وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه فنی و حرفه‌ای

آموزشکده فنی و حرفه‌ای دختران قدسیه

دپارتمان مهندسی کامپیوتر

عنوان درس

شبیه‌سازی کامپیوتری

استاد

تورج محمدپور

۱۳۹۸

مقدمه‌ای بر شبیه‌سازی

شبیه‌سازی تقلید عمل یک فرآیند یا یک سیستم جهان واقعی در یک دوره زمانی است به طوری که بخواهیم با این کار، نتایج حاصل از عملکرد آن فرآیند یا سیستم را به‌طور مصنوعی بدست آوریم.

شبیه‌سازی چه به‌صورت دستی انجام شود و چه به کمک کامپیوتر، درگیر ایجاد یک تاریخچه مصنوعی برای سیستم خواهد بود که با اجرای سیستم در آن تاریخ مصنوعی، پی به عملکرد آن خواهیم برد. برای انجام این‌کار می‌بایست سیستم را از طریق یک مدل مورد ارزیابی قرار داد. در واقع تغییر رفتار یک سیستم در طول زمان با ایجاد یک مدل شبیه‌سازی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. منظور از مدل همان توضیح و تفسیری است که از طریق آن سیستم بیان می شود. این مدل معمولا به شکل مجموعه‌ای از مفروضات در قالب روابط ریاضی، منطقی و نمادین بین عوامل یا عناصر سیستم بیان می‌شود. البته صحت مدل می‌تواند در اعتماد نمودن به نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی تاثیرگذار باشد .

شبیه‌سازی می‌تواند برای ارزیابی عملکرد یک سیستم در مرحله طراحی و قبل از پیاده سازی واقعی آن سیستم مورد استفاده قرار گیرد یا اینکه می تواند برای ارزیابی تغییرات اعمال شده بر روی یک سیستم موجود، مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین مدل‌های شبیه‌سازی هم به‌عنوان ابزاری تحلیلی برای پیشگویی تاثیر تغییرات بر روی سیستم‌های موجود و هم به‌عنوان ابزار طراحی به‌منظور پیش‌بینی عملکرد سیستم‌های جدید تحت مجموعه‌های متنوع از شرایط، به‌کار می‌رود.

در برخی از موارد یک مدل چنان طراحی می‌شود که به آسانی با شیوه‌های ریاضی قابل حل است. چنین راه‌حل‌هایی می‌تواند بر پایه بهره‌گیری از حساب دیفرانسیل، نظریه احتمال، شیوه‌های جبری یا دیگر تکنیک‌های ریاضی استوار باشد. اما بسیاری از سیستم‌های جهان واقعی چنان پیچیده هستند که حل ریاضی مدل این سیستم‌ها واقعا غیر ممکن است. در چنین مواردی از تکنیک شبیه‌سازی عددی و با استفاده از کامپیوتر به‌منظور تقلید رفتار سیستم در یک دوره زمانی می‌توان استفاده نمود.

اهداف شبیه‌سازی

۱- مطالعه و بررسی روابط داخلی یک سیستم پیچیده یا زیر سیستم درونی یک سیستم پیچیده با شبیه‌سازی امکان‌پذیر می‌شود.

۲- تغییرات اطلاعاتی، سازمانی و محیطی می‌توانند شبیه‌سازی شوند و اثر این تغییرات بر رفتار مدل بررسی شود.

۳- دانش حاصل از طراحی یک مدل شبیه‌سازی ممکن است دارای ارزش زیادی در جهت پیشنهاد اصلاح در سیستم تحت بررسی باشد.

۴- با تغییر ورودی‌های شبیه‌سازی و بررسی خروجی‌های حاصل، بینش خوبی نسبت به متغیرهایی که دارای بیشترین اهمیت هستند و چگونگی روابط بین متغیرها به‌دست می‌آید.

مزایا و معایب شبیه‌سازی

مزایای شبیه‌سازی

۱- شبیه سازی می تواند برای تحلیل عملکرد یک سیستم مورد استفاده قرار گیرد بدون اینکه عملاً مجبور باشیم آن سیستم را بسازیم.

۲- زمانیکه یک مدل ساخته می‌شود، برای طرح‌ها و خط مشی‌های مورد نظر می‌تواند بارها و بارها به‌کار رود.

۳- روش‌های شبیه‌سازی برای کمک به تحلیل سیستم مورد نظر حتی اگر داده‌های ورودی کمی ناقص باشند می‌تواند به‌کار رود.

۴- معمولا به‌دست آوردن داده‌های شبیه‌سازی نسبت به داده‌های مشابه از سیستم واقعی بسیار کم هزینه‌تر هستند.

۵- با انجام شبیه سازی می توان از خرابی های پیش بینی نشده در سیستم جلوگیری نمود .

۶- با انجام شبیه سازی می‌توان به روابط داخلی یک سیستم پیچیده یا یک زیر سیستم از یک سیستم پیچیده پی برد.

۷- شبیه سازی را می‌توان برای یک سیستم خاص به دفعات تکرار زیاد و با داده‌های متنوع و به آسانی انجام داد و نتایج هر کدام را ایجاد نمود.

۸- در برخی موارد شبیه‌سازی تنها وسیله به‌دست آوردن راه‌حل یک مسئله محسوب می‌شود.

معایب شبیه‌سازی (که در گذشته بیشتر مطرح بوده است)**:**

۱- شبیه سازی می تواند موجب افزایش هزینه یک سیستم کامپیوتری شود.

امروزه با توجه به افزایش قدرت کامپیوترها و توان بالای محاسباتی آن‌ها و همچنین در دسترس بودن زبان‌های مخصوص شبیه‌سازی می‌توان عملیات بیشتری را با هزینه و در زمان کمتر انجام داد و در واقع می توان گفت که عیب مطرح شده فوق به نوعی بر طرف شده است.

موارد کاربردی شبیه‌سازی

کاربردهای فراوانی در زمینه‌های مختلف برای شبیه‌سازی وجود دارد. مثال‌های از کاربرد شبیه‌سازی در ادامه بیان می‌شود.

۱- شبیه‌سازی عملکرد یک خط تولید به منظور تعیین فضا و عوامل مورد نیاز در بهبود عملکرد خط تولید در مرحله عملیات تولیدی.

۲- شبیه‌سازی عبور و مرور در یک تقاطع با چراغ راهنمایی زمان‌بندی شده به منظور تعیین بهترین زمانبندی.

۳- شبیه‌سازی اقتصاد یک کشور به منظور ارزیابی نتایج حاصل از اعمال یک سیاست اقتصادی.

۴- شبیه‌سازی یک جنگ بزرگ نظامی به منظور ارزیابی توان تسلیحات دفاعی یا تهاجمی.

۵- شبیه‌سازی یک شرکت بازرگانی تجاری به منظور به دست آوردن نتایج حاصل از اعمال سیاست‌های جدید و همچنین تهیه یک طرح برای آموزش مدیران آن شرکت.

۶- شبیه‌سازی یک سیستم ارتباط مخابراتی به‌منظور تعیین ظرفیت نسبی عوامل مورد نیاز برای تهیه یک سرویس رضایت‌بخش با بهترین سطح اقتصادی.

۷- شبیه‌سازی عملکرد یک حوضچه رودخانه به‌منظور تعیین مکان‌یابی مناسب برای احداث سد، تاسیسات نیروگاهی و عملیات آبیاری که سطح مطلوبی از کنترل سیل و بهبود منابع آب را ایجاد نماید.

سیستم و محیط سیستم

به مجموعه ای از عوامل موجود که با ارتباطات منظم یا وابستگی متقابل برای دستیابی به یک هدف مشخص در کنار هم قرار گرفته و با یکدیگر همکاری می کنند، سیستم (System) گفته می‌شود. مانند سیستم خط تولید خودرو که در آن دستگاه‌ها، اجزا و کارگران عملیاتی در خط مونتاژ به‌منظور تولید وسیله نقلیه با کیفیت مناسب با یکدیگر همکاری می‌کنند.

برای ساختن مدل یک سیستم، آگاهی از سیستم و مرز آن ضروری است. یک سیستم اغلب تحت تاثیر تغییراتی است که در بیرون از آن اتفاق می‌افتند. در اینجا گفته می‌شود که چنین تغییراتی در محیط سیستم در حال رخ دادن هستند. در مدل‌سازی سیستم‌ها، تعیین مرز بین سیستم و محیطش ضروری است. تعیین این مرز بستگی به هدف و منظور از مطالعه سیستم دارد. برای مثال در مورد یک بانک ممکن است محدودیتی در نرخ ماکزیمم بهره پرداختی وجود داشته باشد. در مطالعه سیستم یک بانک این محدودیت به‌عنوان محدودیتی توسط محیط تلقی می‌شود. در حالی که مطالعه اثرات قوانین پولی بر صنعت بانکداری بیان نوعی شروط در سیستم است که به‌عنوان یک فعالیت در سیستم در نظر گرفته می‌شود.

اجزای یک سیستم

به‌منظور درک و تجزیه و تحلیل یک سیستم، در ابتدا اجزا و اصطلاحات موجود در سیستم تعریف می‌شوند.

عامل (Agent): به هر یک از موجودیت‌های سیستم گفته می‌شود که هر یک از آن‌ها دارای مشخصه‌ای است.

خصیصه (Feature): به مشخصات یک عامل، خصایص آن گفته می‌شود.

فعالیت (Activity): یک فعالیت، عملکرد یک سیستم در یک دوره زمانی با طول مشخصی را نشان می‌دهد.

رویداد (Event): رویداد یا پیشآمد، یک اتفاق لحظه‌ای (آنی) است که باعث تغییراتی در وضعیت سیستم می‌شود.

متغیرهای وضعیت (Status Variable): وضعیت یک سیستم به‌صورت مجموعه‌ای از متغیرهای مورد نیاز برای تشریح سیستم در هر لحظه زمانی به تناسب هدف مطالعه تعریف می‌گردد. در واقع متغیرهای وضعیت،

پارامترهایی از سیستم هستند که می‌خواهیم با شبیه سازی نمودن، مقادیر آن‌ها را به‌دست آورده و از طریق نتایج به‌دست آمده برای آن‌ها، سیستم را مورد ارزیابی قرار دهیم.

در جدول زیر، مثال‌هایی از سیستم‌های مختلف و اجزا آن‌ها برای تحلیل در جهت مدل‌سازی و شبیه‌سازی آن سیستم‌ها بیان شده است.

System	Agent	Feature	Activity	Event	Status Variable
بانک	مشتری	مانده حساب- تراز مالی	دریافت- پرداخت	ورود- خروج	تعداد مشتری در صف انتظار
ایستگاه قطار	مسافر	مبداء- مقصد	سفر کردن	ورود به ایستگاه- ورود به مقصد	تعداد مسافران منتظر در ایستگاه
خط تولید	دستگاه‌ها	سرعت- ظرفیت	جوش دادن- پرس کردن	خرابی دستگاه	تعداد دستگاه‌های مشغول یا معیوب
مخابرات	پیام‌ها	طول- مقصد	انتقال پیام	ورود به مقصد	تعداد پیام‌های منتظر برای ارسال
کنترل موجودی	انبارها	ظرفیت انبار	برداشت	تقاضا	سطح موجودی- تقاضاهای معوقه
فروشگاه مواد غذایی	فروشنده‌ها	تعداد سفارش در هر لیست	مراجعه برای تسویه حساب	رسیدن به صندوق- خروج از صف صندوق	تعداد مشتریان در صف- تعداد صندوق‌ها
اورژانس بیمارستان	بیمار- پرستار- پزشک	نوع بیماری- وخامت بیماری	درمان	پذیرش- بستری- ترخیص	تعداد بیماران مراجعه کننده یا در حال انتظار
شرکت تاکسیرانی	خودرو- راننده- مسافر	نوع خودرو- مسافت	حمل و نقل مسافر	ورود تقاضا- انجام تقاضا	تعداد خودرو در حال سرویس- مدت زمان رفت و برگشت خودرو
کافه تریا	مشتری‌ها	نوع و میزان غذای درخواستی	انتخاب غذا- پرداخت وجه غذا	رسیدن به صف تحویل- خروج از صف تحویل	تعداد مشتریان در صف انتظار- زمان انتظار مشتری

سیستم‌های گسسته و پیوسته

به طور کلی سیستم‌ها از لحاظ تغییرات زمانی به دودسته سیستم‌های پیوسته (Continual) وسیستم های گسسته (Discrete) تقسیم می‌شوند . سیستم پیوسته سیستمی است که متغیرهای وضعیت در آن در کمیت‌های پیوسته‌ای از زمان تغییر می‌کنند. به طور مثال در ضمن بارندگی، آب به داخل دریاچه پشت سد ریخته شده و ارتفاع آب در پشت سد به طور پیوسته افزایش می‌یابد. همچنین جاری شدن آب سد به‌منظور کنترل سیلاب و تولید برق از آن و یا تبخیر آب دریاچه سد، ارتفاع آب پشت سد را به‌صورت پیوسته کاهش می‌دهد. لذا تغییرات ارتفاع آب پشت سد در این سیستم، کمیتی پیوسته با زمان می‌باشد که باید در تحلیل سیستم یک سد مورد توجه قرار گیرد.

اما در یک سیستم گسسته، تغییرات متغیرهای وضعیت به‌طور پیوسته نبوده و در لحظات خاصی از زمان تغییر می‌کنند. بانک مثالی از یک سیستم گسسته است. زیرا متغیر وضعیتی مانند تعداد مشتریان در بانک فقط هنگامی‌که یک مشتری وارد بانک شود یا سرویس‌دهی به یک مشتری پایان یافته و از بانک خارج شود، تغییر می‌کند.

انواع مدل‌های شبیه‌سازی

به‌طور کلی مدل ها از یک دیدگاه یا ایستا (Static) می باشند و یا پویا (Dynamic). مدل ایستا مدلی است که رفتار یک سیستم را در یک لحظه خاص از زمان نشان می دهد و گذشت زمان نقشی در تغییر متغیرهای وضعیتی آن ندارد. در حالی‌که مدل پویا رفتار یک سیستم را در یک بازه زمانی تشریح نموده و می‌توان آن‌را مورد بررسی قرار داد .

از دیدگاه دیگر مدل‌ها را می توان به دو دسته قطعی (Deterministic) و احتمالی (Probable) تقسیم نمود. مدل قطعی، مدلی است که همواره به ازای یک تعداد ورودی مشخص، یک یا چند خروجی ثابت و مشخصی را تولید می‌نماید؛ در حالی که در یک مدل احتمالی، ورودی‌ها حالت تصادفی داشته و این ورودی‌های تصادفی، خروجی‌های تصادفی تولید می‌کنند.

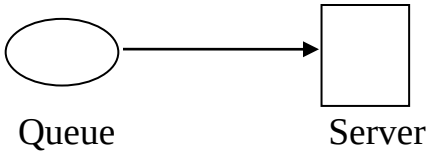
شبیه‌سازی سیستم‌ها مبتنی بر تئوری صف

به طور کلی اشیاء موجود در یک سیستم، یا اشیاء موقتی و گذرا هستند که عمدتا در نقش سرویس گیرنده ظاهر می‌شوند و در این درس به آن‌ها توکن (Token) گفته می‌شود (به طور مثال در سیستم بانک، مشتری ای که قصد دریافت خدماتی را دارد)، یا اشیاء دائمی هستند که این اشیاء اغلب در نقش ارائه دهنده یک سرویس ظاهر می شوند (به‌طور مثال تحویل‌دار در سیستم بانک). از آنجایی‌که یک سرویس‌دهنده ممکن است در لحظاتی ظرفیت سرویس دهی آن پر شده باشد، لذا اشیاء موقت همواره ممکن است در صف انتظار یک سرویس دهنده قرار گیرند؛ لذا در اینجا برای انجام مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های از تئوری صف استفاده نموده و به سراغ مباحث پیش آمده بر روی یک سرویس‌دهنده و صف متناظر با آن خواهیم رفت.

با توجه به وقوع پیشآمدهای مختلف و فراوان در یک سیستم، ممکن است پرداختن به تمامی آن پیشآمدها در سیستم برای شبیه‌سازی نمودن آن، امری دشوار باشد. لذا رویداد (پیشآمد) هایی در شبیه‌سازی یک سیستم بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند که با توجه به هدف مشخص شده از شبیه‌سازی آن سیستم، بسیار تاثیرگذار در متغیرهای وضعیت مورد نظر شبیه‌سازی آن سیستم باشند. یعنی در اینجا بیشتر، رویدادهایی را در شبیه‌سازی دنبال می‌کنیم که بیشترین تاثیر را در تغییرات متغیرهای وضعیت سیستم متناسب با هدف شبیه‌سازی داشته باشند. این رویدادها را رویدادهای اصلی سیستم می‌نامیم. در مقابل پیشامدهایی نیز هستند که با توجه به هدف تعریف شده از شبیه‌سازی سیستم، تاثیر چندانی در تغییرات متغیرهای وضعیت مورد نظر آن سیستم ندارند که به آن‌ها پیشآمدهای فرعی می‌گوییم. حذف این رویدادها می‌تواند به ساده‌تر شدن تحلیل سیستم جهت مدل‌سازی و شبیه‌سازی آن بیانجامد. البته در اینجا ذکر این نکته حائز اهمیت است که حذف این نوع از رویدادها در تحلیل سیستم می‌تواند منجر به افزایش ضریب خطای شبیه‌سازی شود.

