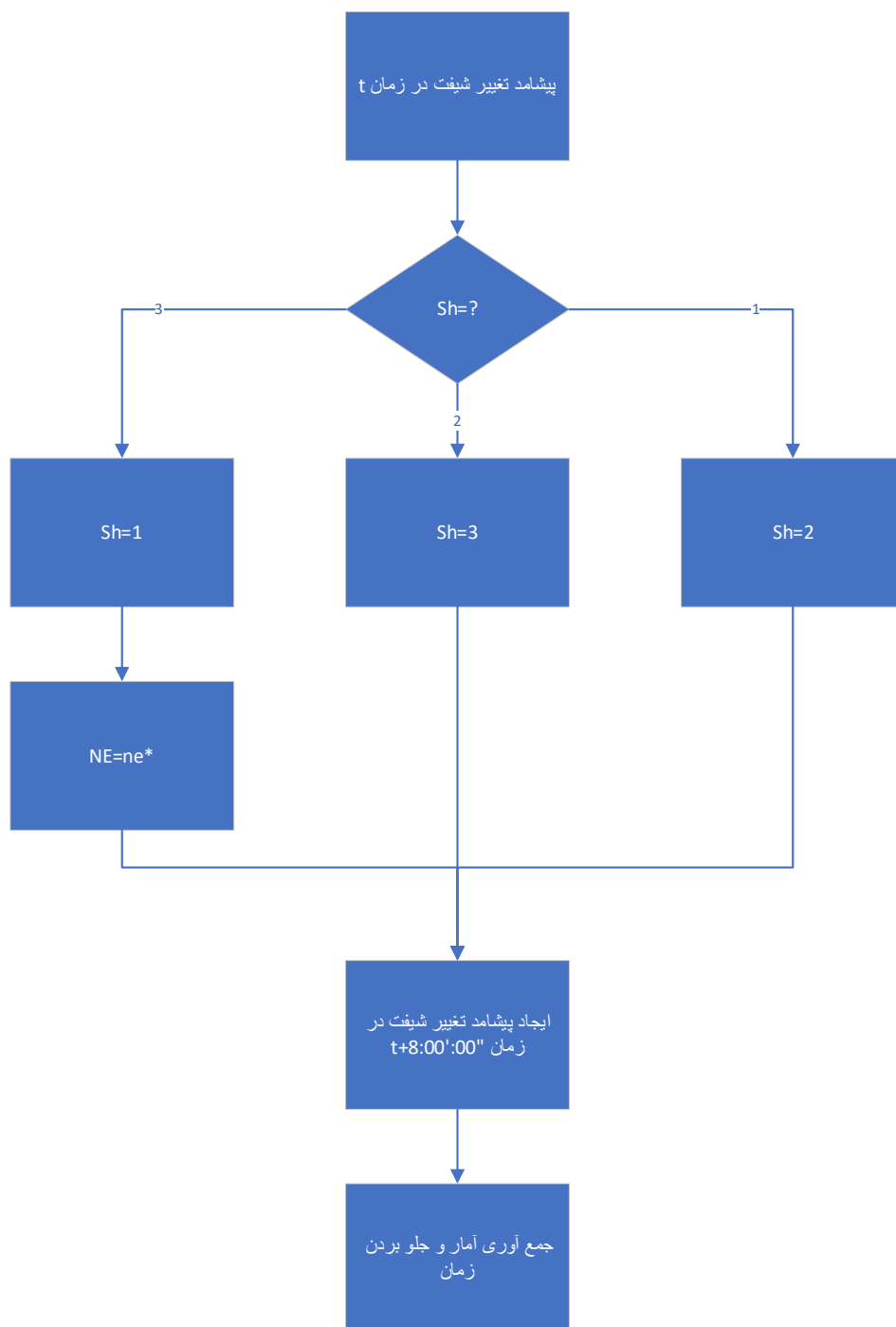
- میانگین تعداد مشتریان ویژه در صف
- میانگین تعداد مشتریان عادی در صف
- میانگین تعداد مشتریان ویژه در صف تماس مجدد
- میانگین تعداد مشتریان عادی در صف تماس مجدد
- میانگین مشتریان در صف کارشناس فنی

