فصل ۴

یافته‌های تحقیق

۴ ۱ مقدمه

این فصل بر ارائه خروجی‌ها و نتایج اجرای مدل شبیه‌سازی - هزینه‌یابی با داده‌های بارگذاری شده از بخش سنگ‌شکن بیمارستان هاشمی نژاد تهران، تمرکز دارد. در ابتدای فصل، مرکز درمانی مورد بررسی در این مطالعه، معرفی می‌شود و سپس به تشریح گام به گام مراحل مدل پیشنهادی در این مرکز درمانی پرداخته می‌شود. همچنین در مورد صحه‌گذاری و اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی و روش‌هایی که به این منظور استفاده شده، توضیح داده می‌شود. در ادامه نیز آزمون‌های آماری که برای تعیین توزیع داده‌های ورودی مدل استفاده شده است، معرفی می‌گردد. در انتها نیز به بررسی یافته‌ها و تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته در تحقیق، پرداخته می‌شود و نتایج حاصل از اجرای سناریوهای مختلف مورد بررسی و بهترین سناریو انتخاب می‌گردد.

۴ ۲ توصیف سیستم مورد مطالعه

تحقیق حاضر در بخش سنگ‌شکن بیمارستان هاشمی‌نژاد واقع در شهر تهران، انجام شده است. این بخش از سال ۱۳۸۲ تاسیس گردیده و خدمات پیشگیری، تشخیص و درمان کلیه سنگ‌های ادراری را با آخرین فناوری دانش پزشکی ارائه می‌دهد. بخش مذکور مجهز به دستگاه سنگ شکن برون اندامی Dornier MedTech بوده که تحت هدایت اشعه X عمل سنگ‌شکنی را انجام می‌دهد. همچنین این واحد دارای چهار نیروی انسانی شامل تکنسین سنگ‌شکن (جهت معاینات ابتدایی موجود در واحد و تشخیص محل سنگ کلیه و انجام عمل)، کارشناس بیهوشی، منشی (جهت پذیرش و ترخیص بیمار) و خدماتی (نیروی خدماتی جهت نظافت و مرتب کردن واحد و همراهی بیماران به اتاق عمل و ریکاوری) می‌باشد. در این بخش خدمات درمانی به بیماران سرپایی و بستری در طی ایام هفته به استثناء جمعه‌ها و سایر ایام تعطیل ارائه می‌گردد. بخش مذکور شامل سه تکسین سنگ‌شکنی بوده که بر اساس یک برنامه زمانبندی از پیش تعیین شده در ایام مختلف هفته در واحد سنگ شکن حضور می‌یابند. جدول ۴- ۱ برنامه زمانبندی این تکنسین‌ها را در روزهای مختلف هفته نشان می‌دهد. ساعات کاری این بخش همه روزه از ساعت ۵:۱۵ شروع شده و تا اتمام سرویس‌دهی به آخرین بیمار پذیرش شده ادامه می‌یابد. همچنین ساعت پذیرش بیماران از ساعت ۵:۳۰ صبح الی ۱۳:۴۵ بعداز ظهر به استثناء پنج‌شنبه‌ها می‌باشد. در روزهای پنج شنبه، پذیرش بیماران تا ساعت ۱۱ می‌باشد. هر روز شامل دو شیفت کاری

برای تکنسین‌ها شامل شیفت اول از ساعت ۶ صبح الی ۱۲ ظهر و شیفت دوم از ساعت ۱۲ ظهر تا زمان اتمام سرویس‌دهی به آخرین بیمار پذیرش شده، می‌باشد.

میزان موفقیت سنگ‌شکنی در این بخش بسیار عالی و قابل مقایسه با بزرگترین مراکز جهان بوده، بطوریکه بیش از ۸۵ درصد بیماران درمان می‌شوند. در این بخش هدف اصلی، درمان بیمار با رعایت اصول استاندارد و ایجاد رضایت کامل وی می‌باشد. در این قسمت به طور مختصر فرآیند ورود بیمار و فعالیت‌های مهم موجود در این واحد جهت درک بهتر سیستم بیان می‌شود.

در این واحد پذیرش بیمار پس از ویزیت پزشک متخصص و معرفی بیمار جهت عمل سنگ‌شکن انجام می‌شود و سپس بیمار با مراجعه حضوری یا تلفنی با بخش سنگ‌شکنی نوبت خود را رزرو می‌کند. توضیحات لازم پس از ویزیت به بیمار داده می‌شود و مدارک درمانی بیمار چک می‌شود. ناشتا بودن بیمار، سابقه مصرف داروهای قلبی، فشار خون و غیره و آمادگی‌های روده‌ای قبل از سنگ شکن و توضیحات دیگر توسط منشی بخش به بیماران داده می‌شود. پس از طی مراحل پذیرش و اتمام کار پذیرش، بیمار به داخل اتاق رختکن جهت تعویض لباس فرستاده شده و سپس در اتاق ریکاوری در وضعیت انتظار برای شروع عمل قرار می‌گیرد. پس از ورود بیمار به اتاق سنگ‌شکنی و انجام معاینات و تشخیص اولیه، داروهای لازم توسط کارشناس بیهوشی به بیمار تزریق شده و بیمار جهت انجام سنگ‌شکنی آماده می‌شود. پس از اتمام عمل، بیمار به اتاق ریکاوری منتقل شده و پس از رفع علائم بیهوشی، از سیستم خارج می‌گردد.