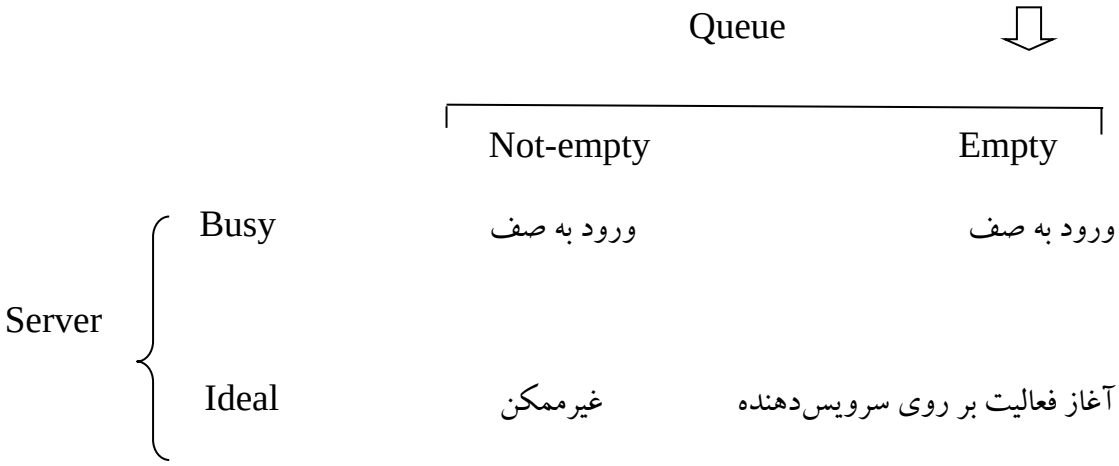
به طور کلی در یک سیستم مبتنی بر مدل صف، دو رویداد اصلی در هر لحظه ممکن است به وقوع بپیوندد:

۱) رویداد (پیشآمد) ورود ۲) رویداد (پیشآمد) پایان سرویس

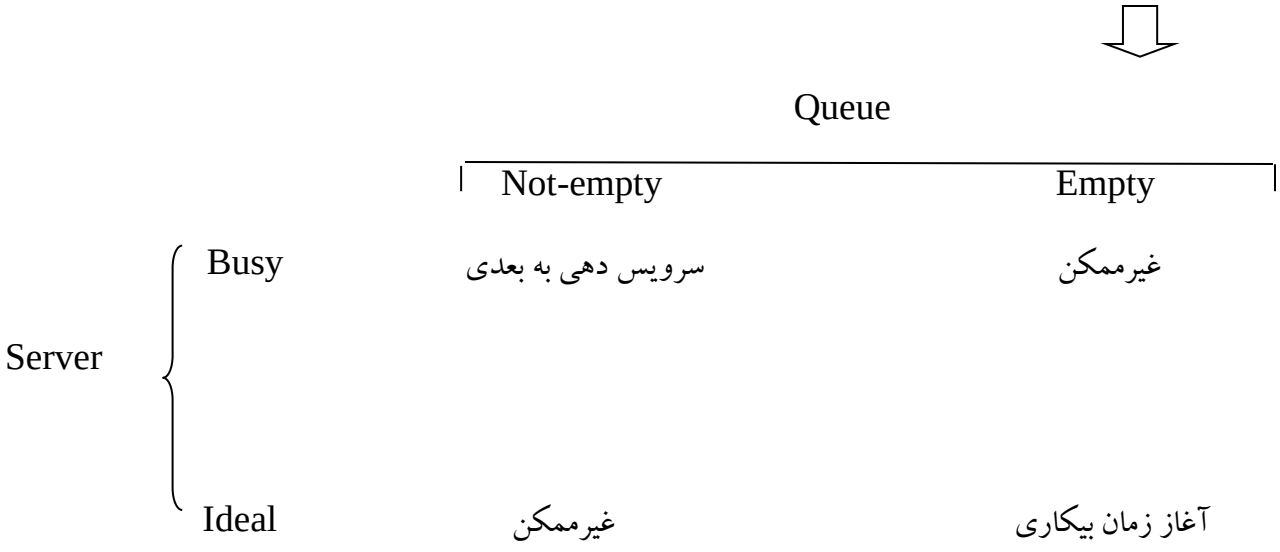


در ادامه به تحلیل پایه‌ای وضعیت یک صف و سرویس‌دهنده آن در هر یک از پیشآمدهای ورود و پایان سرویس می‌پردازیم.

تحلیل پایه‌ای وضعیت صف و سرویس‌دهنده در پیشآمد ورود



تحلیل پایه‌ای وضعیت صف و سرویس‌دهنده در پیشآمد پایان سرویس



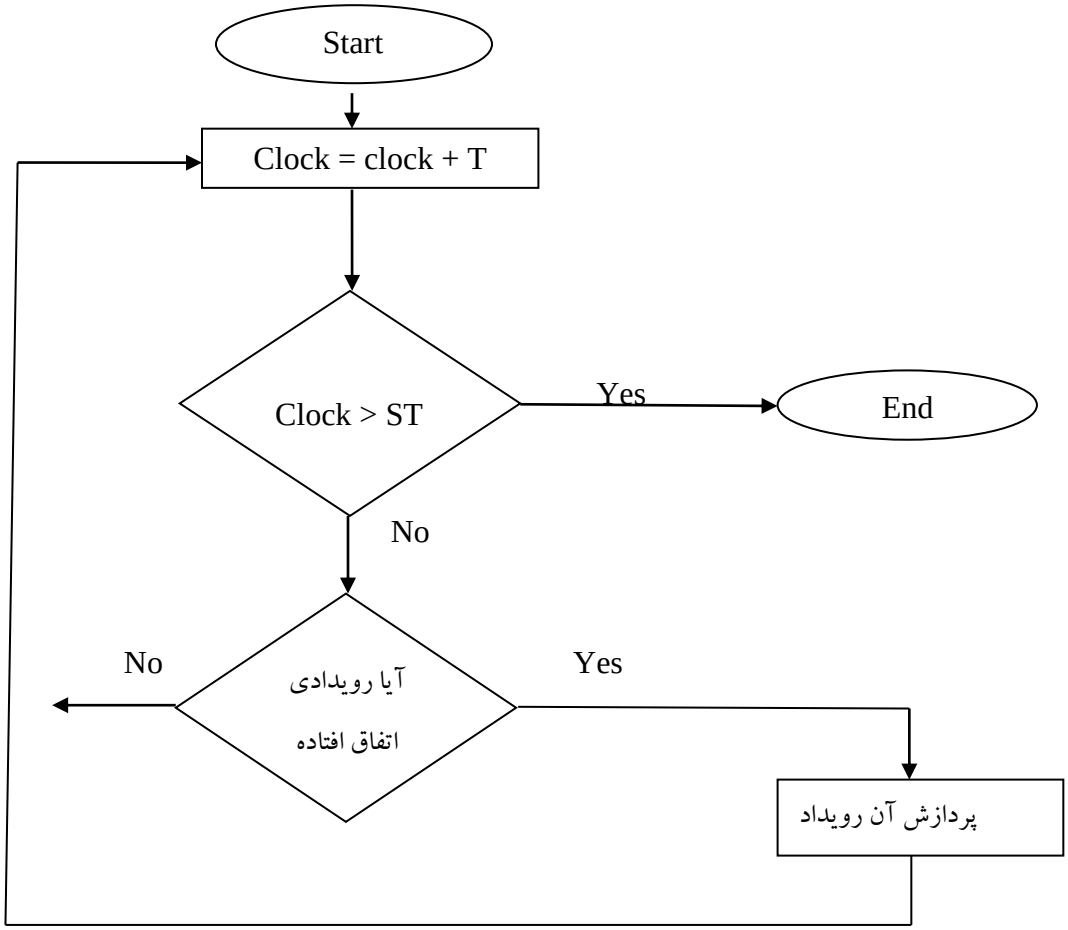
گذر زمان در شبیه‌سازی

به طور کلی گذر زمان در شبیه‌سازی با گذر زمان در یک محیط طبیعی متفاوت است. بدیهی است که اگر بخواهیم رفتار یک سیستم را در یک دوره زمانی طولانی مثلاً چند روز ، سال یا ماه مورد بررسی قرار دهیم، نمی‌توان گذر زمانی که در دنیای واقعی اتفاق می‌افتد را برای شبیه‌سازی هم لحاظ کنیم. زیرا یکی از مزایای اصلی شبیه‌سازی، به‌دست آوردن نتایج حاصل از عملکرد یک سیستم در دنیای واقعی در یک فاصله زمانی کوتاه توسط شبیه‌سازی کامپیوتری می‌باشد. اما سوال مهمی که در اینجا مطرح می‌شود این است که چگونه می‌توان گذر زمان در مدل‌های شبیه‌سازی کامپیوتری را با گذر زمان در دنیای واقعی منطبق نمود.

به‌طور کلی گذر زمان در شبیه‌سازی را می‌توان به دو صورت افزایش با مقدار ثابت و افزایش به‌صورت پویا در نظر گرفت. در اینجا زمان جاری شبیه‌سازی در متغیری به نام کلاک (clock) قرار داده شده که در شروع عملیات شبیه‌سازی مقدار اولیه آن صفر است. همچنین، زمان کل شبیه‌سازی که قرار است سیستم در آن مدت عملکردش مورد بررسی قرار گیرد، با ثابتی به‌نام ST (Simulation Time) نشان داده می‌شود.

گذر زمان با گام زمانی ثابت :

در این حالت همواره به میزان ثابتی به زمان جاری شبیه سازی (clock) افزوده می‌شود. سپس وضعیت سیستم در آن گذر ثابت مورد بررسی قرار گرفته و اگر رویدادی در آن گذر به وقوع پیوسته باشد به آن رویداد می پردازیم، در غیر این‌صورت به میزان ثابت دیگری به زمان جاری شبیه سازی می افزاییم و این کار تا زمانی ادامه می یابد که زمان شبیه سازی به پایان برسد . این نحوه تغییر زمان بیشتر به درد سیستم‌هایی می خورد که وقوع پیشآمد در آن‌ها به صورت تناوبی (دوره‌ای) اتفاق می‌افتد. اما در حالت کلی ممکن است با افزایش زمان (گام زمانی) به زمان جاری شبیه‌سازی، در بررسی سیستم در دوره زمانی جدید، رویدادی اتفاق نیافتاده باشد که در این حالت با پردازش‌های بی فایده مواجه می‌شویم که این خود زمان انجام عملیات شبیه‌سازی را در یک سیستم پیچیده افزایش می‌دهد.



به شبیه‌سازی با این نوع گام حرکت زمانی، شبیه‌سازی فاصله‌گرا نیز گویند .

گذر زمان با گام زمانی پویا :

به منظور حل مشکل مطرح شده در فوق، می‌توان زمان جاری شبیه‌سازی را به طور جهشی به زمان وقوع یک رویداد انتقال داد. این کار مستلزم این است که همواره قبل از پرداختن به یک رویداد ، زمان وقوع رویداد بعدی را تعیین نماییم و این زمان‌های مورد حدس را در یک جدول جداگانه‌ای نگهداری کنیم. به چنین جدولی جدول TBL گفته می‌شود. در جدول TBL، زمان وقوع هر یک از پیشامدهای اصلی موجود در سیستم حدس زده شده و ثبت می‌شود . عملاً می‌توان گفت در این روش سیستم فقط در لحظاتی مورد بررسی قرار می‌گیرد که آن لحظات،

لحظه وقوع یک رویداد باشند و در زمان‌هایی که سیستم دارای حالت ثابت بوده و رخدادی در آن به وقوع نپیوسته است، این زمانها در شبیه‌سازی در نظر گرفته نشده و مورد پردازش قرار نمی‌گیرند. یادآوری می‌شود که پیشامدهای یک سیستم به دو دسته اصلی و فرعی تقسیم می شوند. پیشامدهای اصلی پیشامدهایی هستند که وقوع آن‌ها مستقل از سایر پیشامدهای سیستم بوده و تاثیر فراوانی در تغییرات متغیرهای وضعیت مورد هدف شبیه‌سازی دارند. این در حالی است که پیشامدهای فرعی به پیشامدهایی در سیستم گفته می‌شود که رخ دادن آنها وابسته به وقوع پیشامد یا پیشامدهای دیگر است و تاثیر چندانی در تغییرات متغیرهای وضعیت مورد هدف شبیه‌سازی ندارند.

برای تعیین نرخ‌های بازه‌های زمانی اجزاء مختلف یک سیستم در شبیه‌سازی کامپیوتری، می‌توان از توزیع‌های آماری مختلفی استفاده نمود. اما ذکر این نکته حائز اهمیت است که در تمامی مثال‌های این درس، نرخ‌های بازه‌های زمانی اجزاء مختلف سیستم برای انجام عملیات شبیه‌سازی دارای نرخ تصادفی با توزیع یکنواخت می‌باشند. این نرخ که به طور مثال برای پیشآمد ورود به‌صورت Uniform (1 – 8) نشان داده می‌شود بدین معنی است که توکن‌ها با نرخ تصادفی و یکنواخت ۱ تا ۸ به سیستم مورد نظر وارد می‌شوند. یعنی رخداد هر کدام از اعداد ۱ تا ۸ کاملا تصادفی بوده و احتمال وقوع آن‌ها با یکدیگر کاملا یکسان (12.5 درصد) است. برای پیاده‌سازی بهتر و دقیق‌تر این نرخ در شبیه‌سازی کامپیوتری، می‌توان به جای بازه کوچک ۱ تا ۸، از بازه‌ای بسیار بزرگ‌تر مثلا ۱ تا ۱۰۰۰ استفاده نمود. اما با توجه به اینکه بازه اصلی دارای هشت عدد ۱ تا ۸ می‌باشد، اعداد بازه بزرگ‌تر یعنی ۱ تا ۱۰۰۰ را به تعداد مساوی بین اعداد ۱ تا ۸ تقسیم می‌کنیم. در اینجا سهم هر کدام از اعداد ۱ تا ۸، به ترتیب ۱۲۵ عدد از بازه ۱ تا ۱۰۰۰ خواهد شد. با تولید عدد تصادفی در بازه ۱ تا ۱۰۰۰ و سپس تبدیل عدد تصادفی تولیدی به بازه ۱ تا ۸ و برگشت آن توسط متد Uniform، توزیع یکنواخت به نحو صحیح‌تری توسط تابع مولد اعداد تصادفی زبان برنامه‌نویسی پیاده‌سازی خواهد شد. این مثال در زیر با جزییات بیشتری نشان داده شده است.

مثال : Uniform (1 – 8)

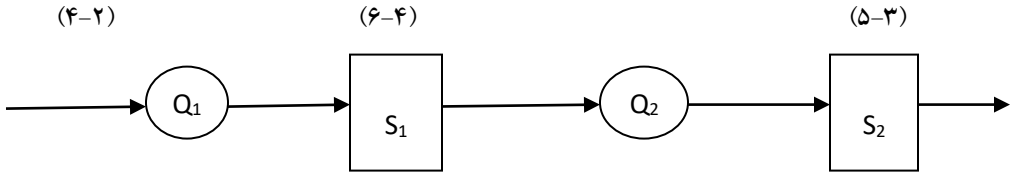
اعداد	احتمال رخداد	احتمال تجمعی	اعداد نسبت داده شده
۱	۱۲/۵	۱۲/۵	۱-۱۲۵
۲	۱۲/۵	۲۵	۱۲۶-۲۵۰

۳	۱۲/۵	۳۷/۵	۲۵۱-۳۷۵
۴	۱۲/۵	۵۰	۳۷۶-۵۰۰
۵	۱۲/۵	۶۲/۵	۵۰۱-۶۲۵
۶	۱۲/۵	۷۵	۶۲۶-۷۵۰
۷	۱۲/۵	۸۷/۵	۷۵۱-۸۷۵
۸	۱۲/۵	۱۰۰	۸۷۶-۱۰۰۰

در ادامه، مثال‌های متنوعی از سیستم‌های مختلف و مراحل تحلیل و طراحی آن‌ها برای انجام عملیات شبیه‌سازی کامپیوتری مبتنی بر تئوری صف ارائه شده است.

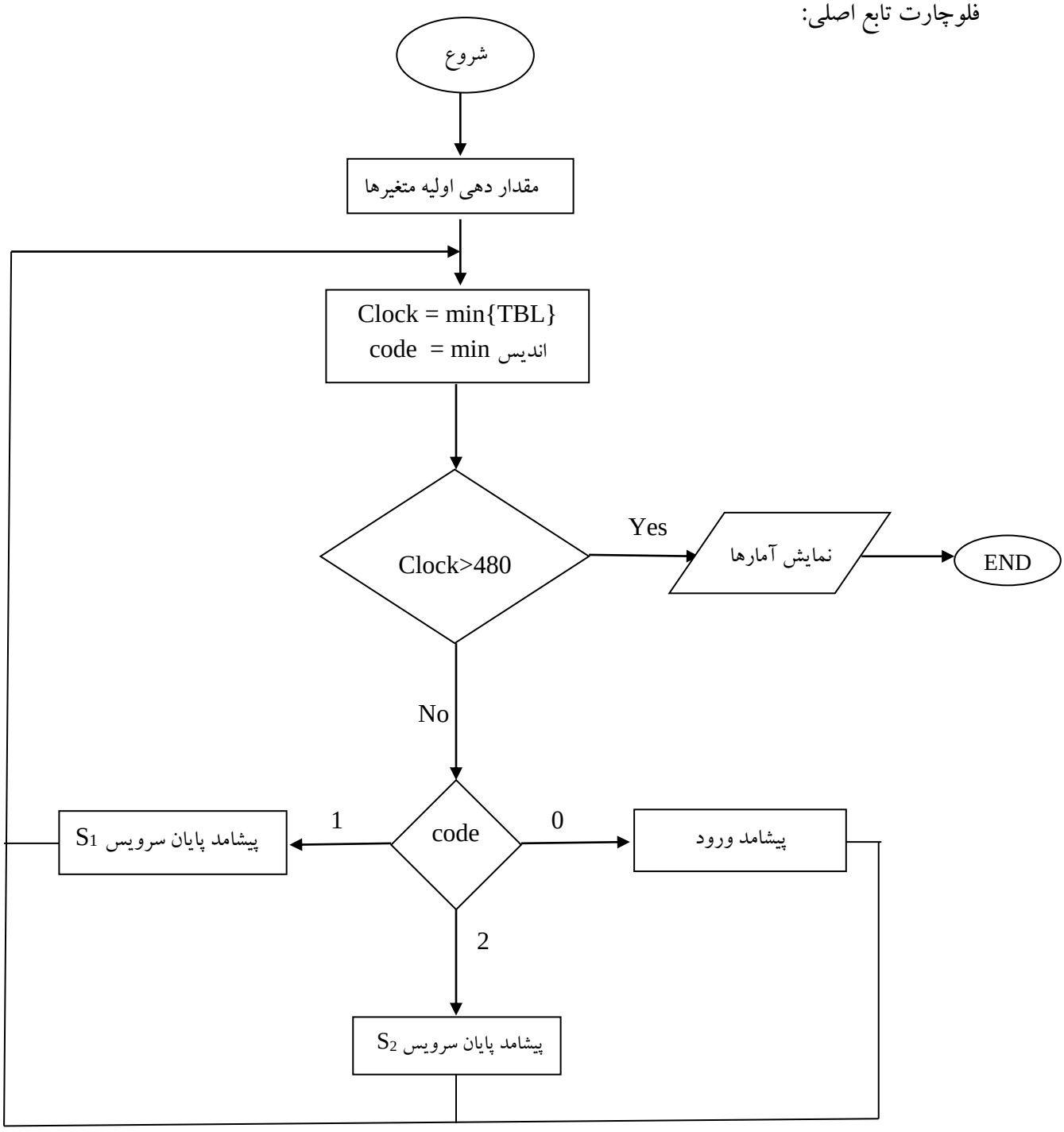
مثال :