دلایل اهمیت معیارهای ذکر شده

۱. این موضوع که هر مشتری پس از ورود به سیستم تا اتمام کار وی در سیستم، چه زمانی را صرف نظر از مدت خدمت‌دهی، دچار تاخیر شده و ناچار به صبر کردن در صف بماند؛ بسیار حائز اهمیت است چرا که این موضوع بر روی رضایت مشتری از خدمت‌دهی تاثیر می‌گذارد. توجه به این نکته نیز مهم است که در صورت بالا بودن این زمان انتظار علاوه بر به وجود آمدن امکان نارضایتی مشتری، تماس از سمت وی قطع شود و مشتری از دست ما برود. همچنین این معیار می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی کمک کند تا بتواند راه‌حل‌هایی برای این مشکل ارائه دهد، از جمله افزایش تعداد کارشناسان.
۲. در صورتی که زمان کل بیکاری هر یک از کارشناسان را در طول روز داشته باشیم، می‌توانیم با تقسیم کردن این عدد به کل ساعات کاری که ۸ ساعت است، درصد بیکاری کارشناسان را محاسبه کنیم. با استفاده از این درصد می‌توانیم برنامه‌ریزی بهتری برای سیستم داشته باشیم. بدین گونه که همزمان هر دو موضوع وقت بیکاری زیاد برخی کارشناسان و تاخیر (انتظار مشتریان در صف) را کاهش دهیم.
۳. اگر بدانیم در هر کدام از گروه‌های مشتری، یکی مشتریانی که پس از اطلاع از طول صف تماس را قطع می‌کنند و یکی مشتریانی که وارد صف می‌شوند و برای چندین دقیقه در صف می‌مانند و سپس تماس را قطع می‌کند؛ می‌توانیم راهکاری برای بالا بودن درصد این موارد مطرح کنیم تا بتوانیم نیاز مشتری را در همان تماس اول برطرف کنیم. این مورد از آن جایی اهمیت دارد که مشتریان به طور غریزی تمایل دارند زمانی که تماس می‌گیرند در کوتاه‌ترین زمان ممکن به هدف خود برسند. اگر مشتری تماس را قطع کند نوعی نارضایتی به وجود می‌آید و همچنین بعضا احتمال از دست رفتن مشتری باشد.
۴. میانگین صف، بسیار شبیه به میانگین تاخیر مشتریان است. اگر این معیار را داشته باشیم می‌توانیم با استفاده از آن تغییرهایی را در نحوه‌ی خدمت‌دهی به وجود آوریم چرا که به طور کلی در صف بودن، مطلوب نیست. راه‌کارهایی می‌تواند برای برطرف کردن این مشکل ارائه شود از جمله مهیا کردن سرویس پاسخگویی خودکار (ضبط شده از قبل) در صورتی که سوالات مشتری جز موارد پر تکرار است.