جدول ۴- ۱ برنامه زمانبندی تکنسین‌های سنگ‌شکنی در روزهای مختلف هفته

نام	شنبه	یکشنبه	دوشنبه	سه‌شنبه	چهارشنبه	پنج‌شنبه
تکنسین ۱	شیفت ۱و۲	-	-	شیفت ۲	-	-
تکنسین ۲	-	شیفت ۱	شیفت ۱	شیفت ۱	شیفت ۱و۲	شیفت ۱و۲
تکنسین ۳	-	شیفت ۲	شیفت ۲	-	-	-

در شکل پیوست۱ شمای کلی واحد سنگ‌شکن، جهت درک بهتر سیستم آورده شده است. در این تصویر منابعی که مورد بررسی قرار می‌گیرند یعنی تکنسین‌ها، کارشناس بیهوشی، منشی و خدماتی به نمایش در آمده است. لازم به ذکر است که در شبیه‌سازی سیستم، متخصص بیهوشی و پزشک اورولوژیست به جهت اینکه به طور مستقیم با مراقبت‌های درمانی واحد در ارتباط نبوده، در مدل‌سازی بعنوان یک منبع محسوب نمی‌شوند.

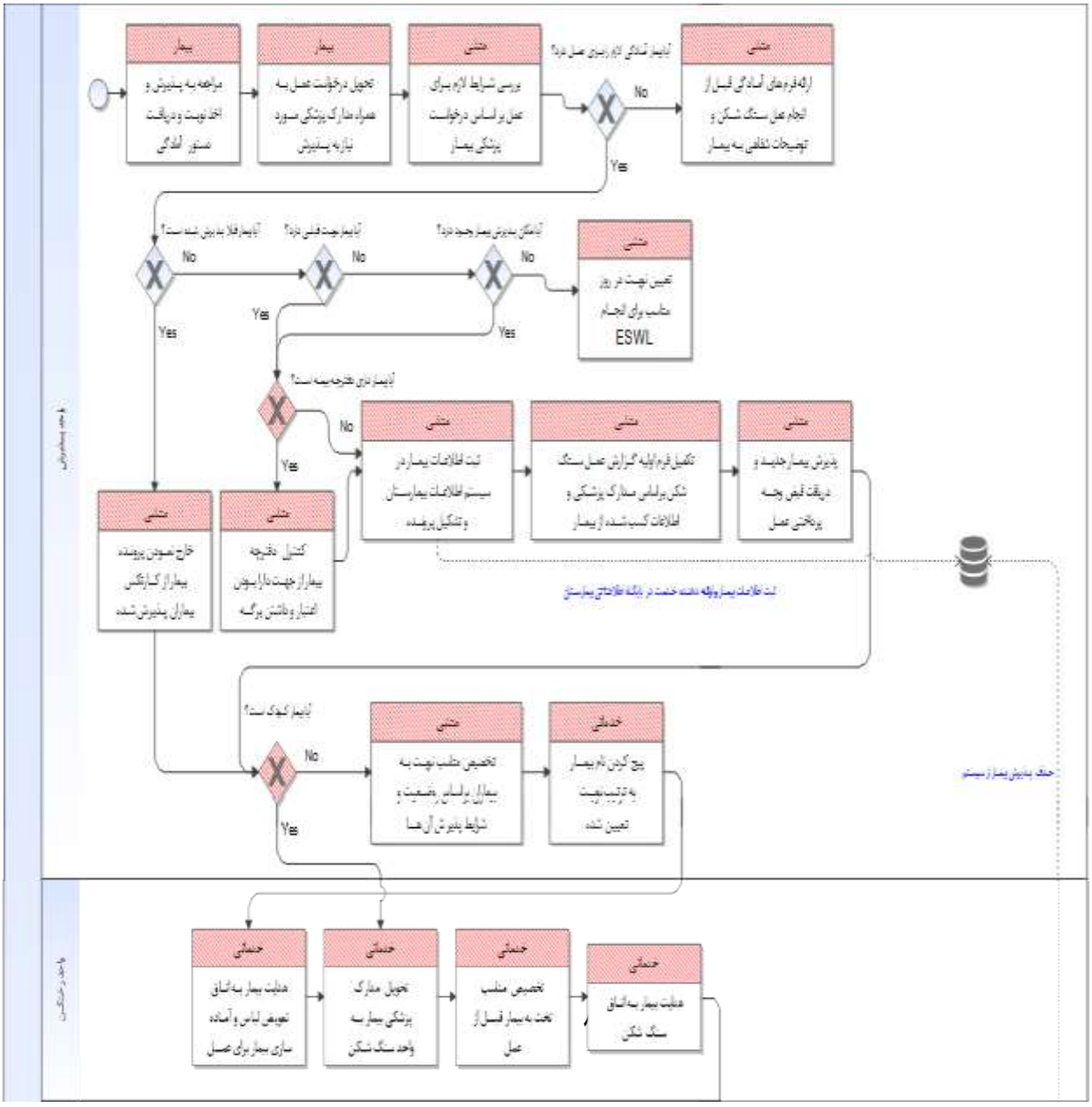
۴ ۳ نتایج مدل شبیه‌سازی - هزینه‌یابی

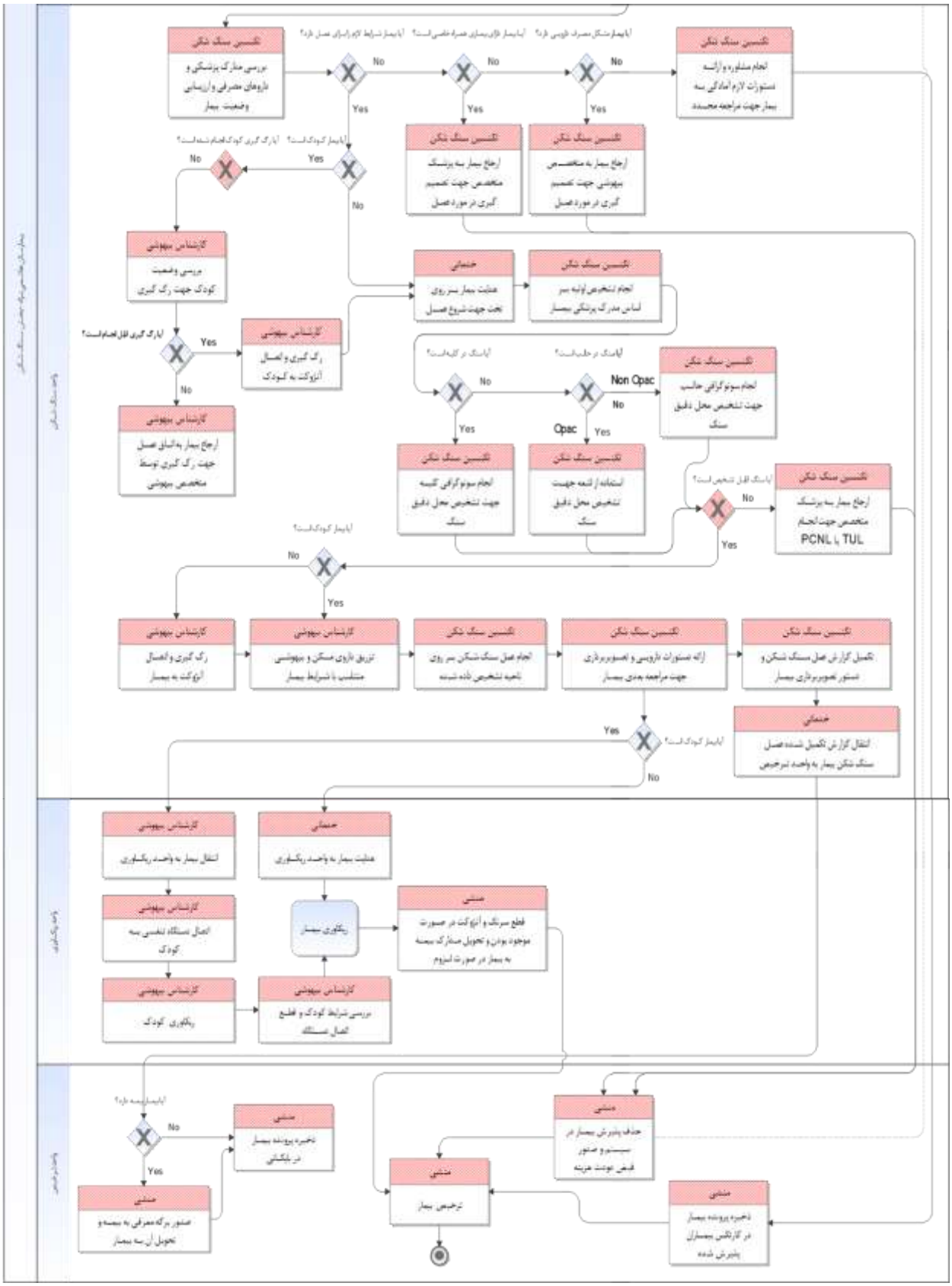