فرض کنید در یک خط تولید دو سرویس‌دهنده S_1 و S_2 داریم که زمان سرویس هر یک از آن‌ها به طور تصادفی و یکنواخت برای S_1 (۴ تا ۶ دقیقه) و برای S_2 (۳ تا ۵ دقیقه) باشد. فرض کنید این سیستم دارای نرخ ورود یکنواخت بین (۲ تا ۴) واحد زمانی باشد. فلوچارت تابع کنترل کننده اصلی سیستم و هر یک از پیشامدهای ورود و پایان سرویس دستگاه ها را نشان دهید . این سیستم را برای ۸ ساعت شبیه‌سازی کنید ؟ (8 h= 480 min)

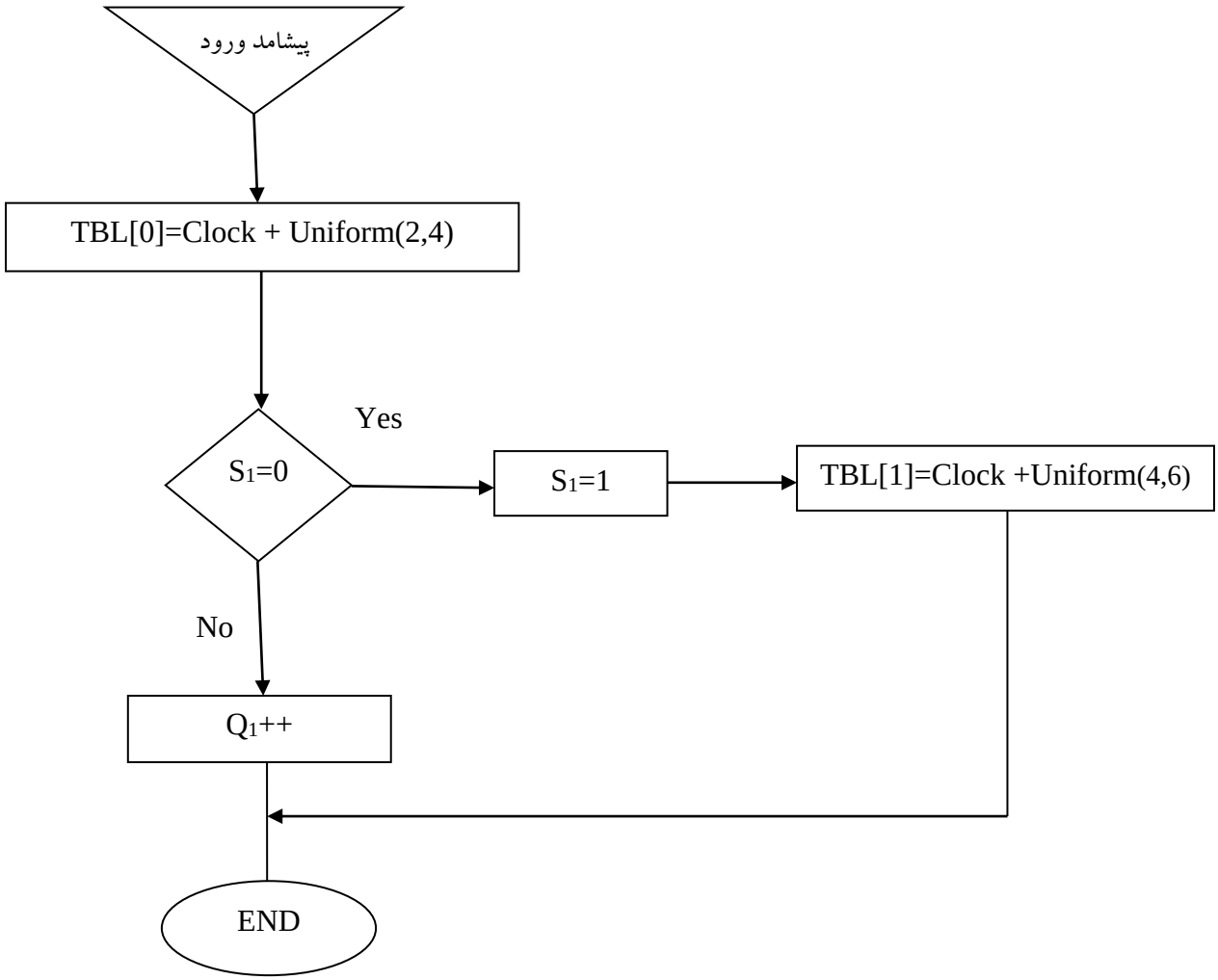


از آنجایی که در گام زمانی پویا همواره می بایست زمان وقوع اولین پیشامد بعدی را حدس زد، لذا در اینجا از یک جدول بنام TBL استفاده می شود ؛ TBL چیزی جز یک آرایه خطی از اعداد صحیح نمی باشد که طول آن برابر تعداد انواع پیشامدهای اصلی موجود در سیستم است.

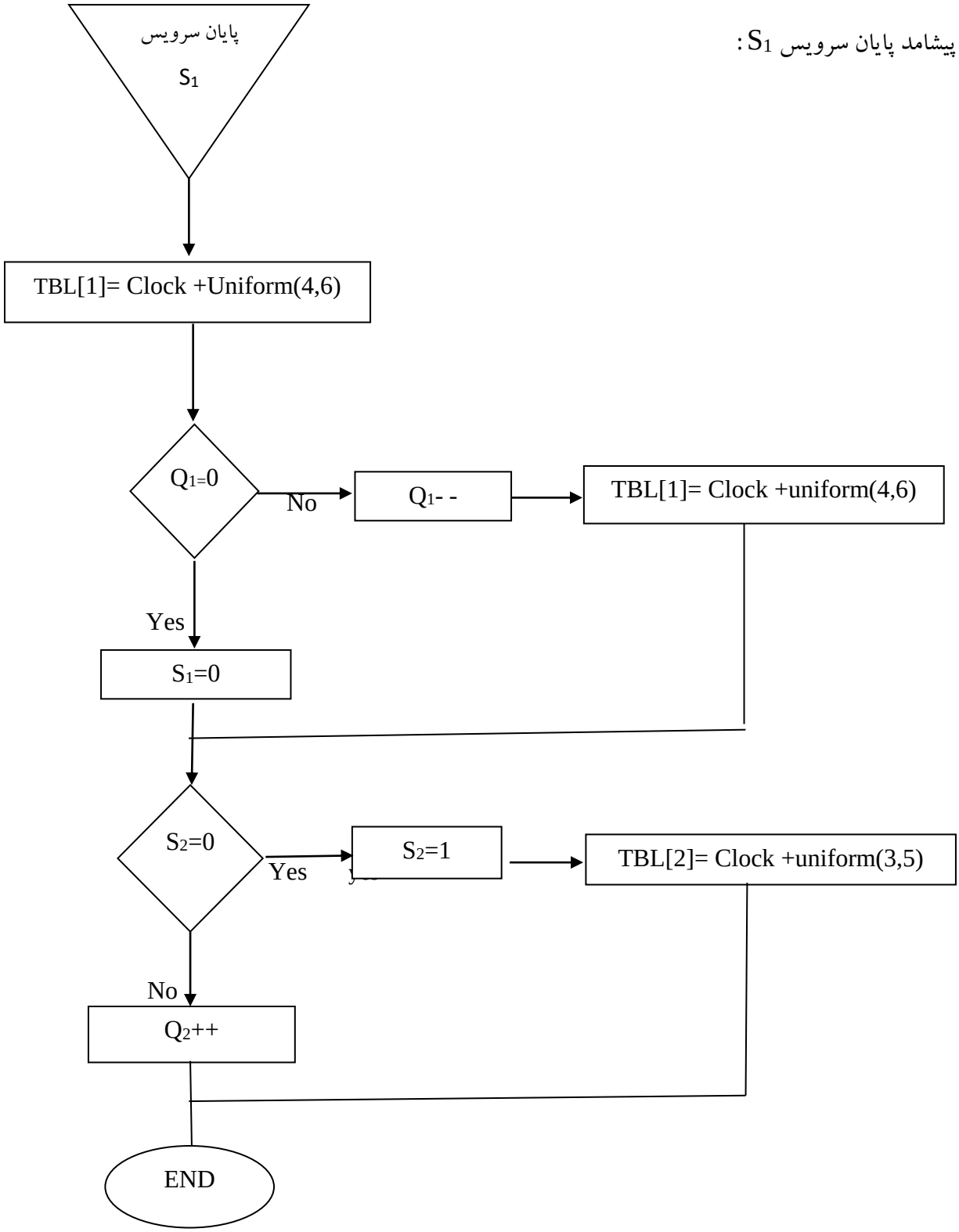
فلوچارت تابع اصلی:



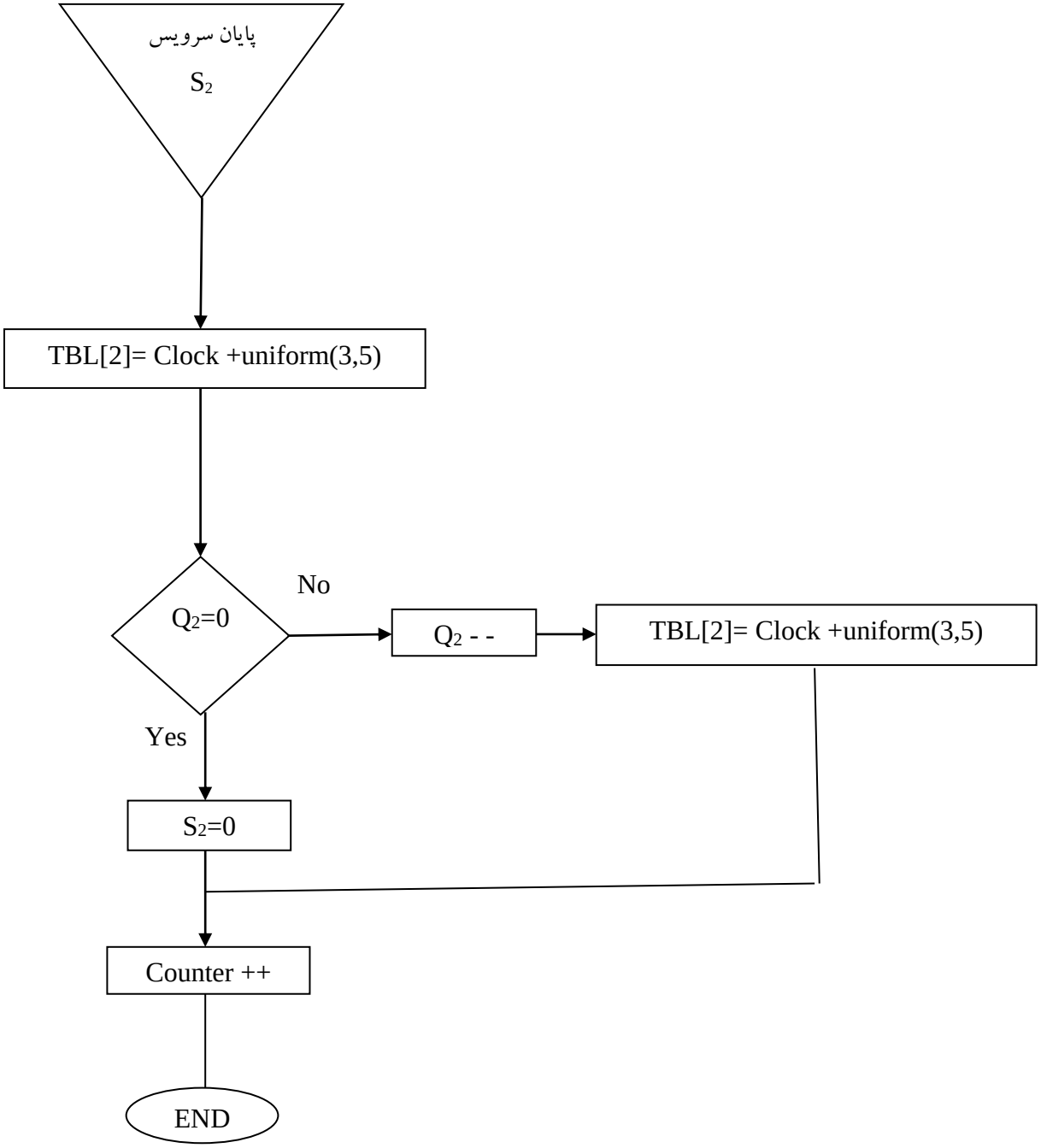
پیشامد ورود :


پیشامد ورود
TBL[0]=Clock + Uniform(2,4)
Yes
S1=0
S1=1
TBL[1]=Clock +Uniform(4,6)
No
Q1++
END

پیشامد پایان سرویس S_1 :

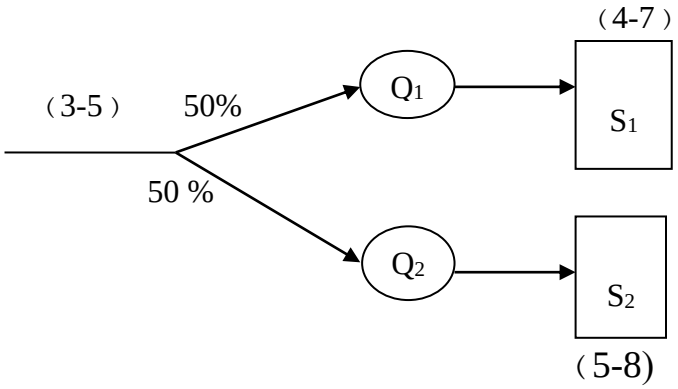


پیشامد پایان سرویس S_2 :

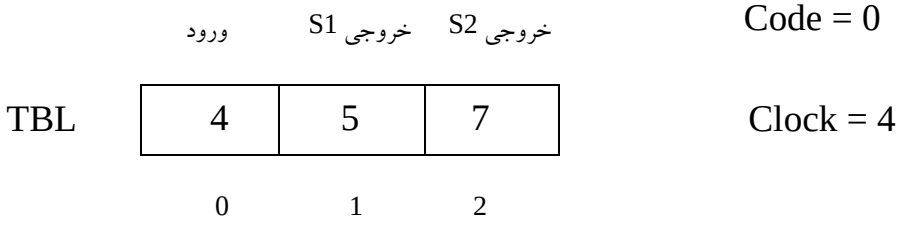


مثال:

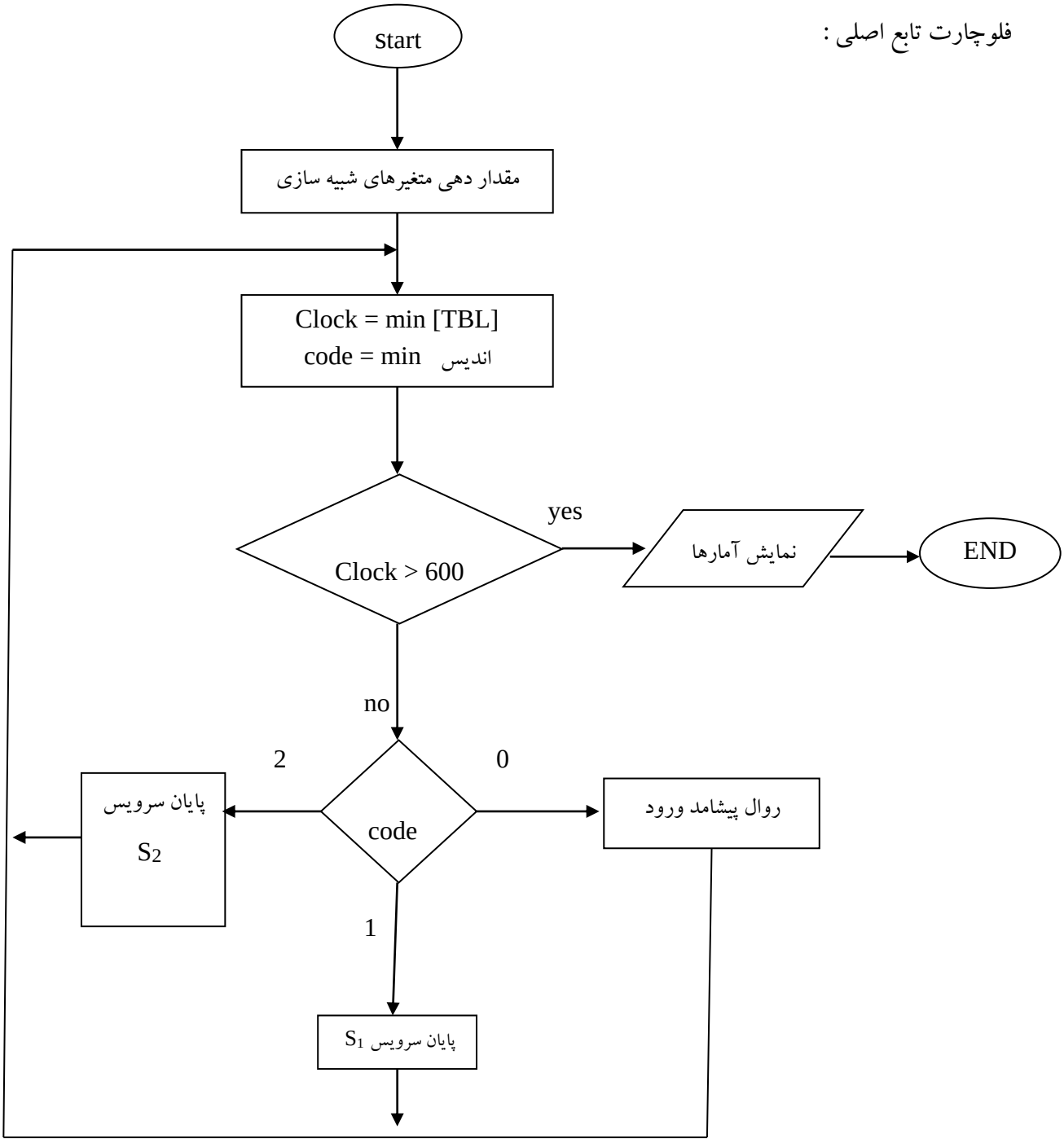
فرض کنید که دو سرویس دهنده S_1 و S_2 داریم که سرویس دهنده S_1 می تواند به طور تصادفی یکنواخت در فاصله زمانی (۴ تا ۷) دقیقه سرویسش را تکمیل کند و سرویس دهنده S_2 می تواند به طور تصادفی یکنواخت بین(۵ تا ۸) دقیقه سرویس خود را تکمیل نماید؛ عناصر نیز به این سیستم به طور تصادفی یکنواخت بین (۳ تا ۵) دقیقه وارد می شوند ، عناصر وارده به صورت کاملاً تصادفی به یکی از سرویس دهنده های S_1 و S_2 مطابق شکل زیر منتقل می شوند . این سیستم را برای ۱۰ ساعت شبیه سازی نموده وتعداد عناصر سرویس داده شده در این سیستم را در این سیستم مشخص کنید ؟