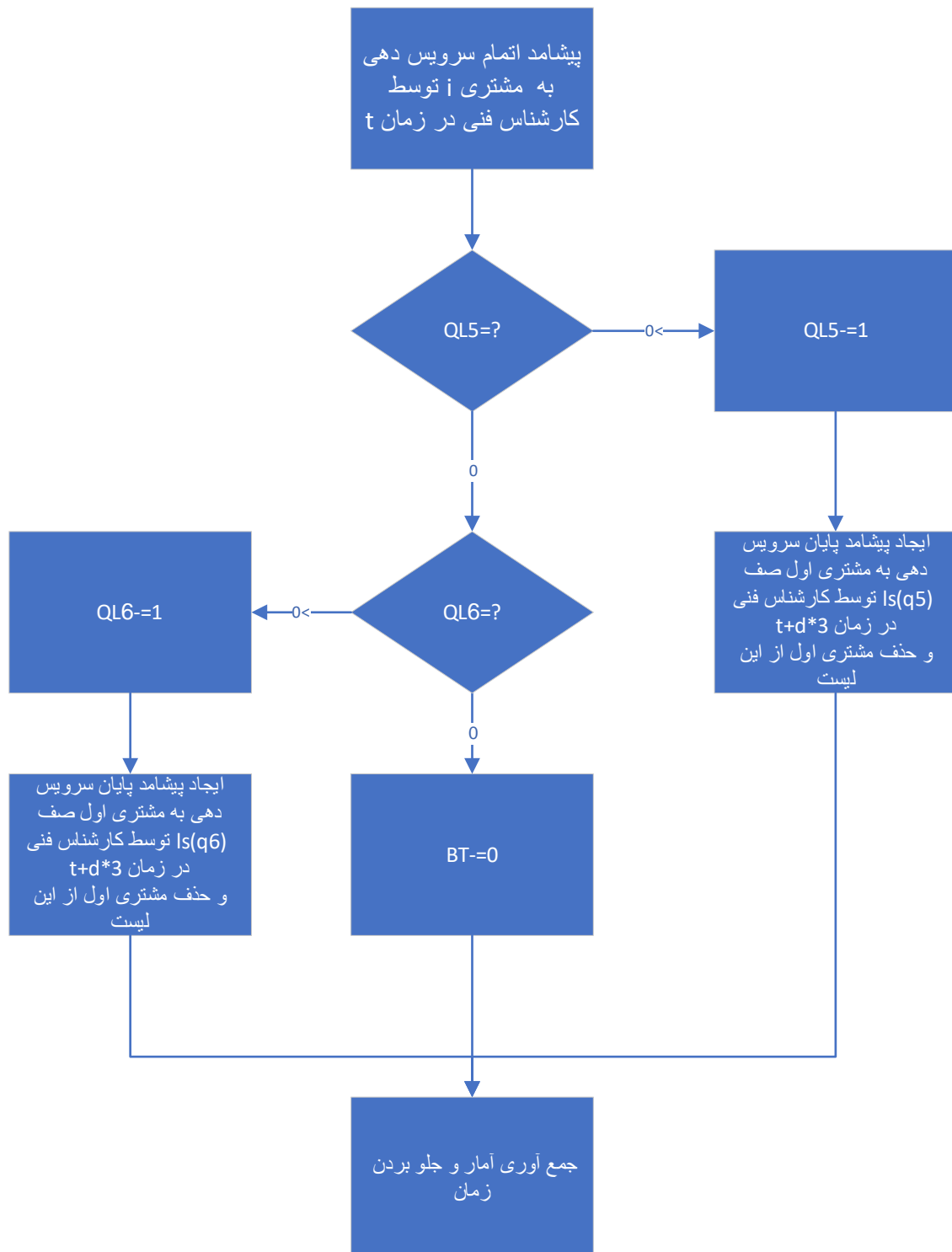
تعریف پویای سیستم

پیشامد تغییر شیفت در زمان t :