در این بخش کاربرد روش پیشنهادی را در یک مطالعه موردی نشان می‌دهیم. برای این منظور از داده‌ها جمع‌آوری شده مربوط به بخش سنگ‌شکن بیمارستان هاشمی‌نژاد تهران، استفاده شده است. از آنجایی که تعیین هزینه‌های تمام شده در بیمارستان‌ها بر اساس حجم بیماران درمان شده و با توجه به عوامل مختلفی همچون ظرفیت و مهارت پزشکان، تکنسین‌ها و سایر پرسنل درمانی، زمان مورد نیاز برای انجام فعالیت‌های درمانی مختلف و غیره با عدم‌قطعیت همراه می‌باشد، در نظر نگرفتن شرایط عدم‌قطعیت در محاسبه بهای تمام شده خدمات درمانی، ممکن است منجر به نتایج نادرست گردد و هزینه‌ها را اغلب بیشتر و یا کمتر از مقادیر واقعی نشان دهد. از این جهت در این مطالعه با بررسی یک

مطالعه موردی در بخش سنگ‌شکن بیمارستانی که با چنین شرایطی مواجه می‌باشد، سعی شده تا کاربردهای مدل پیشنهادی منطبق با ویژگی‌های موجود در بیمارستان ها و مراکز درمانی، به خوبی تشریح گردد.