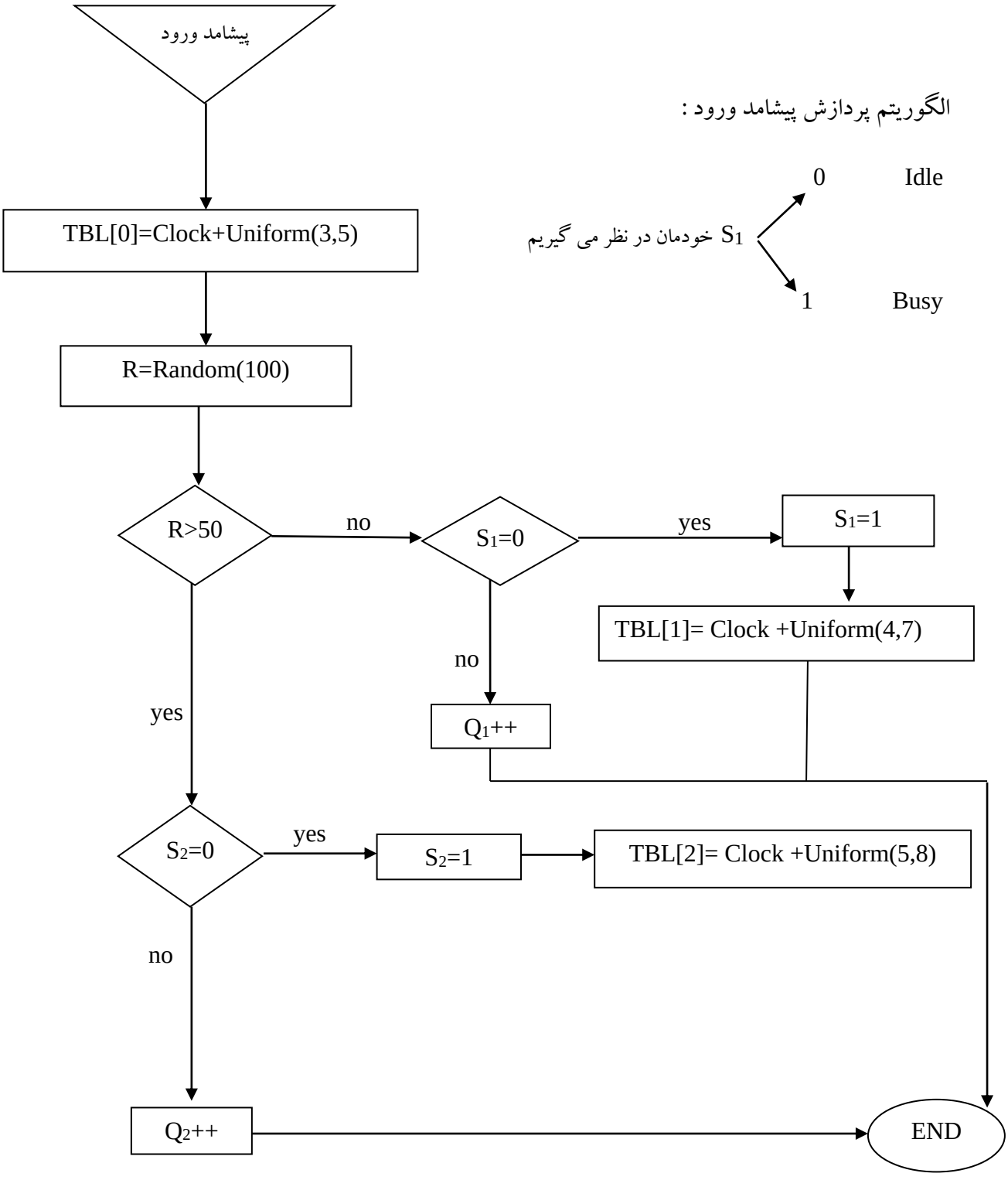
سه رویداد داریم یکی ورود و دوتا خروج پس TBL سه خانه دارد .



فلوچارت تابع اصلی :



الگوریتم پردازش پیشامد ورود :

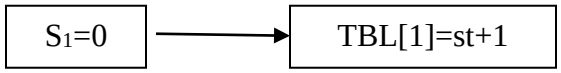


S_1 خودمان در نظر می گیریم

0 Idle

1 Busy

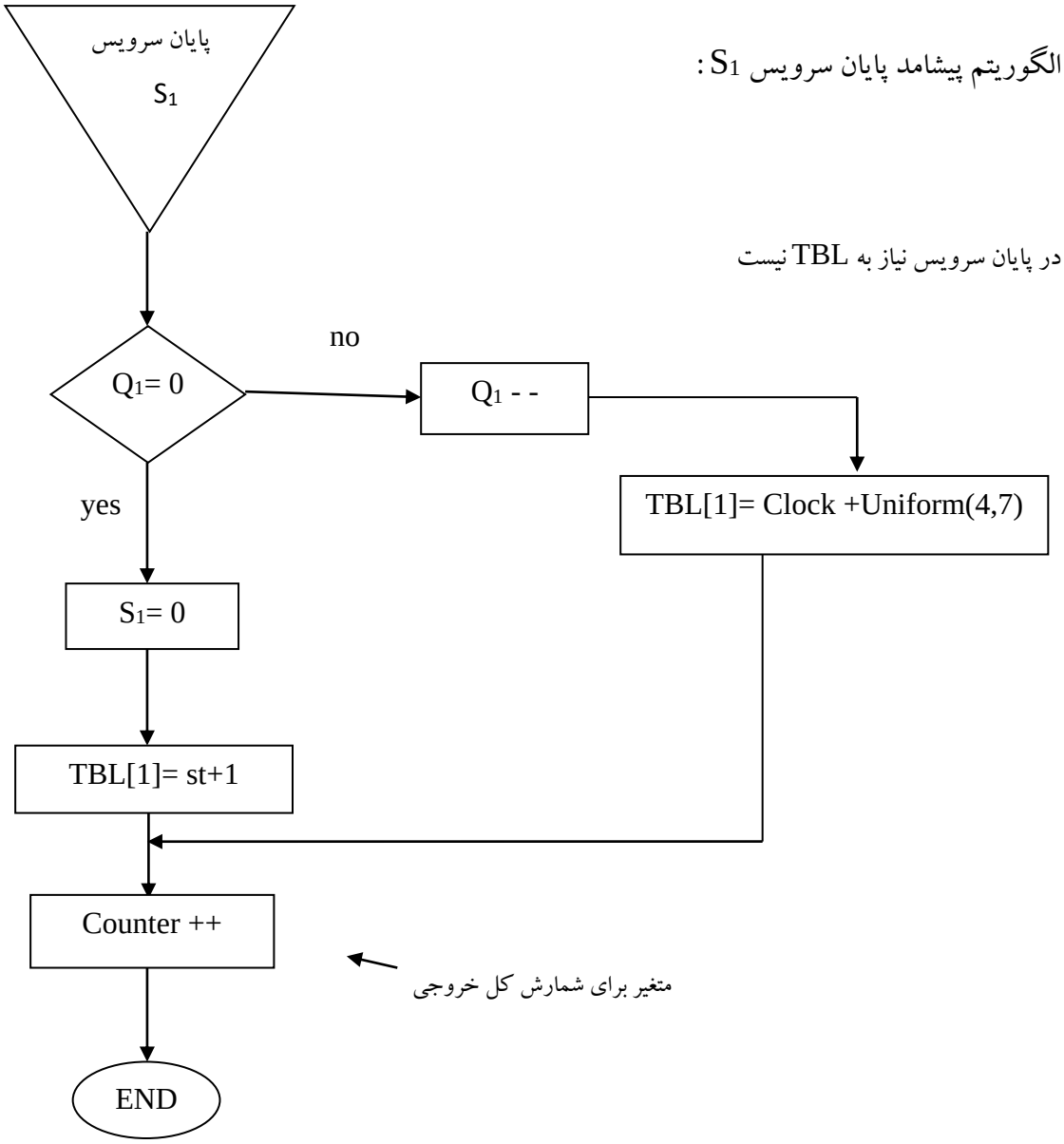
هر وقت سرویس‌دهنده ای بیکار شد ، زمان آن‌را در TBL برابر بی نهایت (st+1) می کنیم .



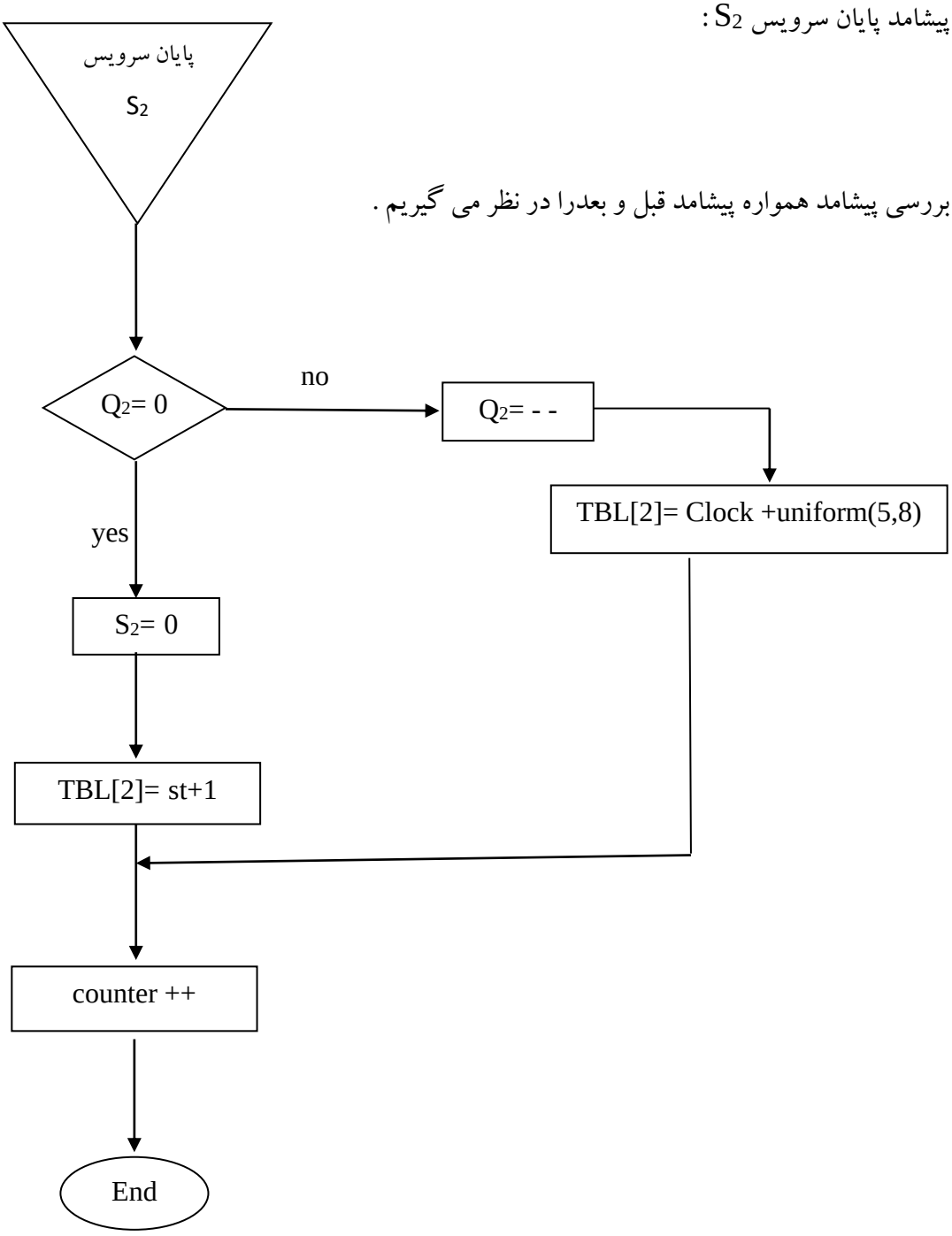
TBL

St+1	5	6
0	1	2

الگوریتم پیشامد پایان سرویس S_1 :



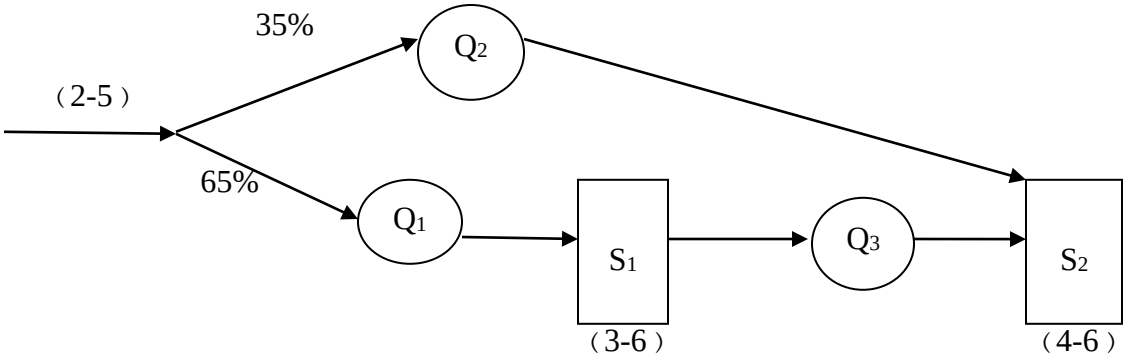
الگوریتم پیشامد پایان سرویس S_2 :

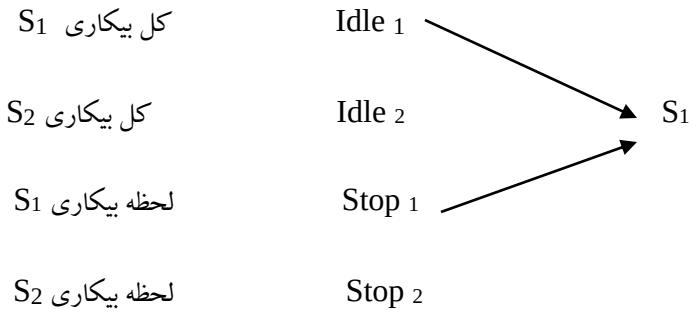


نکته : در بررسی پیشامد همواره پیشامد قبل و بعدرا در نظر می گیریم .

مثال :

فرض کنید گراف زیر نشان دهنده وضعیت یک سیستم باشد سرویس دهنده S_1 می تواند به طور تصادفی یکنواخت بین (۳ تا ۶) دقیقه عملیاتش را تکمیل کند ، در حالیکه سرویس دهنده S_2 می تواند کارش را بین لحظات (۴ تا ۶) دقیقه انجام دهد در این سیستم صف Q_3 نسبت به صف Q_2 دارای اولویت بالاتری است عناصر به این سیستم به طور تصادفی یکنواخت بین لحظات (۲ تا ۵) وارد می شوند ؛ فلوچارت مربوط به روال های پردازش پیشامد این سیستم را برای مدت ۸ ساعت رسم نمایید، راندمان سرویس دهنده ها را محاسبه کنید ؟