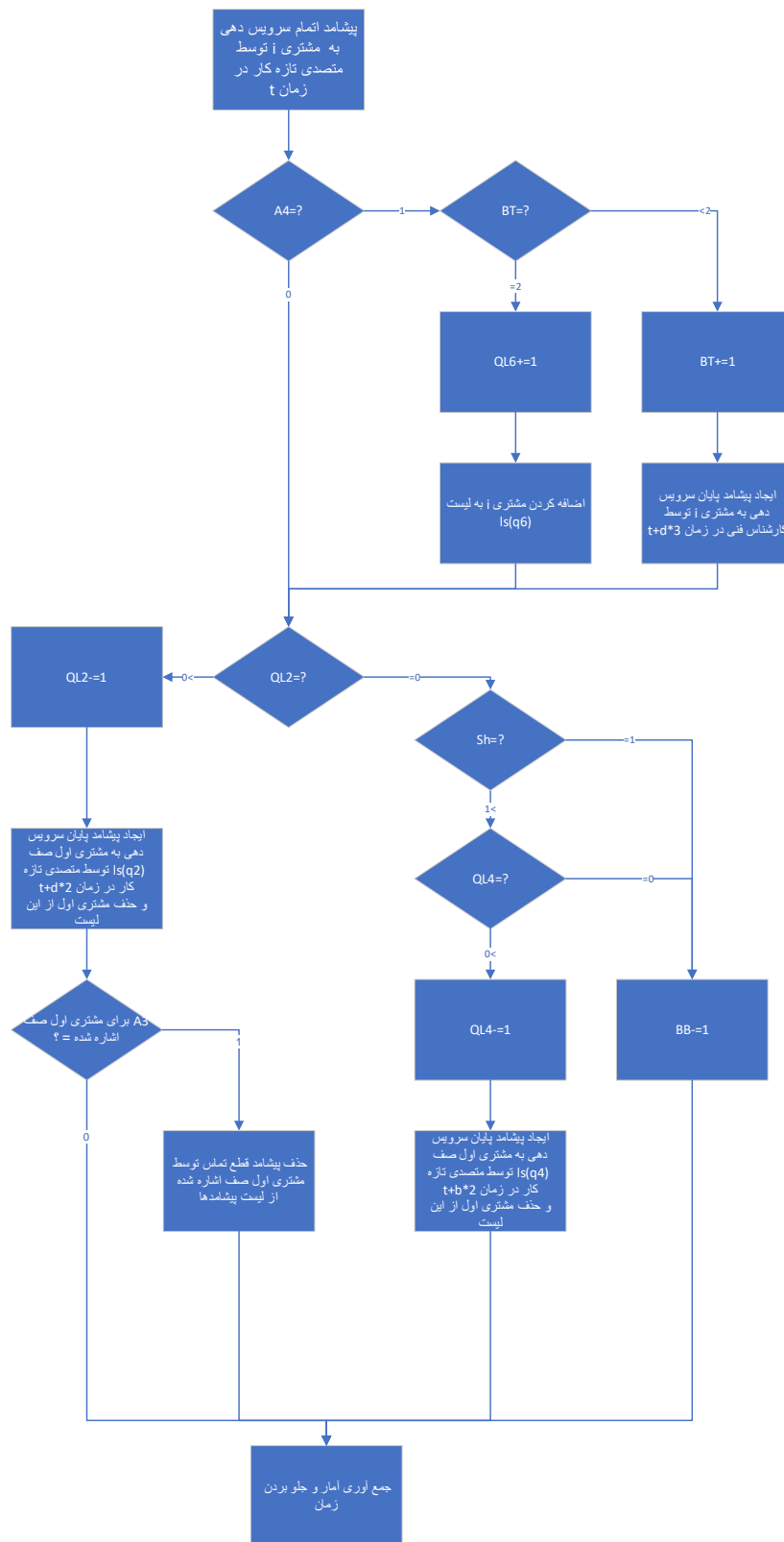
شکل ۱ - فلوجارت تغییر شیفت در زمان t

پیشامد اتمام سرویس دهی به مشتری i توسط کارشناس فنی در زمان t :