۱. مرحله اول: مدل‌سازی مفهومی سیستم

مدل‌سازی مفهومی بیانگر کسب و ایجاد مدل از سیستم واقعی یا پیشنهاد شده می‌باشد، به عبارت دیگر مدل‌سازی مفهومی به معنی حرکت از وضعیت مسئله، از طریق نیازمندی‌های مدل به سمت تعریف آن چیزی است که قرار است مدل شود (Robinson, ۲۰۰۶). در این قسمت ابتدا به حرکت بیمار و خدمات مرتبط با آن که با استفاده از اطلاعات، فلوچارت‌ها، کارکنان واحد و مشاهدات شخصی بدست آمده است، پرداخته می‌شود و سپس وضعیت ورود بیمار و فرآیند درمانی مورد بررسی قرار می‌گیرد. به طور کلی بیماران به صورت سرپایی یا بستری وارد سیستم می‌شوند که بیماران سرپایی به دو نوع بزرگسال و کودک تقسیم‌بندی می‌شوند. بیماران پس از ورود، مسیری را طی می‌کنند که در نمودار جریان حرکت آن‌ها نشان داده شده است. این نمودار منطبق با استاندارد BPMNII و با استفاده از نرم افزار iGrafx ترسیم شده است.

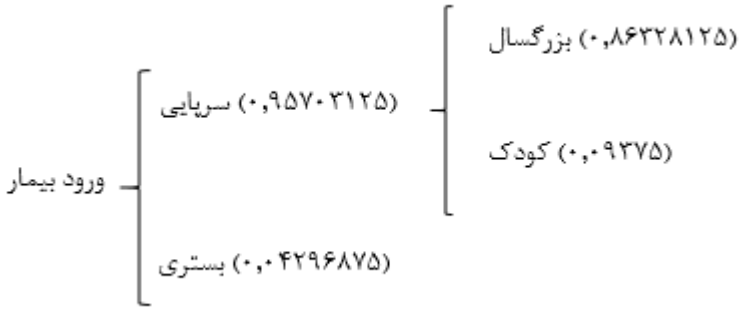




شکل ۴- ۱ نمودار فرآیندی جریان بیمار در بخش سنگ‌شکن بیمارستان هاشمی‌نژاد تهران

ورود بیماران

ورود مشتریان در مراکز خدماتی یا همان ورود بیماران در مراکز درمانی یکی از مسائل مهم مدل‌سازی به شمار می‌آید و نکته آن نرخ ورود متفاوت برای روزهای گوناگون هفته می‌باشد. بیماران هنگام ورود به سه صورت وارد می‌شوند و از همین مسئله جهت تقسیم‌بندی بیماران در مدل‌سازی کامپیوتری نیز استفاده شده است. بیماران به صورت سرپایی یا بستری وارد سیستم می‌شوند که بیماران سرپایی به دو نوع بزرگسال و کودک تقسیم‌بندی می‌شوند. برای درک بهتر ورود بیماران همراه با درصد آن‌ها به صورت نمودار در شکل ۴- ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۴- ۲ تقسیم‌بندی نحوه ورود بیمار

نکته‌ای که در این قسمت وجود دارد، در مورد صف انتظار بیماران است. هنگامی‌که بیماران وارد سیستم شده و منبع مورد نظر اشغال باشد، بر اساس اولویت وضعیت آن‌ها، خدمت‌دهی صورت می‌گیرد. بدین صورت که بیماران کودک به دلیل ناشتا بودن و عدم تحمل این شرایط، در اولویت اول قرار دارند. اولویت سایر بیماران یکسان خواهد بود و تنها نکته‌ای که وجود دارد این است که برای بیماران بستری، قبل از حضور در واحد سنگ‌شکن از طریق بخش مربوطه هماهنگی‌های لازم صورت می‌گیرد، بنابراین این دسته از بیماران در بخش بستری خود به حالت انتظار قرار داشته و در زمان مقرر جهت انجام عمل سنگ‌شکنی وارد سیستم می‌گردند. همچنین شایان به ذکر است که سرویس‌دهی به بیماران کودک از ساعت ۸ صبح آغاز می‌گردد، بدیهی است که این دسته از بیمارانی که قبل از این ساعت پذیرش شده‌اند نیز بایستی تا ساعت ۸ منتظر مانده و از آن ساعت به بعد درصورت اتمام فرآیند درمان بیماری که در داخل اتاق سنگ شکن قرار دارد، تحت عمل سنگ‌شکنی قرار گیرند. علت این امر شرایط خاص این بیماران از جهت آمادگی‌های قبل از عمل و نیز عدم حضور متخصص بیهوشی تا قبل از این ساعت، می‌باشد.

فرآیند درمانی

پس از ورود بیماران، مشخصات، وضعیت و سابقه بیماری آن‌ها توسط منشی بخش ارزیابی شده و درصورتیکه بیمار آمادگی لازم را برای عمل داشته باشد بر اساس نوع بیمار، اولویت‌بندی آن صورت گرفته و در نوبت عمل قرار خواهد گرفت. در این وضعیت بیماران کودک از اولویت بیشتری نسبت به سایر بیماران برخوردار خواهند بود. در این مرحله، لغو پذیرش برای بیمارانی که دارای بیماری‌های همراه نظیر سرماخوردگی، بیماری تنفسی، قلبی و غیره و نیز مشکلات مصرف دارویی هستند، صورت می‌گیرد. در ادامه فرآیند پس از پیج نمودن نام بیمار، انتقال بیمار به اتاق رختکن توسط