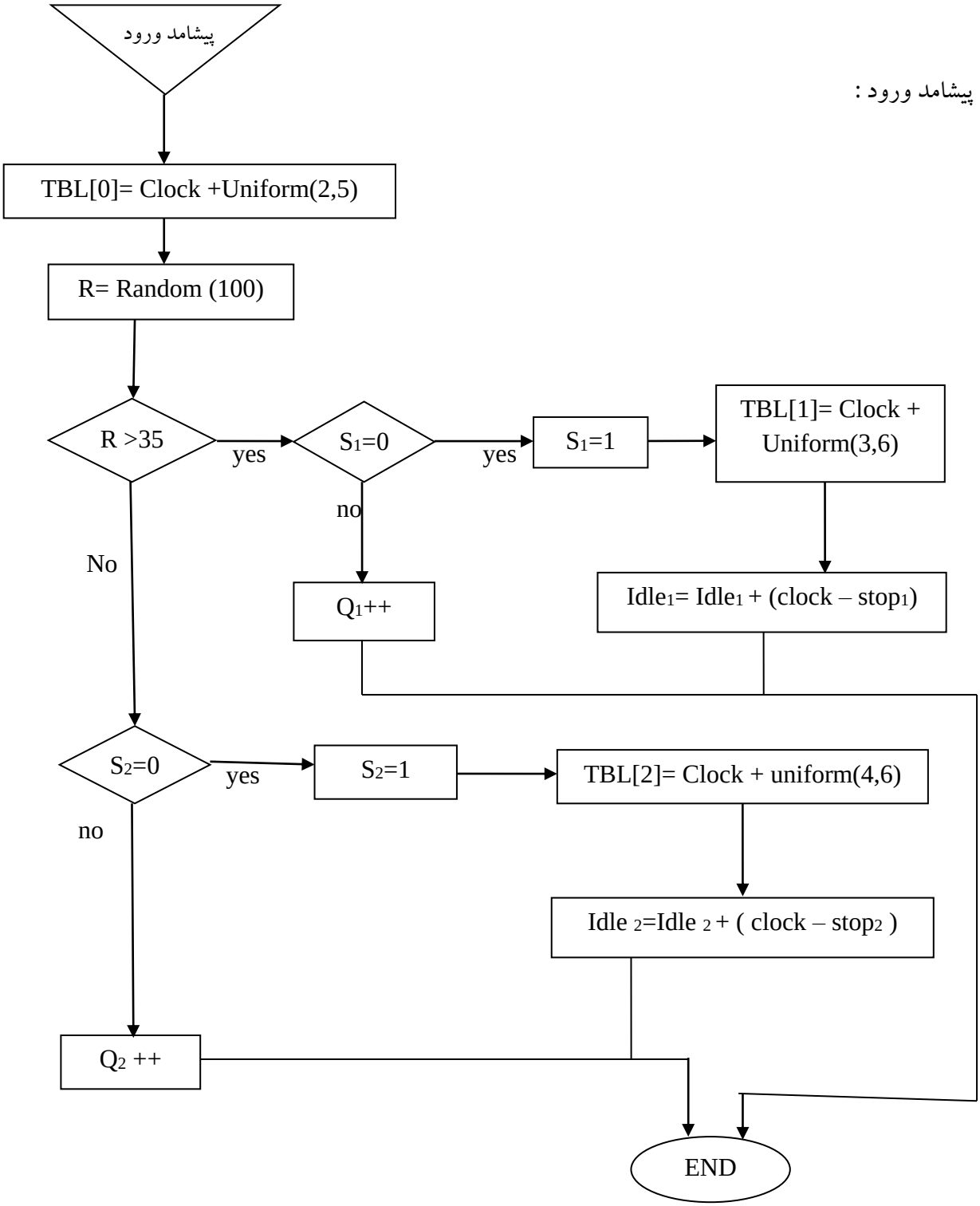




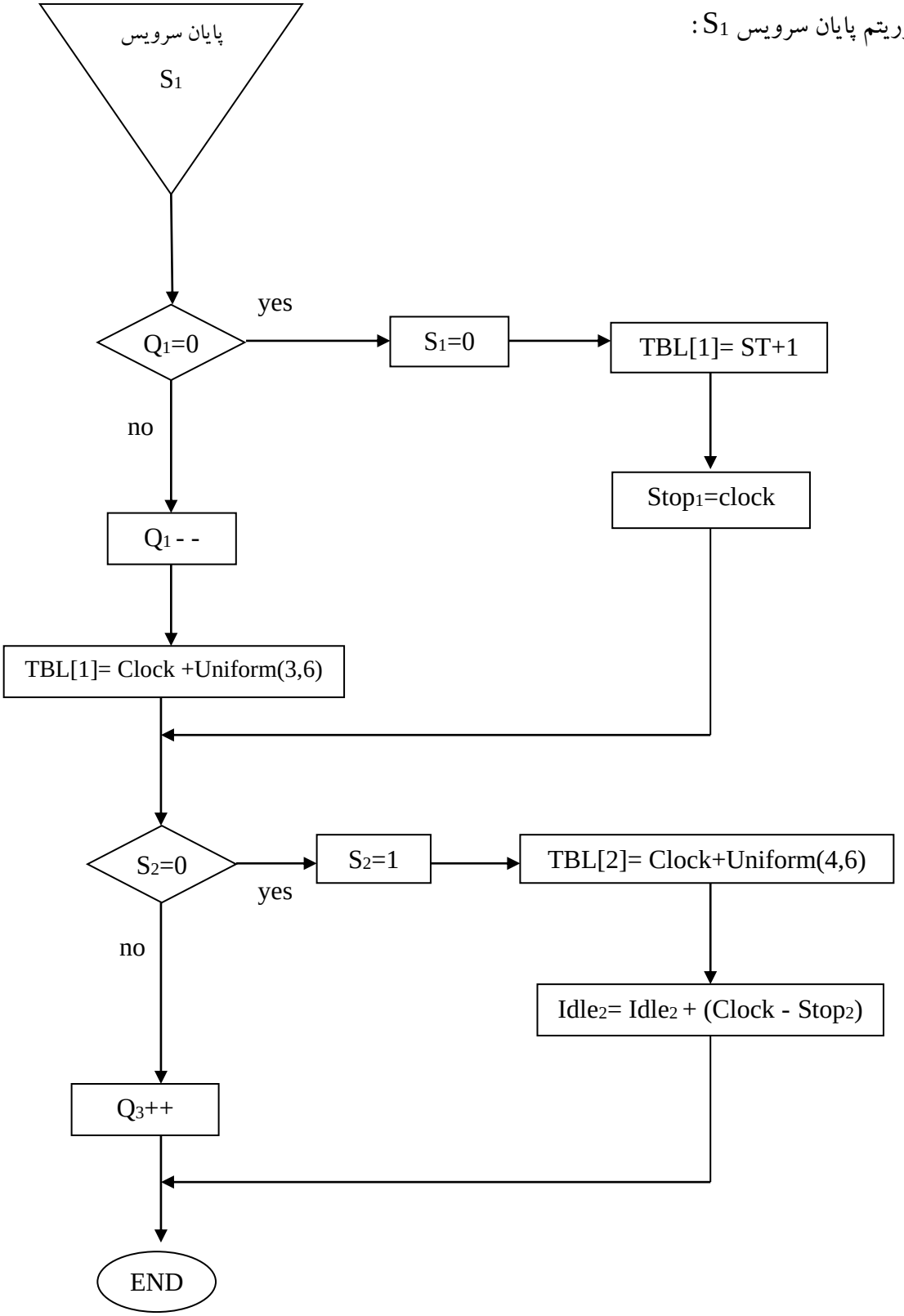
زمان مفید $= ST - Step_2$

$$R = \frac{\text{زمان مفید سرویس دهنده}}{ST} * 100$$

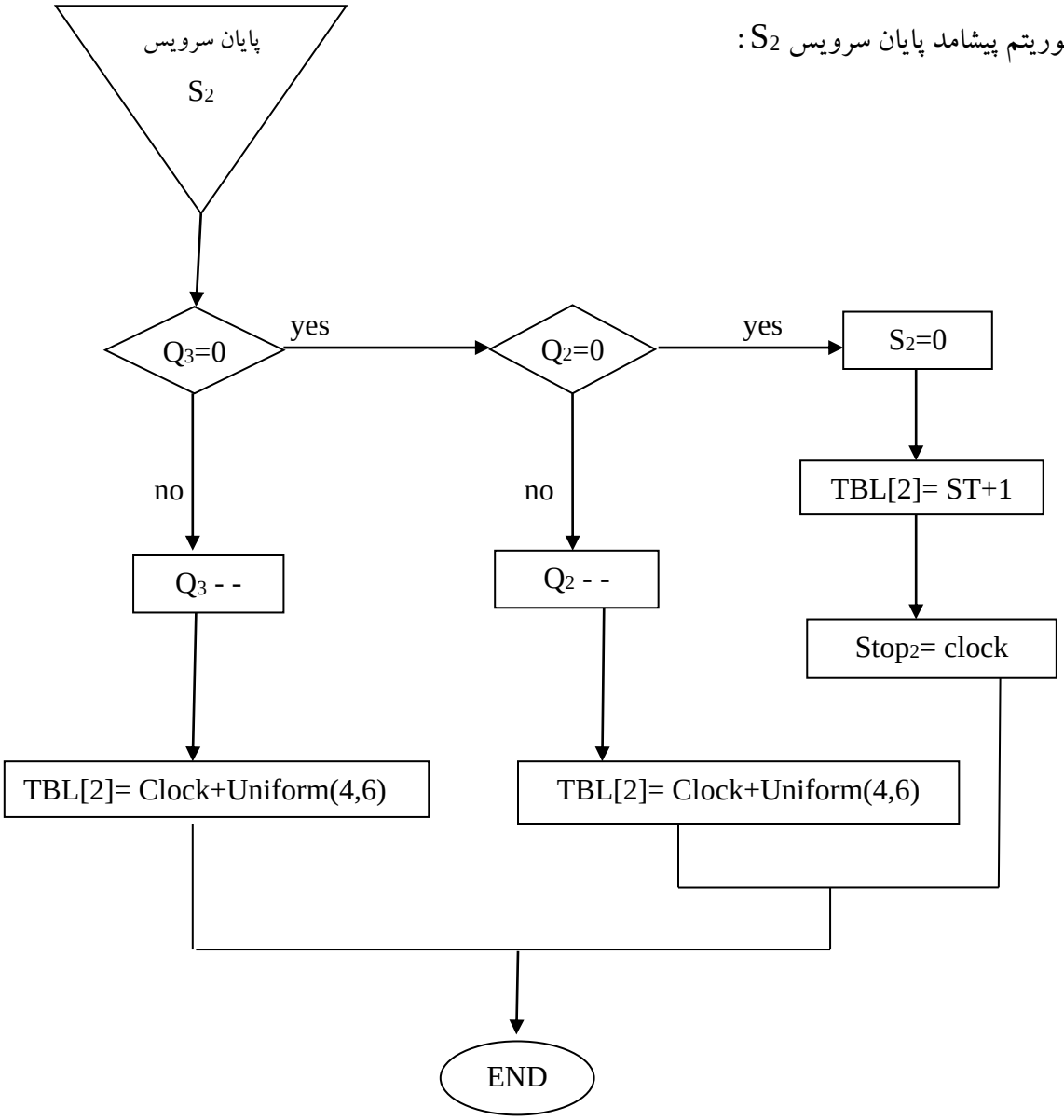
پیشامد ورود :


پیشامد ورود
TBL[0]= Clock +Uniform(2,5)
R= Random (100)
R >35
yes
S1=0
yes
S1=1
TBL[1]= Clock + Uniform(3,6)
no
No
Q1++
Idle1= Idle1 + (clock – stop1)
S2=0
yes
S2=1
TBL[2]= Clock + uniform(4,6)
no
Idle 2=Idle 2 + (clock – stop2)
Q2 ++
END

الگوریتم پایان سرویس S_1 :



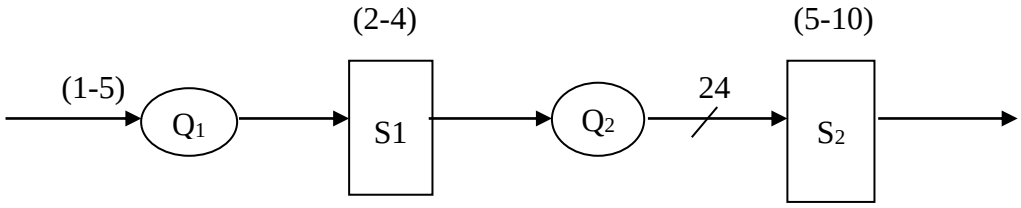
الگوریتم پیشامد پایان سرویس S_2 :



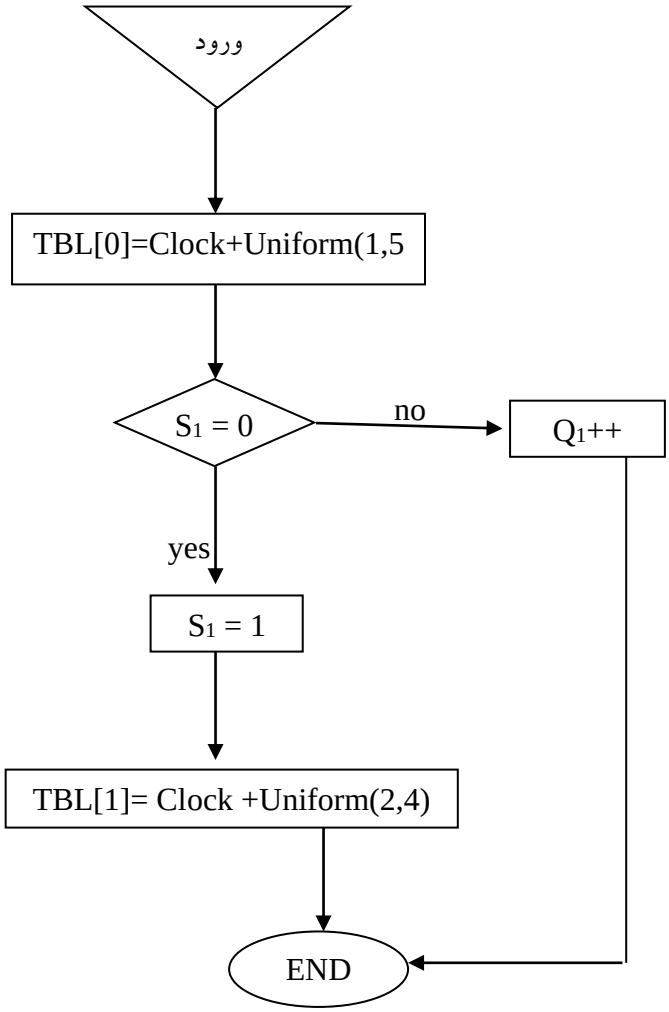
مثال :

فرض کنید در خط تولید یک شرکت نوشابه سازی شیشه های خالی با نرخ ورود تصادفی یکنواخت (۱ تا ۵) به خط تولید وارد شده و بر روی نوار نقاله به دستگاهی منتقل شده که با نرخ تصادفی یکنواخت(۲ تا ۴) شیشه ها را پر می کند ، سپس شیشه ها ی پر شده به قسمتی فرستاده می‌شود که در آن کارگری با نرخ (۵ تا ۱۰) دسته های ۲۴

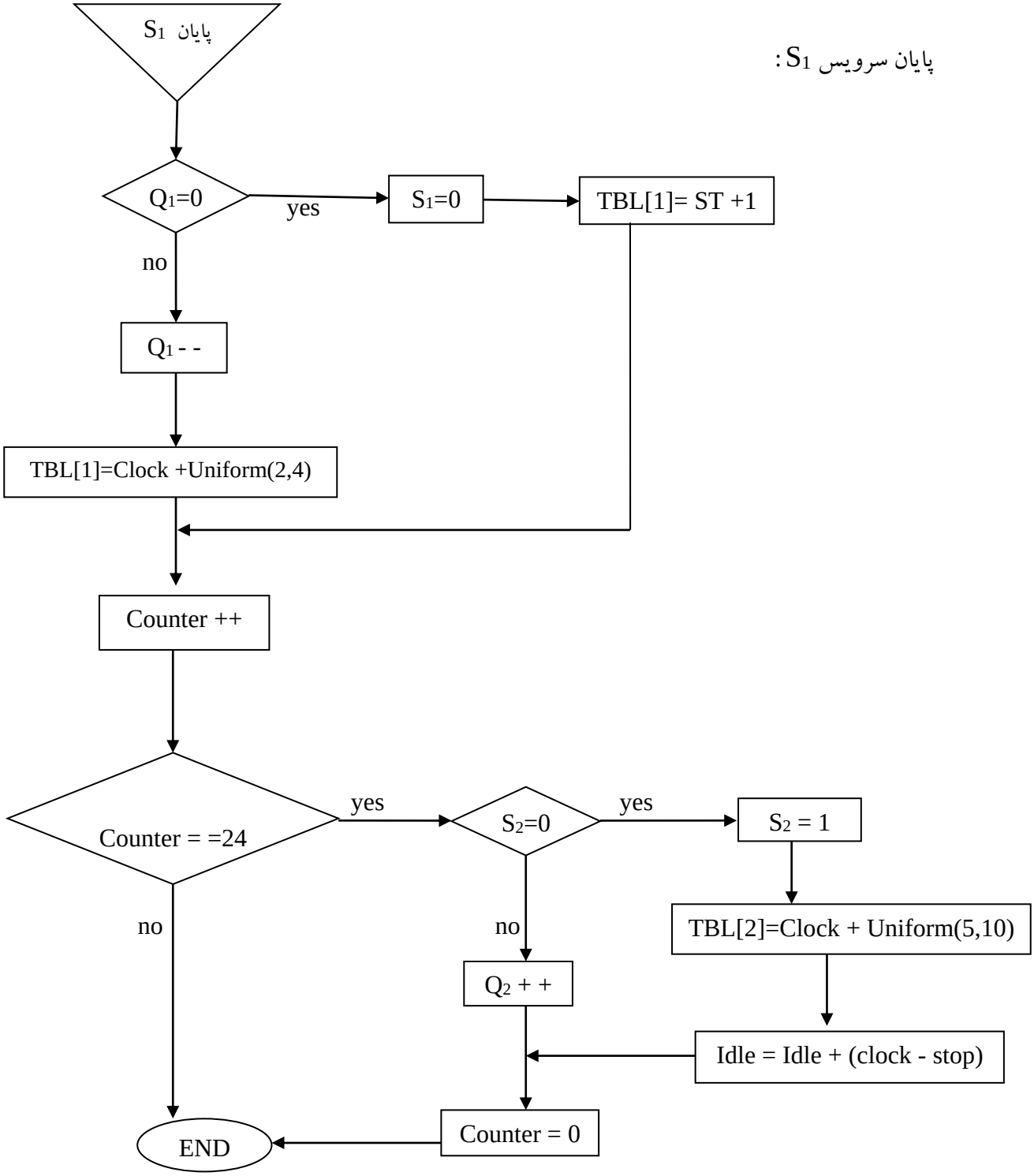
تایی آنها را در یک جعبه قرار می دهد و جعبه های نوشابه تولیدی از سیستم خارج می شود. این سیستم را برای ۱۰ ساعت شبیه‌سازی نموده ؛ تعداد جعبه های نوشابه تولید شده و راندمان کارگر را در این ۱۰ ساعت حساب کنید ؟