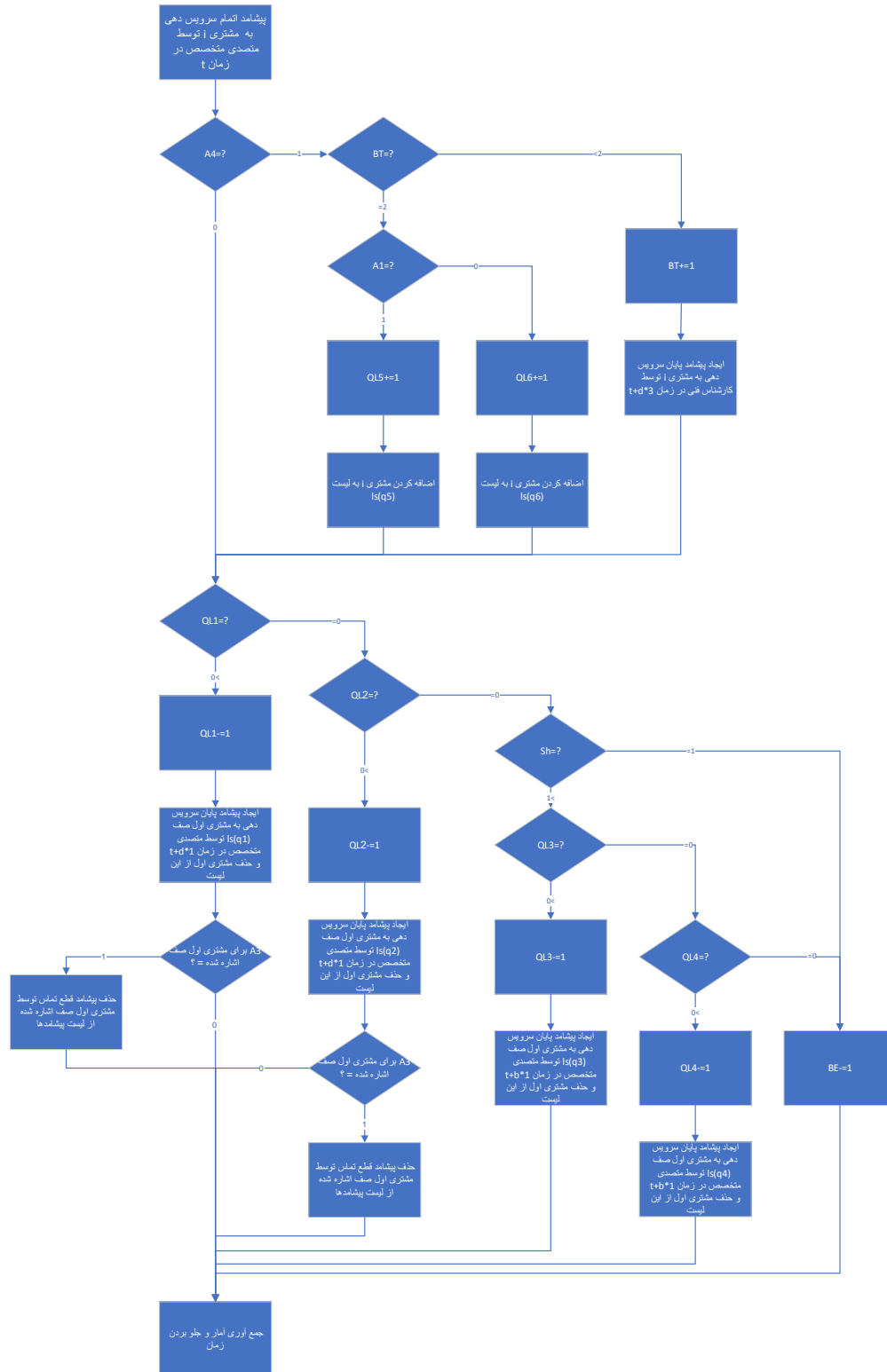
شکل ۳ - فلوچارت اتمام سرویس دهی به مشتری i توسط کارشناس فنی در زمان t

پیشامد اتمام سرویس دهی به مشتری i توسط متصدی تازه کار در زمان t:



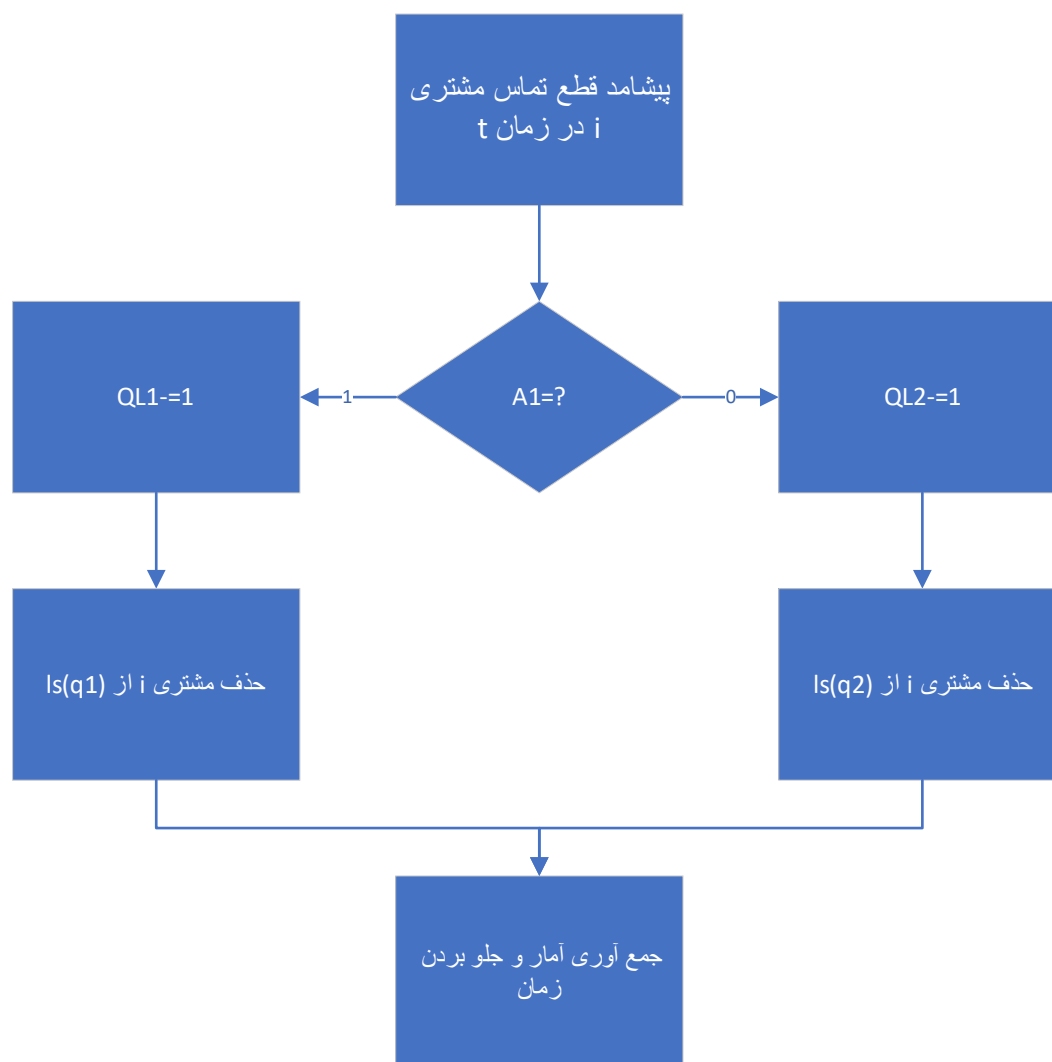
شکل ۴ - فلوجارت اتمام سرویس دهی به مشتری t توسط متصدی تازه کار در زمان t