نیروی خدماتی بخش، صورت خواهد گرفت. بر اساس شرایط بیمار، بیماران کودک و بستری نیازی به رختکن نخواهند داشت و تنها تعویض لباس برای بیماران سرپایی بزرگسال (بیماران عادی) انجام می‌شود. پس از این مرحله بیمار به اتاق ریکاوری هدایت شده و تا قبل از شروع معاینه و عمل در این وضعیت قرار خواهد داشت. در این مرحله از فرآیند، آمادگی بیمار قبل از عمل صورت می‌گیرد، به جهت اینکه از اتلاف زمان بین ورود بیمار جدید تا خروج بیمار قبلی از اتاق سنگ‌شکنی، جلوگیری بعمل آید. این مرحله صرفا انتظار بیمار قبل از عمل بوده و عملیات درمانی بر روی بیماران انجام نخواهد شد و تنها تخصیص تخت به بیمار صورت گرفته و تا اتمام فرآیند درمانی وی، تخت مربوطه در اختیار بیمار قرار خواهد داشت. پس از این مرحله بیمار وارد اتاق عمل شده و ابتدا تحت معاینه توسط تکنسین سنگ‌شکن، قرار خواهد گرفت. در این وضعیت بیمارانی که دچار بیماری‌های خاص و یا مشکلات مصرف دارویی هستند، از فرآیند خارج خواهند شد و مابقی بیماران وارد مرحله تشخیص می‌شوند. در مرحله تشخیص، محل قرارگیری سنگ توسط تکنسین سنگ‌شکن با استفاده از سنوگرافی یا اشعه X بسته به اینکه سنگ در کلیه باشد یا در حالب، بررسی شده و درصورت تشخیص محل دقیق سنگ، عمل سنگ‌شکنی با تزریق داروی بیهوشی توسط کارشناس بیهوشی مربوطه صورت می‌گیرد. برای درصدی از بیماران، فرآیند درمانی آن‌ها در مرحله تشخیص متوقف می‌شود که چنین مواردی به جهت عدم تشخیص محل دقیق سنگ، صورت می‌گیرد. جدول ۴- ۲ درصد کنسلی‌های مربوط به هر یک از مراحل پذیرش، معاینه و تشخیص را بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده در ارتباط با انواع بیماران، نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که هیچ نمونه‌ای از کنسلی بیماران کودک بعد از پذیرش آن‌ها، مشاهده نشده است.

جدول ۴- ۲ وضعیت کنسلی بیماران با توجه به نوع بیمار و درصد هر یک از آن‌ها

ردیف	نام مرحله درمانی	نوع بیمار	درصد
۱	پذیرش	سرپایی (بزرگسال و کودک)	۰,۰۳۴۳۵۱۱۴۵
۲	پذیرش	بستری	۰
۳	معاینه	بزرگسال	۰,۰۳۰۵۳۴۳۵۱۱
۴	معاینه	کودک	۰
۵	معاینه	بستری	۰,۰۱۵۲۶۷۱۷۵۶
۶	تشخیص	بزرگسال	۰,۰۵۷۲۵۱۹۰۸۴
۷	تشخیص	کودک	۰
۸	تشخیص	بستری	۰,۰۳۸۱۶۷۹۳۸۹

در انتهای فرآیند پس از اتمام عمل، بیمار به ریکاوری انتقال داده می‌شود و پس از برطرف شدن علائم داروهای بیهوشی و stable شدن وضعیت بیمار، ترخیص شده و توضیحات لازم در مورد تعویض لباس و مراجعه جهت کنترل پس از سنگ‌شکنی به بیمار داده می‌شود. لازم به ذکر است که بیماران بستری به ریکاوری نیاز ندارند و تنها در مواردی به جهت انتظار تا رسیدن خدماتی بخش مربوطه جهت انتقال آن‌ها در ریکاوری قرار می‌گیرند. بیماران پس از خروج از ریکاوری و تعویض لباس، در برخی از موارد، مدت زمانی را صرف رفع سوالات احتمالی از منشی و تکنسین سنگ‌شکن، می‌کنند و سپس از سیستم خارج می‌شوند. شایان به ذکر است که بیماران کودک معمولا مدت زمان بیشتری را در

ریکاوری صرف نموده و پس از خروج از ریکاوری و صرف مدت زمان حدود ۱۵ دقیقه، مجددا به تکنسین و یا متخصصی بیهوشی مراجعه کرده و پس از دریافت دستورالعمل‌های لازم بعد از عمل، از سیستم خارج می‌شوند.

۲. مرحله دوم: *جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها*

یکی از اولین گام‌های پروژه شبیه‌سازی شناسایی داده‌هایی است که مدل به آن‌ها نیاز دارد. پیدا کردن داده‌ها و آماده‌سازی آن‌ها برای استفاده در مدل می‌تواند وقت‌گیر، پرهزینه و اغلب ناامیدکننده باشد. همچنین سودمندی و کیفیت داده‌ها می‌تواند در روند مدل‌سازی و سطح جزئیاتی که از مدل خود انتظار دارید، تأثیرگذار باشد (Kelton, ۲۰۰۲). بین ساختن مدل و گردآوری داده‌های ورودی مورد نیاز، رابطه متقابل مداومی وجود دارد. همچنانکه پیچیدگی مدل تغییر می‌کند، عناصر داده‌ای مورد نیاز تغییر می‌کنند. بعلاوه چون گردآوری داده‌ها بخش بزرگی از مجموع مدت زمان مورد نیاز برای انجام شبیه‌سازی را در بر می‌گیرد، لازم است آن را تا حد ممکن زود و معمولا همراه با مراحل اولیه مدل‌سازی آغاز نمود (انتظامی, ۱۳۹۱).