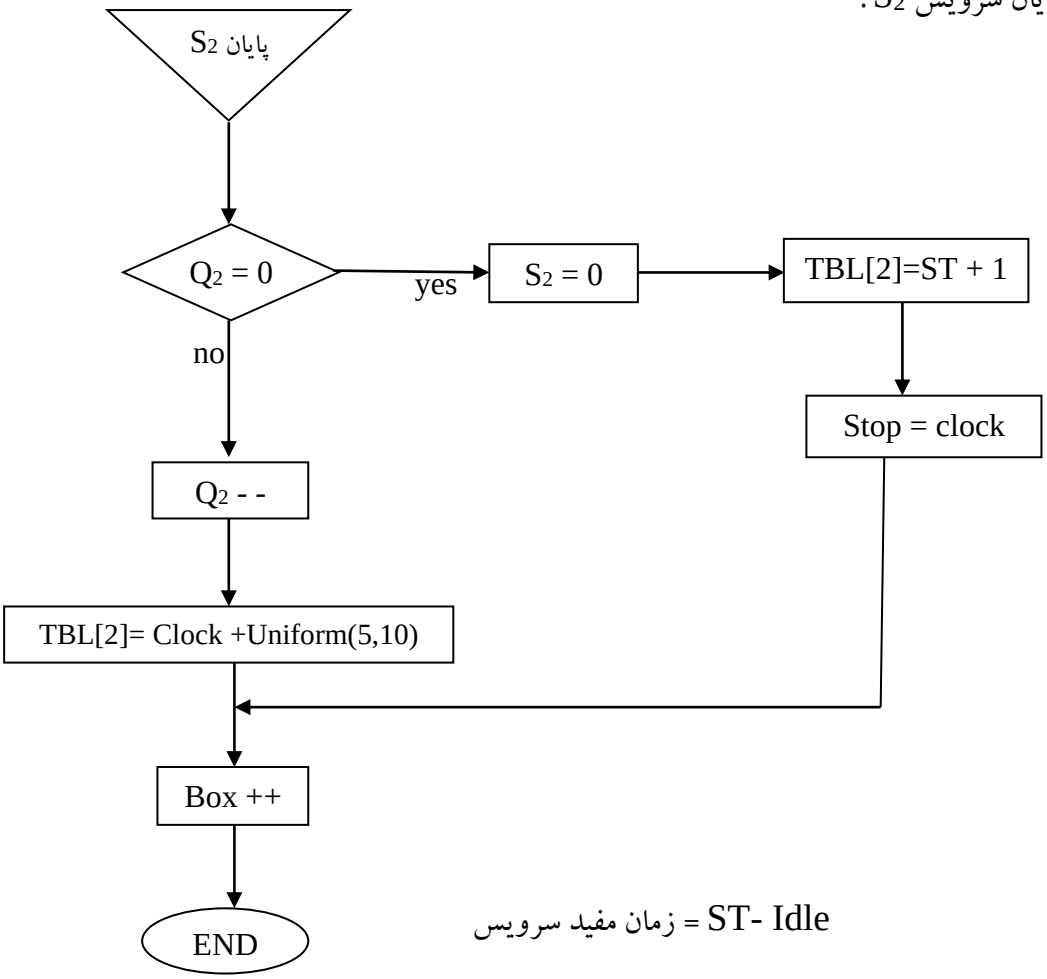
پیشامد ورود :



پایان سرویس S_1:



پایان سرویس S_2 :



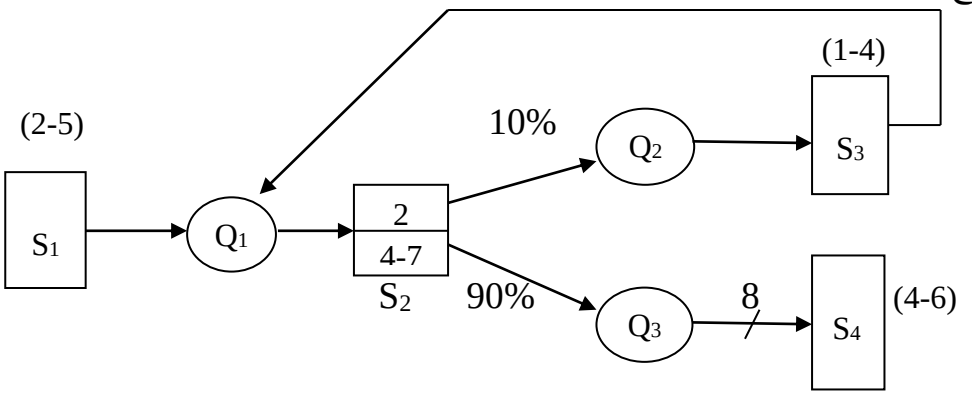
ST- Idle = زمان مفید سرویس

$$R = \frac{\text{زمان مفید سرویس}}{\text{زمان کل}} * 100$$

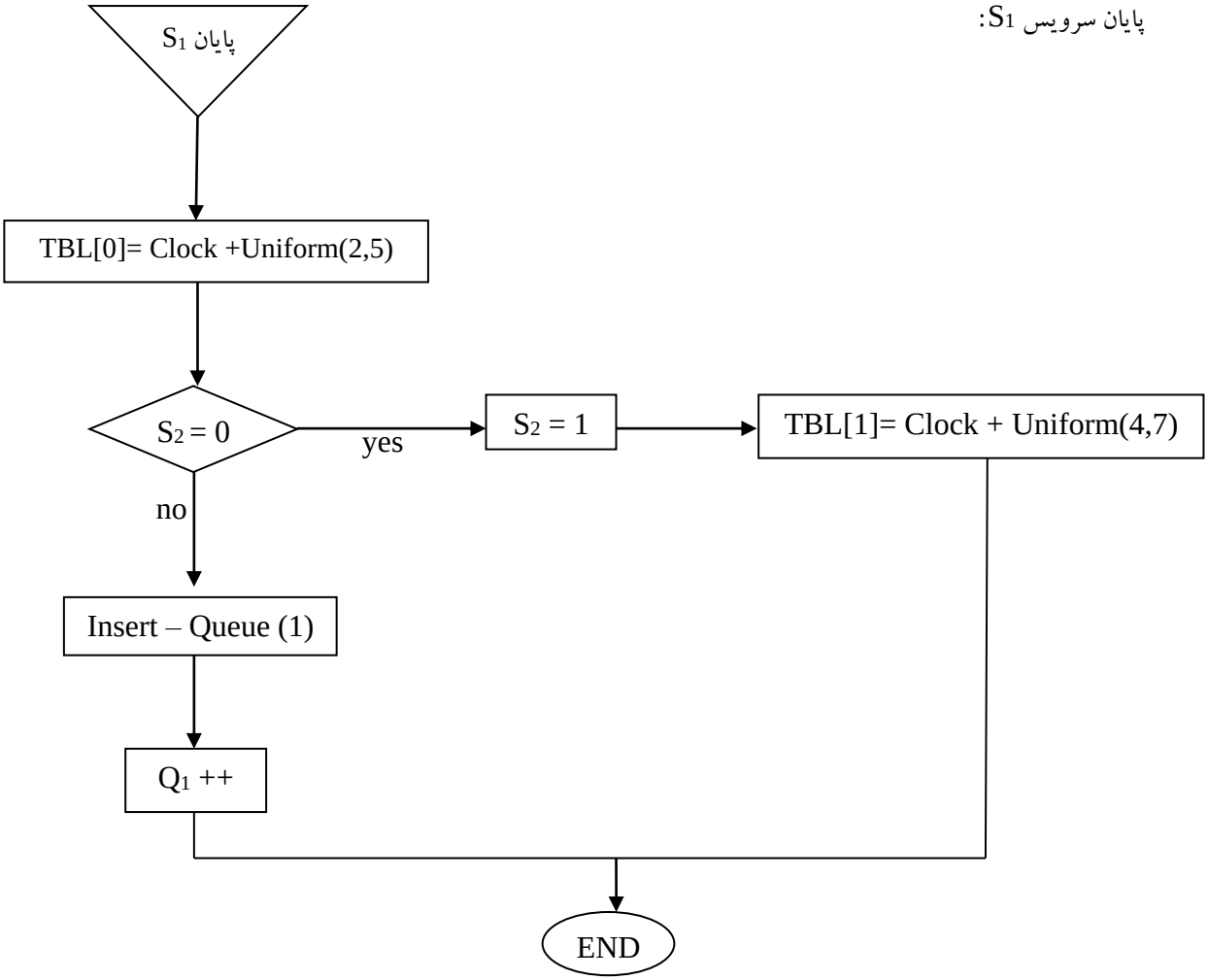
مثال:

فرض کنید در یک خط تولید مواد اولیه همیشه در سیستم موجود می باشد این مواد توسط دستگاهی با نرخ تصادفی یکنواخت (۲ تا ۵) دقیقه سرویس داده می شود ، قطعات سرویس داده شده به دستگاهی منتقل و مورد بازبینی قرار می گیرند . ۱۰ درصد قطعات تولید شده معیوب بوده که باید مجدداً توسط دستگاه دیگری با نرخ یکنواخت(۱ تا۴) دقیقه سرویس داده شود ؛ اما ۹۰ درصد دیگر قطعات تولیدی سالم بوده و در صورتی که تعداد آنها به ۸ عدد برسد به دستگاه دیگری منتقل تا در یک جعبه بسته‌بندی شوند. نرخ بسته‌بندی به طور یکنواخت بین (۴ تا ۶) دقیقه می‌شود ، قطعاتی که مجدداً مورد پردازش قرار می‌گیرند با نرخ ثابت ۲ دقیقه مورد بازبینی مجدد قرار می‌گیرند .

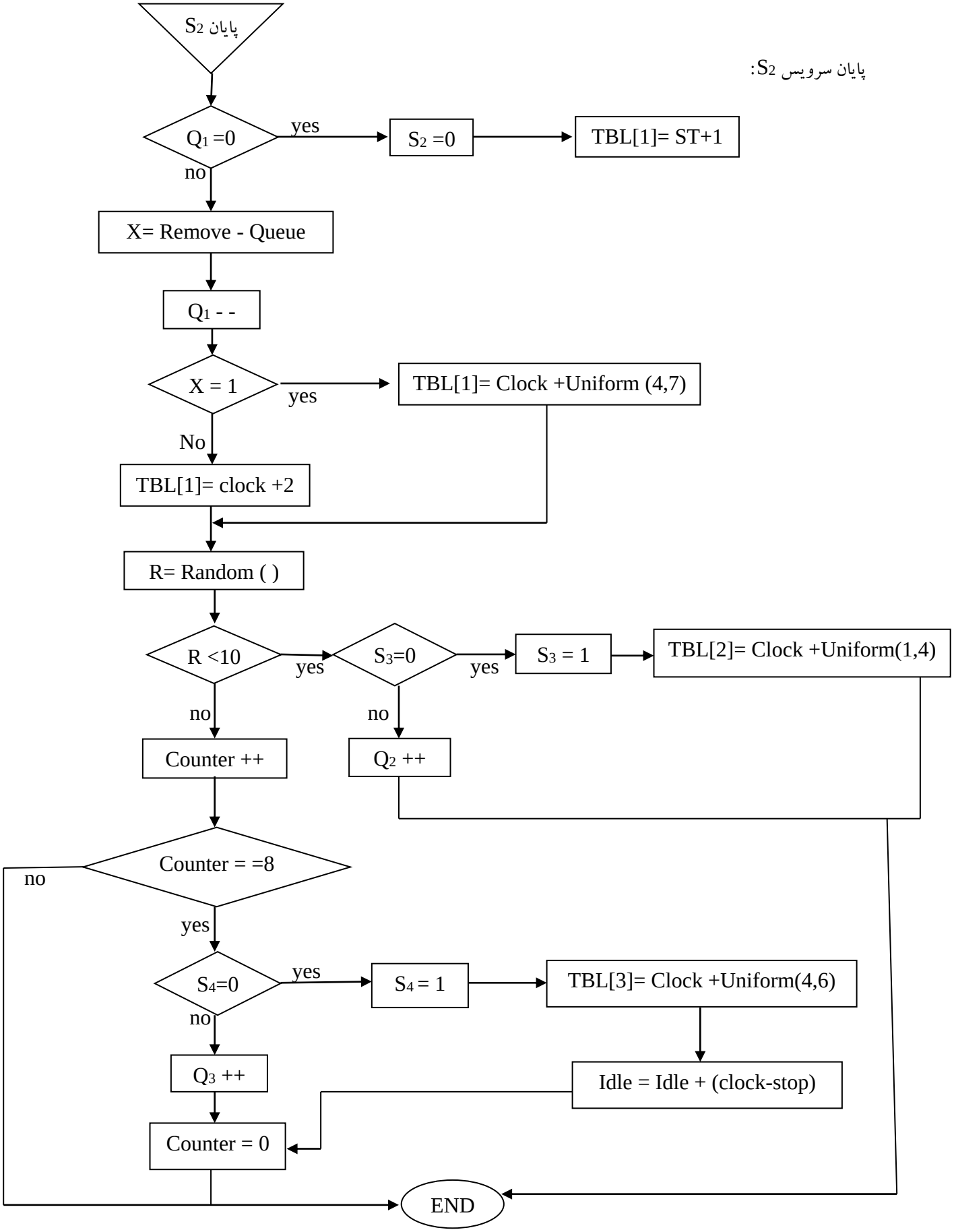
این سیستم را برای ۸ ساعت شبیه سازی نموده و راندمان دستگاه بسته بندی را محاسبه و تعداد کل جعبه‌ها را محاسبه کنید ؟ [نرخ بازبینی (۴ تا ۷)]



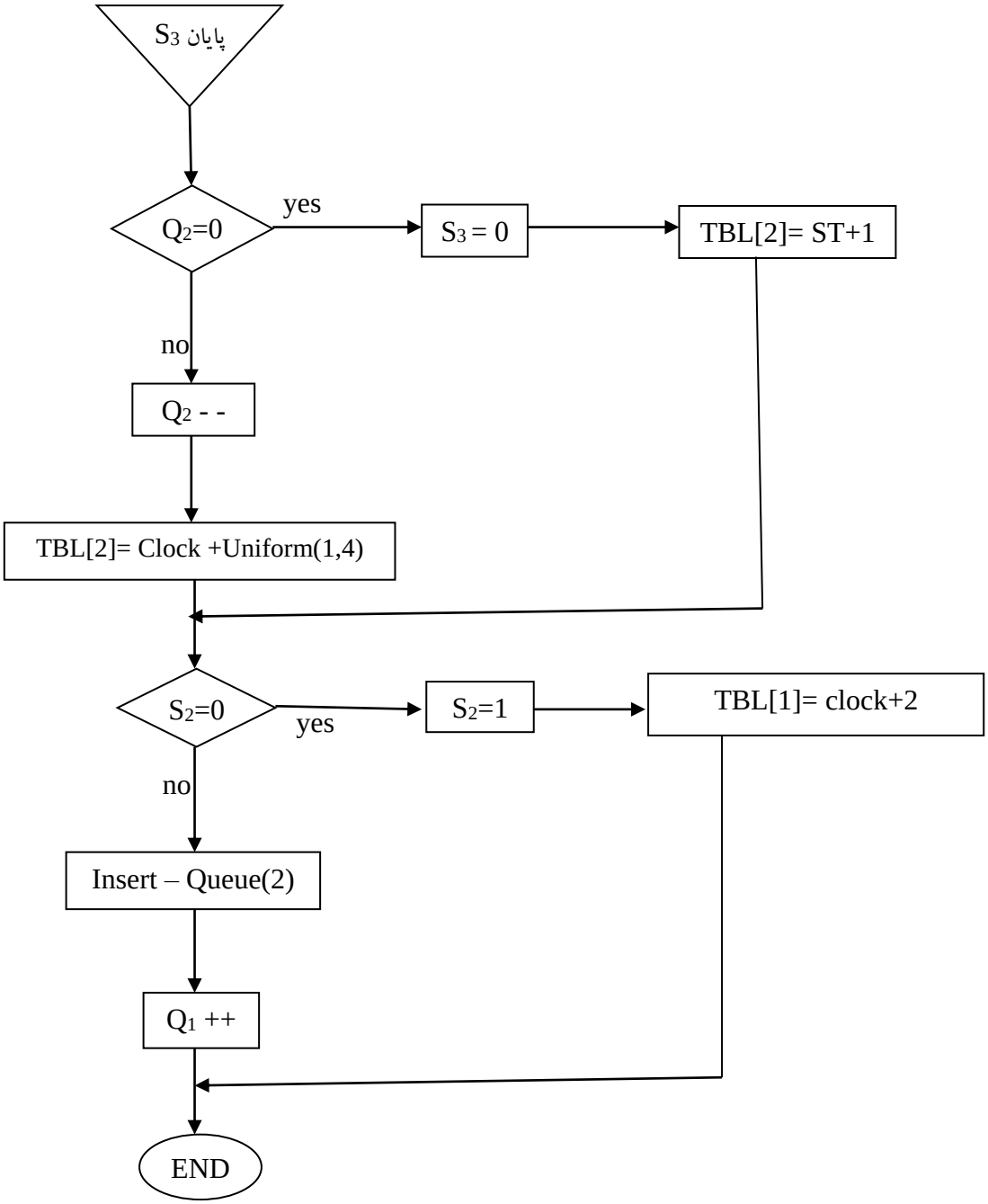
پایان سرویس S_1:



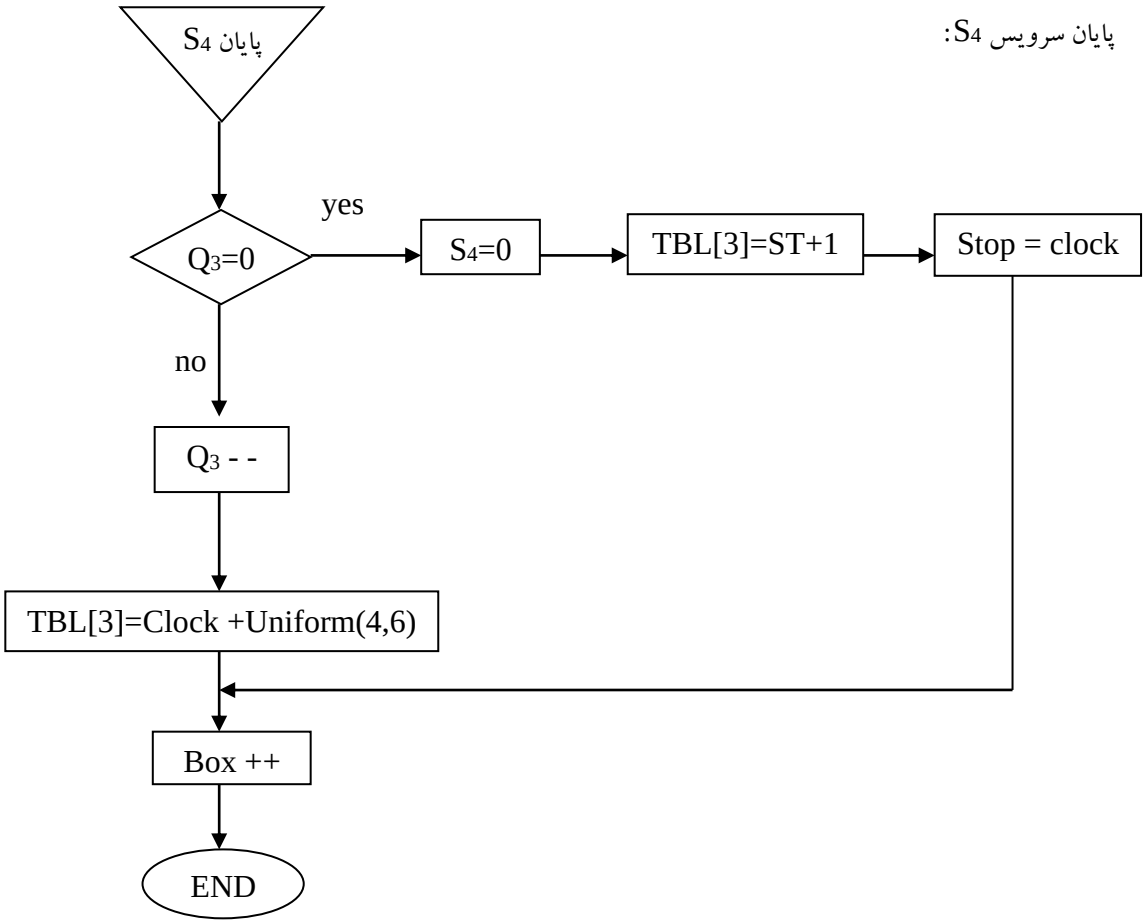
پایان سرویس S_2:



پایان سرویس S_3 :



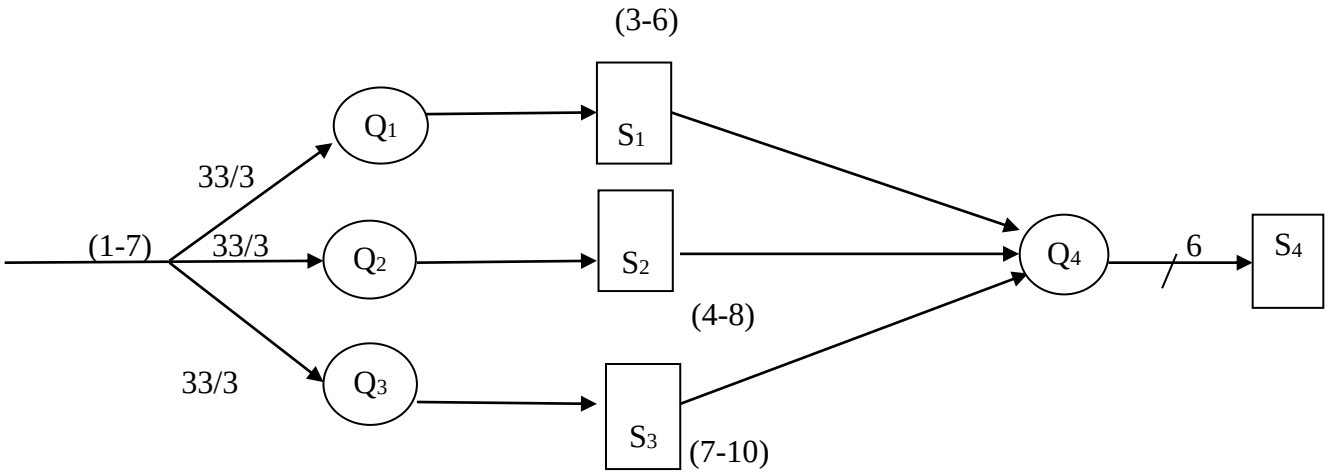
پایان سرویس S_4:



مثال:

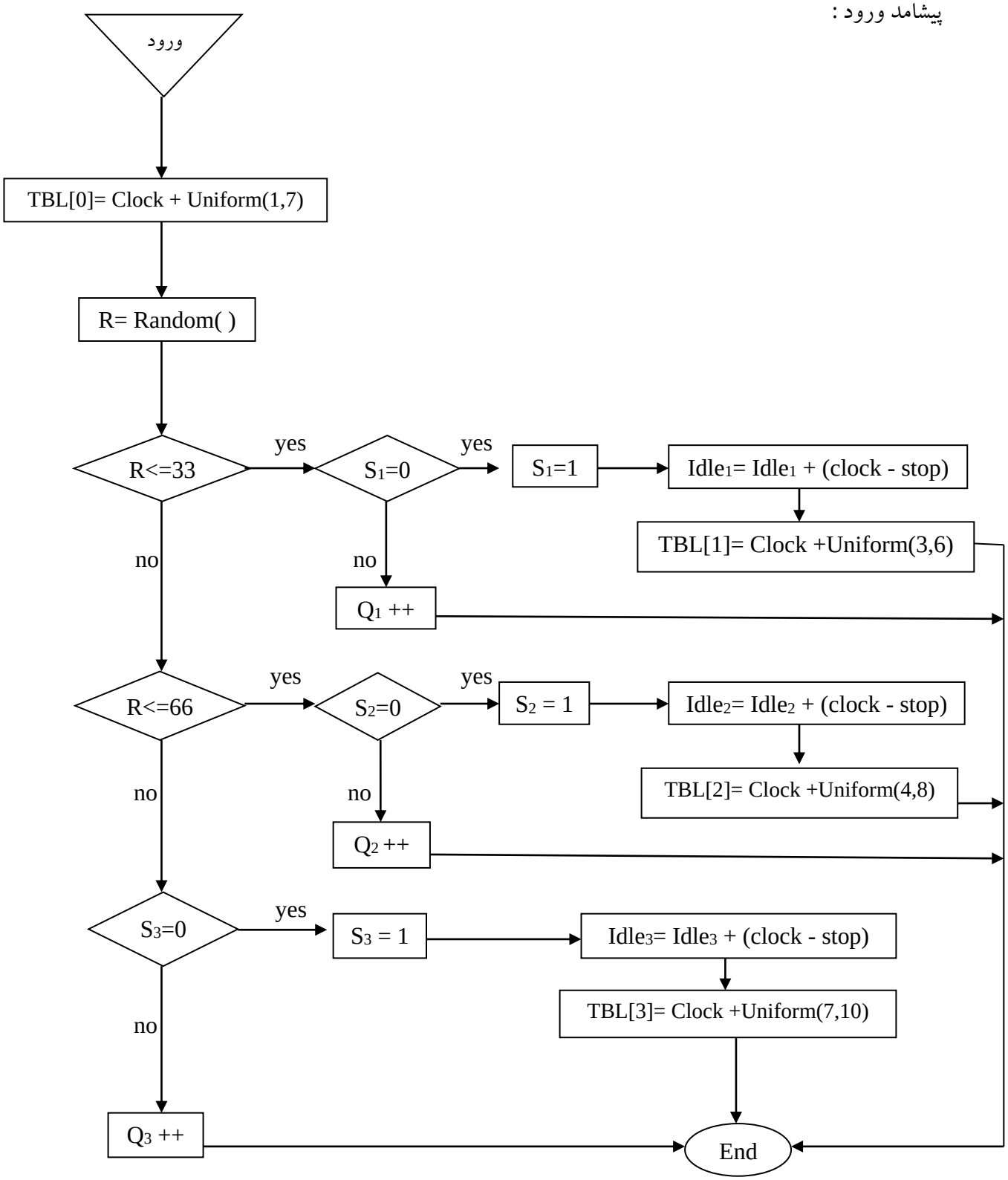
فرض کنید در یک کارخانه تولید رب گوجه فرنگی سه ماشین به طور همزمان مشغول فعالیت باشند به طوری که مواد اولیه به طور تصادفی یکنواخت با نرخ (۱ تا ۷) ثانیه به سیتم وارد می شوند و به صورت کاملاً تصادفی به یکی از این سه دستگاه منتقل می شوند ، دستگاهها به ترتیب با نرخ یکنواخت (۳ تا ۶) ثانیه؛ (۴ تا ۸) ثانیه و (۷ تا ۱۰) ثانیه رب گوجه فرنگی را با اندازه های به ترتیب ۰/۵ کیلو، ۱ کیلو و ۲ کیلوگرمی تولید کرده به بخش بسته بندی ارسال می کند و هر ۶ عدد از آنها در یک جعبه قرار می گیرد؛ نرخ این سرویس (بخش بسته بندی) به صورت احتمالی بر طبق جدول زیر می باشد. این سیستم را برای یک روز شبیه سازی کرده وراندمان هر یک از آن دستگاه های سه گانه وتعداد کل هر کدام از بسته های ۰/۵ کیلویی و۱ کیلویی و۲کیلویی را در زمان مشخص شده تعیین کنید؟

زمان (ثانیه)	۶	۷	۸	۹
درصد	۴۰	۲۰	۳۰	۱۰

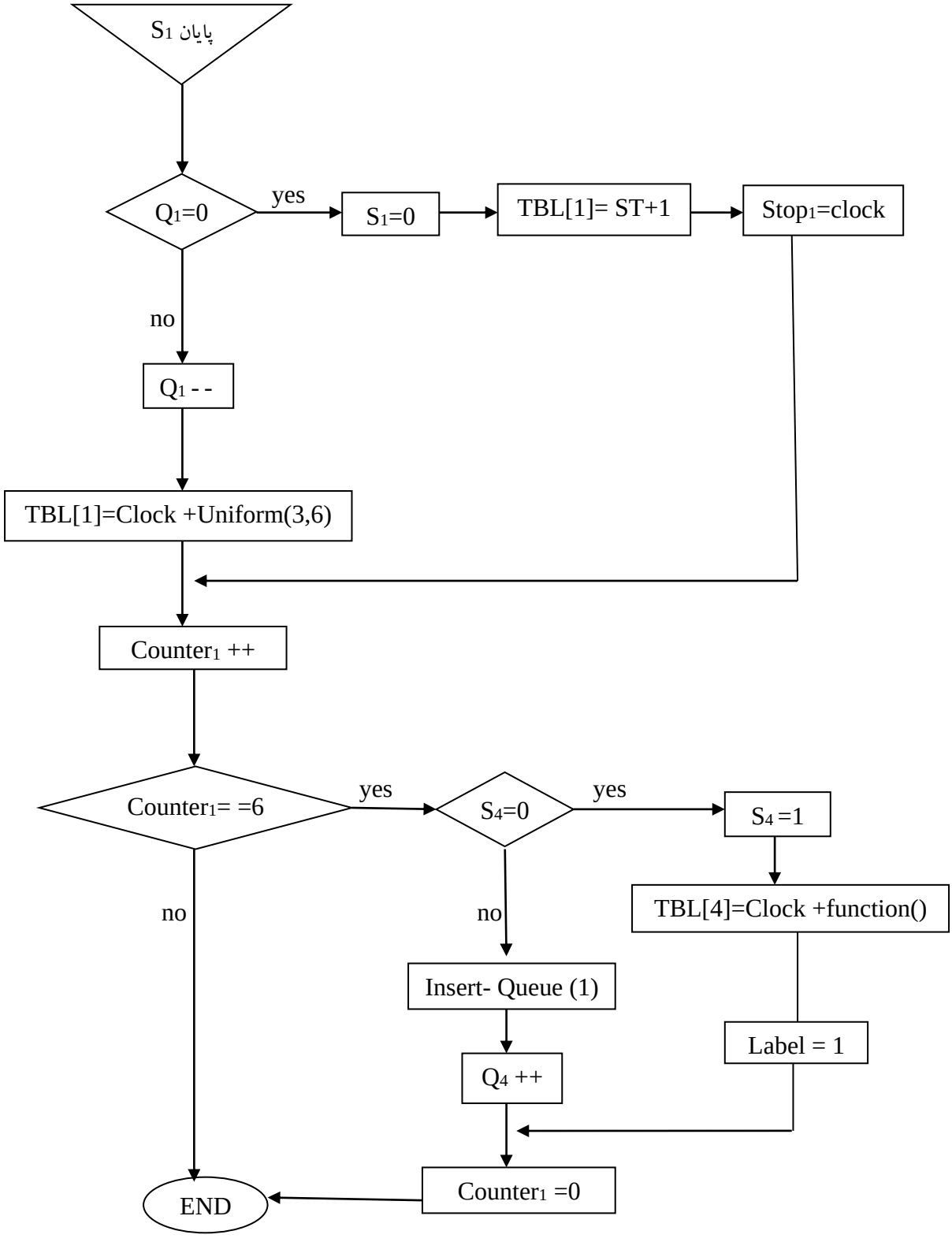



```
int  function (int , int)
                {
                R=Random() ;
                if ( R< = 40 )
                        return 6 ;
                else if ( 40 < R < = 60 )
                        return 7 ;
                else if ( 60 < R < = 30 )
                        return 8 ;
                else
                        return 9 ;
                }
```

پیشامد ورود :

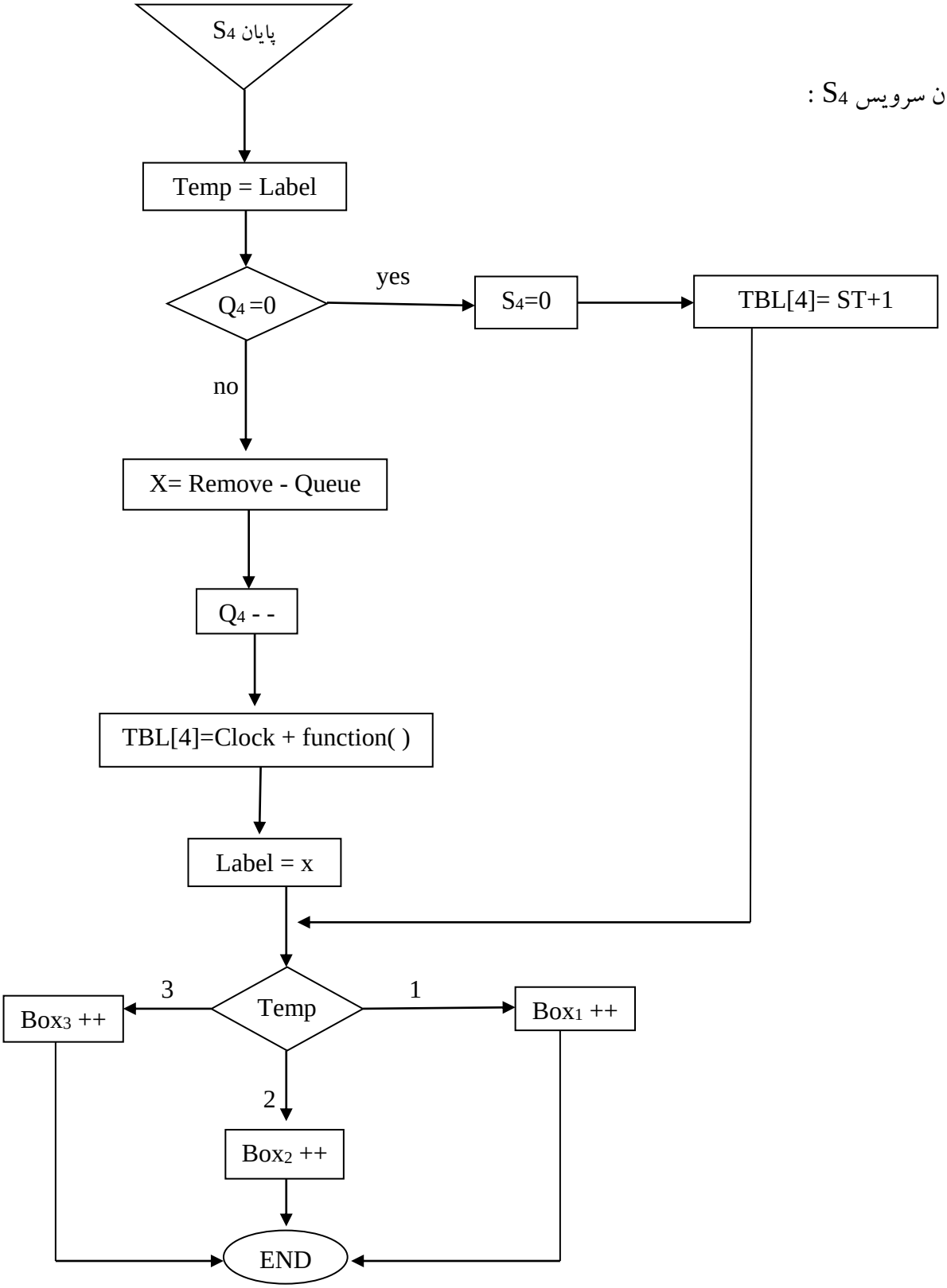

ورود
TBL[0]= Clock + Uniform(1,7)
R= Random( )
R<=33
yes
S1=0
yes
S1=1
Idle1= Idle1 + (clock - stop)
TBL[1]= Clock +Uniform(3,6)
no
no
Q1 ++
R<=66
yes
S2=0
yes
S2 = 1
Idle2= Idle2 + (clock - stop)
TBL[2]= Clock +Uniform(4,8)
no
no
Q2 ++
S3=0
yes
S3 = 1
Idle3= Idle3 + (clock - stop)
TBL[3]= Clock +Uniform(7,10)
no
Q3 ++
End

پایان سرویس S_1 :



{ پایان سرویس S_2 و S_3 نیز مانند S_1 است ، فقط یک ها را دو می کنیم . }

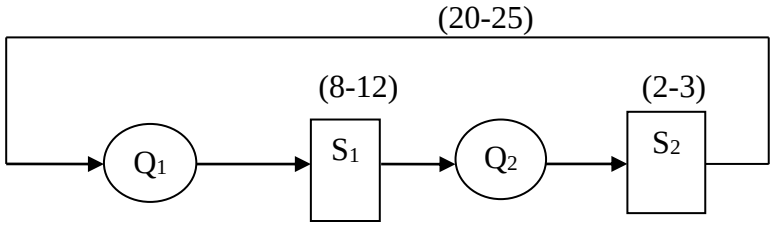
پایان سرویس S_4 :

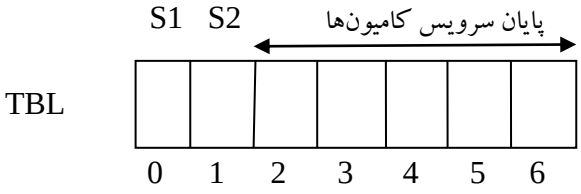


مثال :