پیشامد اتمام سرویس دهی به مشتری i توسط متصدی متخصص در زمان t :



شکل ۵ - فلوچارت اتمام سرویس دهی به مشتری i توسط متصدی متخصص در زمان t

پیشامد قطع تماس مشتری i در زمان t :



شکل ۶ - فلوجارت قطع تماس مشتری i در زمان t

اعلان پیشامدها

- پیشامد تغییر شیفت در زمان t
(CHSH, t)
در زمان t شیفت کاری تغییر پیدا می کند.
- پیشامد تماس مشتری i ام در زمان t
(CR, t , C_i)
در زمان t مشتری C_i با مرکز تماس فروشگاه تماس می گیرد.
- پیشامد اتمام سرویس دهی به مشتری i توسط متصدی تازه کار در زمان t
(BD, t , C_i)
در زمان t کار مشتری C_i توسط متصدی تازه کار به اتمام می رسد.
- پیشامد اتمام سرویس دهی به مشتری i توسط متصدی متخصص در زمان t
(ED, t , C_i)
در زمان t کار مشتری C_i توسط متصدی متخصص به اتمام می رسد.
- پیشامد تماس مشتری i ام در زمان t
(TD, t , C_i)
در زمان t کار مشتری C_i توسط متصدی تازه کار به اتمام می رسد.
- پیشامد قطع کردن تماس توسط مشتری i ام در زمان t
(CC, t , C_i)
در زمان t مشتری C_i تماس خود را قطع می کند و از صف انتظار خارج می شود.

لیست پیشامدهای آتی در لحظه‌ی شروع شبیه سازی

در شروع شبیه سازی دو متغیر شیفت کاری و اختلال شبکه به ترتیب مقادیر $Sh=1$ و $NE=0$ را دارند و صف‌ها خالی از مشتری و تمام متصدیان و کارشناسان بیکار هستند. همچنین پیشامدهای تغییر شیفت کاری در دقیقه‌ی ۴۸۰ (۸ ساعت پس از شروع شبیه سازی) و تماس مشتری اول در زمان t_1^* که توزیعی نمایی با میانگین ۳ دارد در ابتدای شبیه سازی برنامه ریزی می شوند. بنابراین فهرست پیشامدهای آتی در لحظه‌ی شروع شبیه سازی به شکل زیر خواهد بود:

$$FEL = \{(CR, t_1^*, C_i), (CHSH, 480m)\}$$