در این مرحله، اطلاعات زمانی مربوط به انجام فعالیت‌های درمانی و همچنین منابع مورد استفاده توسط این فعالیت‌ها و هزینه‌های آن‌ها شناسایی گردیده است. جدول ۴- ۳ اقلام هزینه‌ای مرتبط با واحد سنگ‌شکن را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که استهلاک دستگاه سنگ‌شکن به روش خط مستقیم محاسبه شده است. فعالیت‌های مربوط به بخش سنگ‌شکن در هشت دسته، پذیرش، رختکن قبل از عمل، معاینه، تشخیص، انجام عمل، انتقال به ریکاوری، ریکاوری و رختکن پس از عمل، طبقه‌بندی شده‌اند. اطلاعات مربوط به زمان انجام این فعالیت‌ها با حضور در واحد مورد نظر از طریق روش زمانسنجی توسط کرنومتر در فرم‌های مخصوص جمع‌آوری گردیده است. شکل پیوست۲ نمونه فرم پرشده مربوط به زمانسنجی فعالیت‌های درمانی بخش سنگ‌شکن بیمارستان هاشمی نژاد را نشان می‌دهد. سایر اطلاعات در مورد زمان ورود بیماران و یا نحوه ورود بیمار نیز از طریق سیستم اطلاعات بیمارستان جمع‌آوری گردید. همچنین اطلاعات مربوط به هزینه‌های مصرفی بخش سنگ‌شکن از طریق واحدهای مالی و حسابداری بیمارستان گردآوری شده است.

جدول ۴- ۳ هزینه‌های مرتبط با واحد سنگ‌شکن کلیه

هزینه منابع
مجموع هزینه نیروی انسانی .
تکنسین سنگ شکن
کارشناس بیهوشی
متخصص بیهوشی
منشی
خدماتی
پزشک اورولوژیست
هزینه مواد مصرفی
آمپول میدازولام ۵ میلی

آنژوکت بی بران آبی
سرنگ ۲ سی سی سها
ست سرم - PIKMED
آب مقطر ۵ سی سی
ژل لوبریکانت
گان و شلوار یکبار مصرف
هزینه دستگاه سنگ‌شکن
هزینه تعمیرات دستگاه سنگ‌شکن
هزینه استهلاک دستگاه سنگ‌شکن
هزینه انرژی
سایر هزینه‌ها (ملزومات مصرفی و غیره)

تجزیه و تحلیل داده‌های ورودی

پس از جمع‌آوری داده‌ها گام بعدی بررسی و صحه‌گذاری داده‌ها است. بنابراین پس از آن که داده‌ها گردآوری شد، باید آن‌ها را پردازش و تفسیر نمود.

برخی از اقدامات ابتدایی که لازم است در این خصوص انجام شود عبارتند از:

۱) داده‌ها به دقت جمع‌آوری و ثبت شود؛

۲) داده‌های گردآوری شده را بازبینی کنیم؛

۳) خطاهای احتمالی را اصلاح کنیم؛

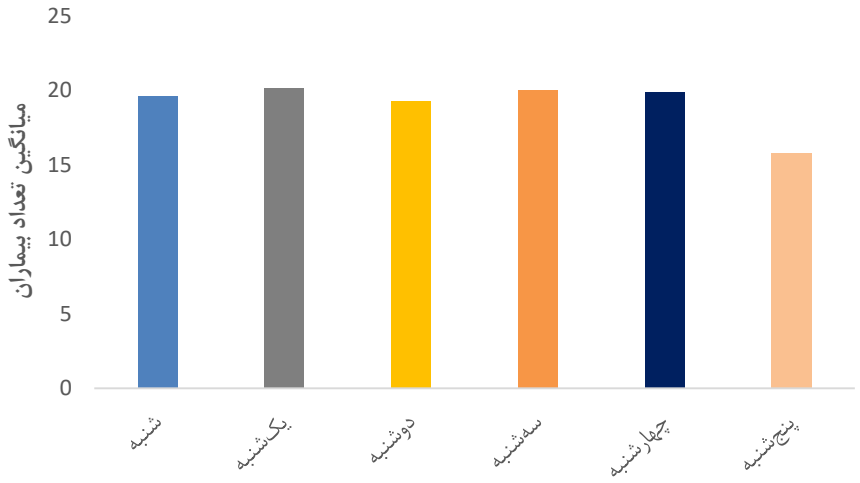
دو دسته پردازش اصلی به طور عمده در تحقیقات مختلف بر روی داده‌ها انجام می‌شود. برای اینکار از آمار توصیفی و آمار استنباطی استفاده می‌گردد.

در آمار توصیفی که معمولا به توصیف داده‌ها می پردازد از شاخص‌های تمایل مرکزی و شاخص‌های پراکندگی برای بیان داده‌های جمع‌آوری شده استفاده می‌شود. برای نمایش و نشان دادن نتایج کار معمولا از جداول توزیع فراوانی بر اساس تعداد موارد مطلق و نسبی، درصد و نیز نمودارهای مختلف هیستوگرام، ستونی یا دایره‌ای استفاده می‌شود. همچنین در این زمینه، استفاده از شاخص‌های پراکندگی مانند واریانس، انحراف معیار، انحراف استاندارد و غیره نیز قابل ذکر است.