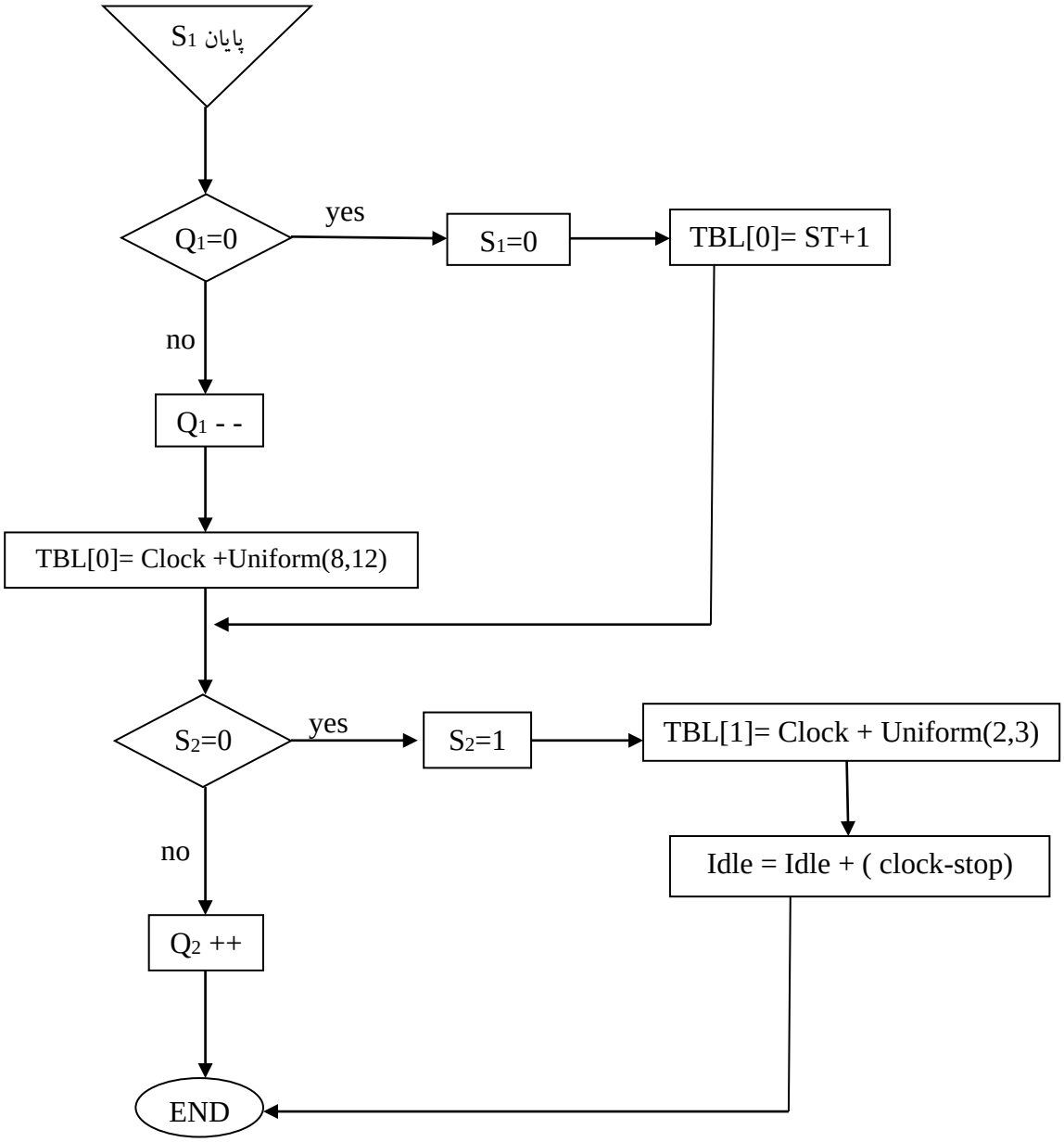
فرض کنید در یک شرکت توزیع مصالح ساختمانی قرار داریم و در اینجا ۵ کامیون در ابتدا توسط یک لودر به طور تصادفی یکنواخت با نرخ (۸ تا ۱۲) دقیقه از شن وماسه پر می شوند ، سپس هر یک از کامیونهای پر شده به یک باسکول منتقل و به طور تصادفی یکنواخت بین (۲ تا ۳) دقیقه توزین می شوند ، سپس کامیونها به طرف ایستگاه قطار حرکت و در آنجا شن و ماسه را خالی و مجدداً به شرکت باز می گردند زمان این مسافرت به طور تصادفی یکنواخت بین (۲۰ تا ۲۵) دقیقه می باشد ؛ این سیستم را برای ۸ ساعت شبیه سازی نموده و راندمان باسکول و همچنین تعداد کامیونهایی که در این زمان موفق به تکمیل مسافرت خود شده اند را محاسبه کنید ؟

❖ نکته : در سیستم های بسته پیشامد ورود نداریم .

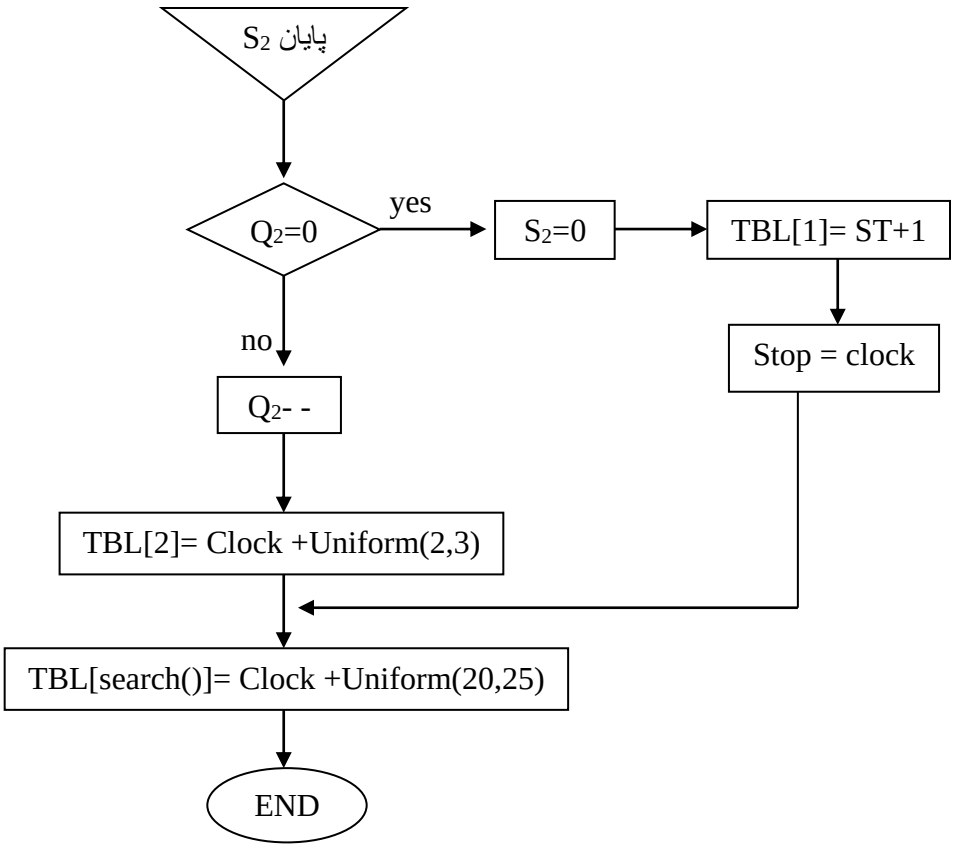


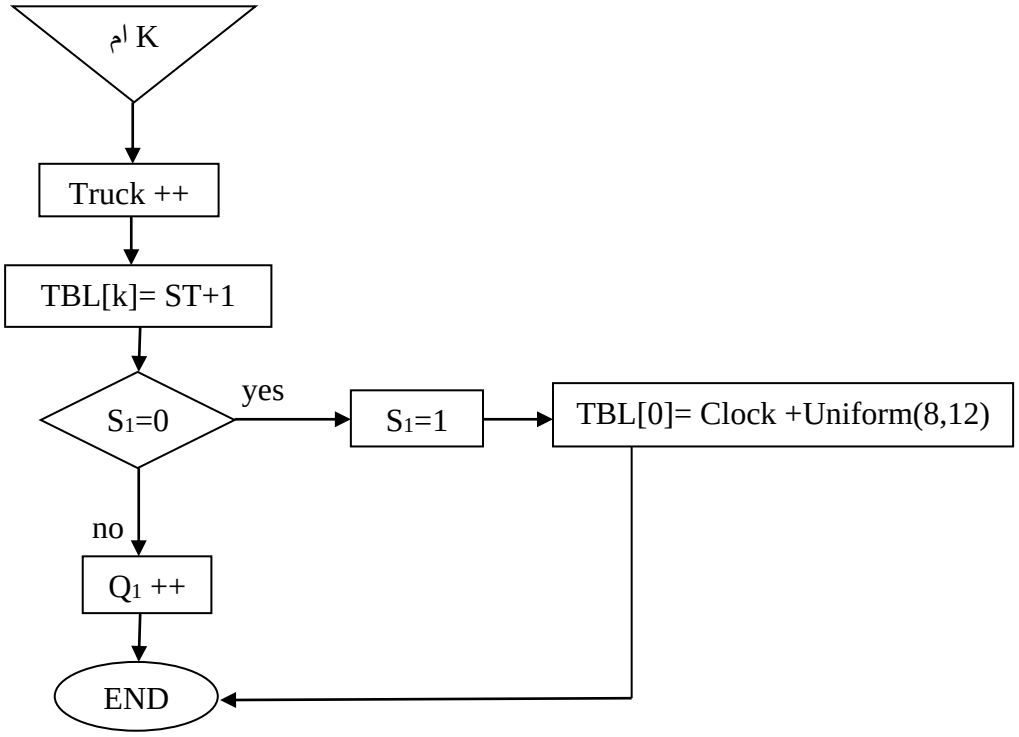


پایان سرویس S_1 :



پایان سرویس S_2:





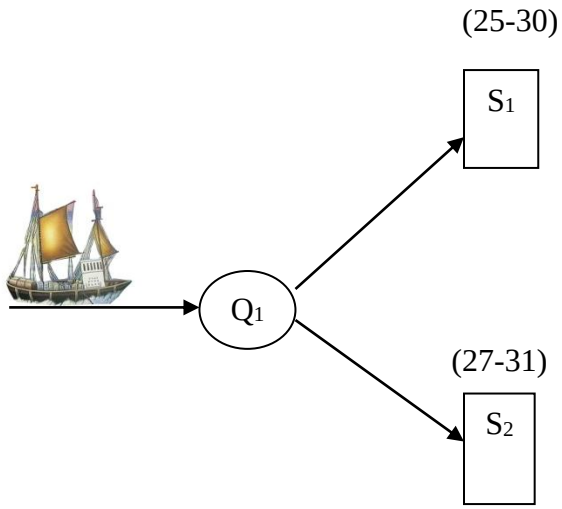
مثال :

در یک لنگرگاه دو بارانداز به شماره های ۱ و۲ وجود دارد که به ترتیب با نرخ تصادفی یکنواخت (۲۵ تا ۳۰) دقیقه و (۲۷ تا ۳۱) دقیقه سرویس می دهند، در این سیستم کشتی ها به طور تصادفی به لنگرگاه وارد شده و به بارانداز می روند که بیکار باشد ؛ اگر چنانچه هر دو بارانداز بیکار باشد کشتی به بارانداز منتقل می شود که زمان بیشتری را در حالت بیکاری گذرانده است نرخ ورود کشتی ها به این لنگرگاه از طریق جدول زیر محاسبه می شود . این سیستم را برای یک روز شبیه سازی نموده و راندمان هر یک از بارانداز ها را حساب کنید و همچنین حداکثر طول صف بارانداز ها را حساب کنید ؟

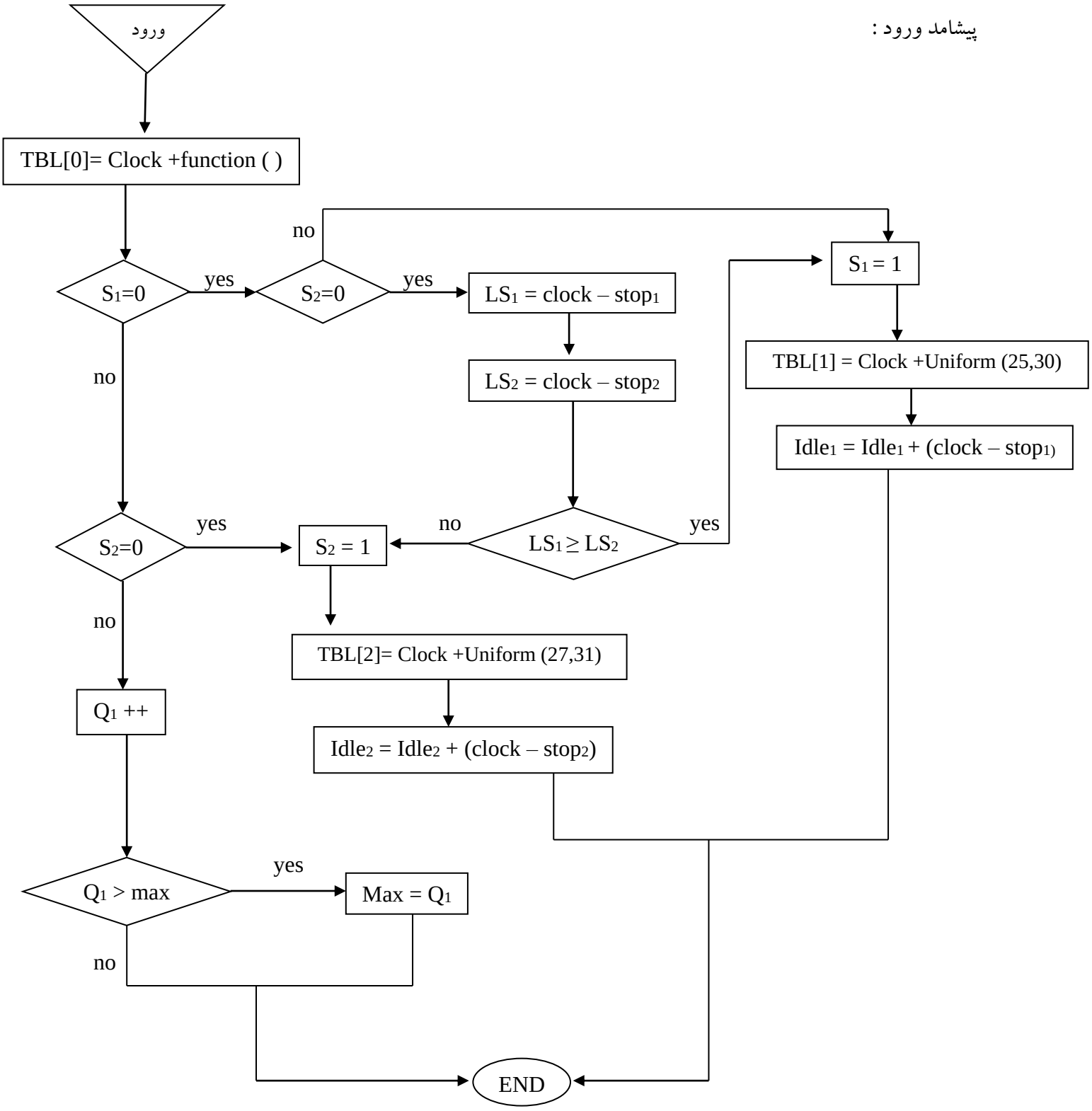
زمان (دقیقه)	۴	۵	۶	۷	۸
درصد	۲۰	۳۵	۵	۲۵	۱۵

$Last\ stop_1 = LS_1$

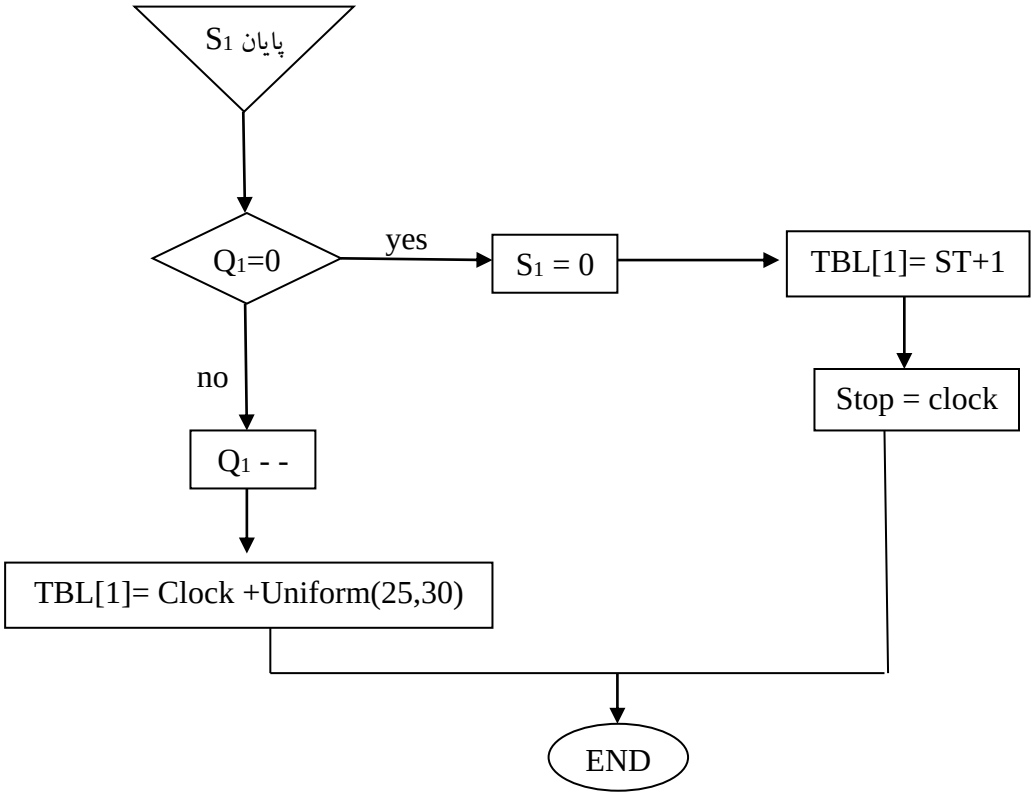
$Last\ stop_2 = LS_2$



پیشامد ورود :


ورود
TBL[0]= Clock +function ( )
S1=0
yes
S2=0
yes
no
LS1 = clock – stop1
LS2 = clock – stop2
S1 = 1
TBL[1] = Clock +Uniform (25,30)
Idle1 = Idle1 + (clock – stop1)
no
S2=0
yes
S2 = 1
no
LS1 ≥ LS2
yes
TBL[2]= Clock +Uniform (27,31)
Idle2 = Idle2 + (clock – stop2)
no
Q1 ++
Q1 > max
yes
Max = Q1
no
END

پایان سرویس S_1 :



پایان سرویس S_2 :