در آمار استنباطی به آزمون فرضیه‌های مورد بررسی در تحقیق پرداخته می‌شود. آزمون‌های مختلفی همچون کای اسکوئر، تی- استیودنت، رگرسیون، آنالیز واریانس و غیره در این زمینه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این تحقیق ابتدا وضعیت ورود بیماران در روزهای مختلف هفته مورد بررسی قرار گرفته است. نرخ ورود متفاوت بیمار با توجه به توضیحات و شکل ۴- ۳ کاملا واضح و مشخص می‌باشد. در این قسمت از رگرسیون و رابطه همبستگی جهت بررسی میزان همبستگی میان روزهای مختلف هفته استفاده شده است. جدول ۴- ۴ میزان همبستگی میان نرخ ورود بیماران در روزهای مختلف هفته را نشان می‌دهد. مجموعه نمودارهای موجود در شکل ۴- ۴ نیز

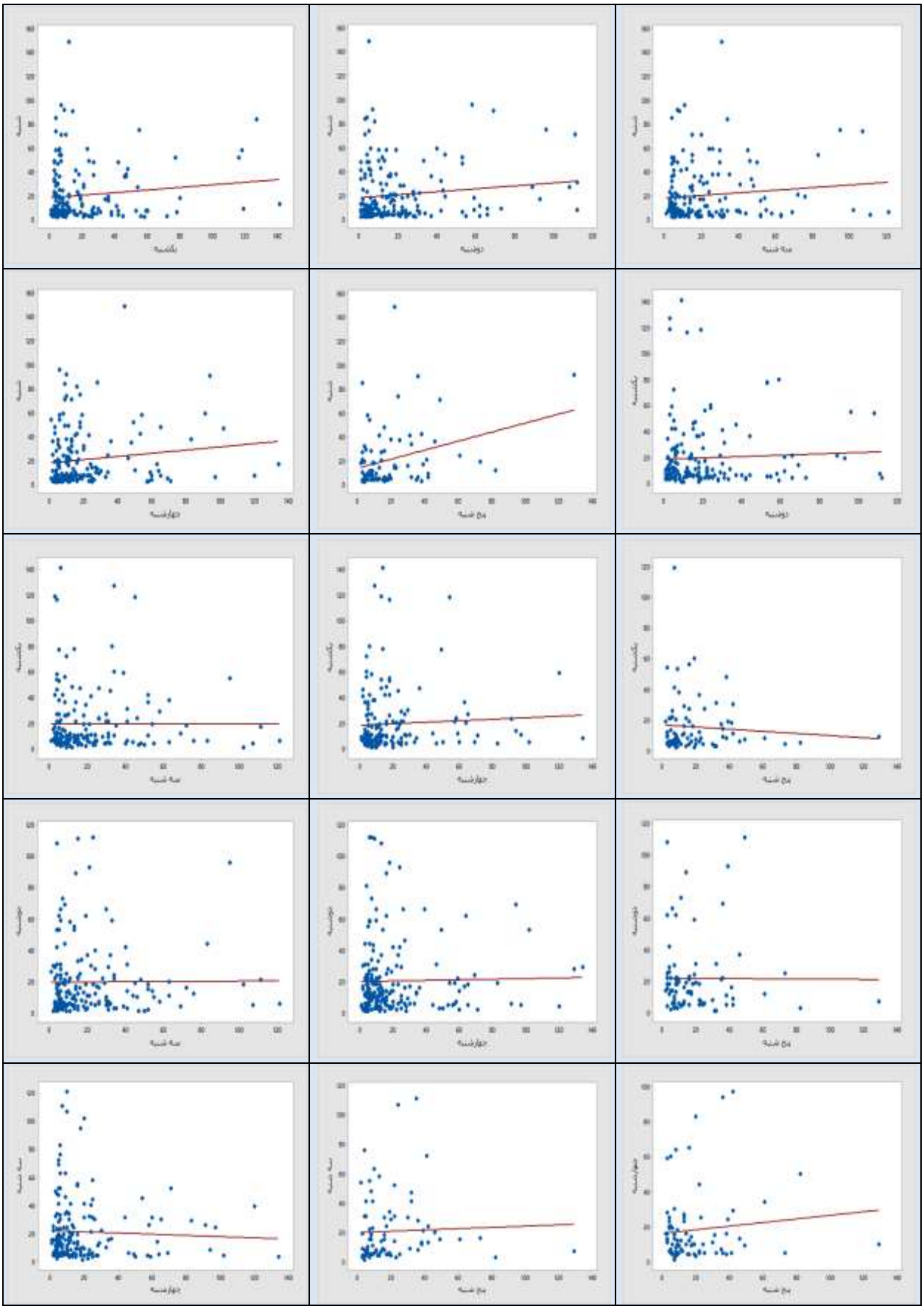
نشان‌دهنده این وضعیت می‌باشند. نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان می‌دهد که همبستگی چندانی میان روزهای مختلف هفته وجود نداشته و داده‌های ورودی کاملا مستقل از یکدیگر می‌باشند.



شکل ۴- ۳ میانگین ورود بیماران در روزهای مختلف هفته

جدول ۴- ۴ میزان همبستگی میان ورود بیماران در روزهای مختلف هفته

شنبه	شنبه	یک‌شنبه	دوشنبه	سه‌شنبه	چهارشنبه	پنج‌شنبه
شنبه	۱	۰,۱۱۵۴۵۳	۰,۱۲۰۴۴۱	۰,۰۹۰۰۷۶	۰,۱۳۲۰۸۸	۰,۳۰۶۶۸
یک‌شنبه	۰,۱۱۵۴۵۳	۱	۰,۰۴۶۳۲	-۰,۰۰۲۵۹	۰,۰۵۴۲۰۷	-۰,۰۷۹۷۳
دوشنبه	۰,۱۲۰۴۴۱	۰,۰۴۶۳۲	۱	۰,۰۰۸۲۸۵	۰,۰۲۰۲۰۷	-۰,۰۰۵۶۱
سه‌شنبه	۰,۰۹۰۰۷۶	-۰,۰۰۲۵۹	۰,۰۰۸۲۸۵	۱	-۰,۰۴۷۸	۰,۰۳۹۵۳۹
چهارشنبه	۰,۱۳۲۰۸۸	۰,۰۵۴۲۰۷	۰,۰۲۰۲۰۷	-۰,۰۴۷۸	۱	۰,۱۰۴۳۲۴
پنج‌شنبه	۰,۳۰۶۶۸	-۰,۰۷۹۷۳	-۰,۰۰۵۶۱	۰,۰۳۹۵۳۹	۰,۱۰۴۳۲۴	۱



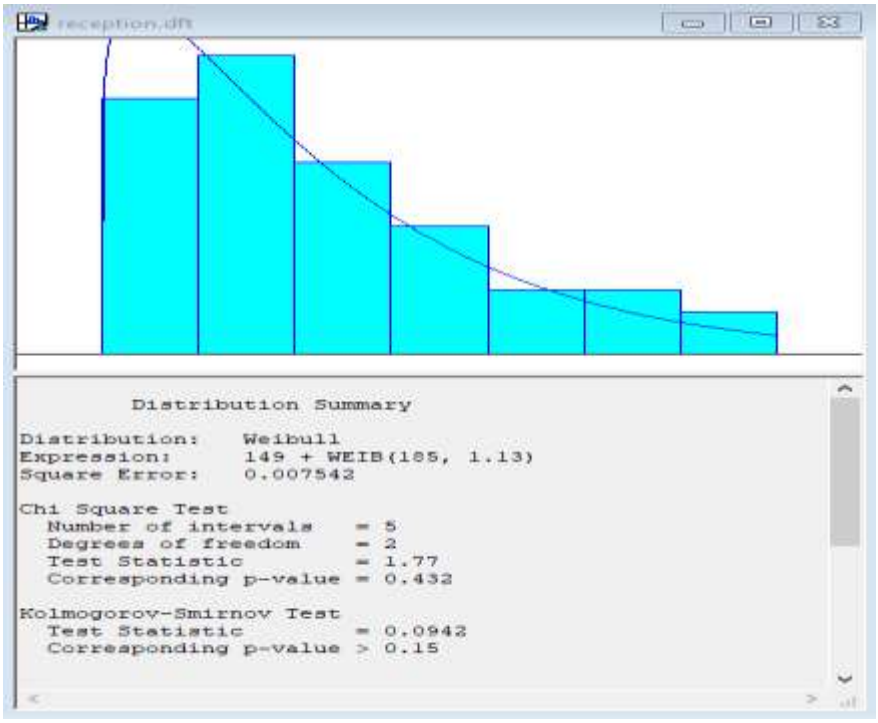
شکل ۴- ۴ نمایش گرافیکی از همبستگی میان ورود بیماران در روزهای مختلف هفته

بررسی توزیع‌های احتمالی مربوط به فعالیت‌های درمانی

جهت بررسی توزیع‌های احتمالی هر یک از فعالیت‌ها، از نرم‌افزار Input Analyzer که به صورت مجزا همراه با بسته نرم‌افزاری ارنا ارائه شده، استفاده شده است. این نرم‌افزار بر اساس سه معیار حداقل مربعات خطا (LSE[1])، پذیرش در آزمون کولموگروف – اسمیرنف[2] و آزمون کای دو[3] و براساس نیاز و وضعیت مدل‌سازی و قابلیت‌های نرم‌افزار، هر یک از این معیارها را جهت انتخاب توزیع زمانی فعالیت‌ها، پیشنهاد می‌دهد (Kelton, ۲۰۰۲). در این قسمت ابتدا نحوه بدست آوردن توزیع احتمالی یکی از فعالیت‌ها توسط این نرم‌افزار بیان شده و سپس توزیع‌های احتمالی مابقی فعالیت‌ها به صورت مجزا و فقط در حد نام بردن توزیع و پارامترها بر اساس نوع تکنسین مربوطه، ارائه می‌گردد.

توزیع احتمالی پذیرش بیماران

در این قسمت به عنوان نمونه، نحوه بدست آمدن توزیع احتمالی مربوط به فعالیت پذیرش بیماران که در هنگام ورود بیماران، توسط منشی صورت می‌ذیرد، بیان می‌گردد. پس از جمع‌آوری داده‌های زمانی مربوط به فعالیت پذیرش بیمار از طریق زمانسنجی، داده‌های مربوطه بر حسب ثانیه بدست آمده و در فایل متنی ذخیره و سپس وارد نرم‌افزار گردید. نتایج حاصل از اجرای نرم‌افزار در هیستوگرامی مطابق با شکل ۴- ۵ حاصل شده است. در این شکل همانطور که مشاهده می‌شود، توزیع وایبول به عنوان بهترین توزیع از نظر کمترین مربعات خطا انتخاب شده است. نرم افزار Input Analyzer بر اساس معیار کمترین مربعات خطا توزیع‌های دیگر را نیز به ترتیب ارائه می‌کند (مطابق با شکل ۴- ۶) که می‌توان در صورت نیاز و با توجه به محدودیت‌ها و وضعیت مدل‌سازی از آن‌ها نیز استفاده نمود.

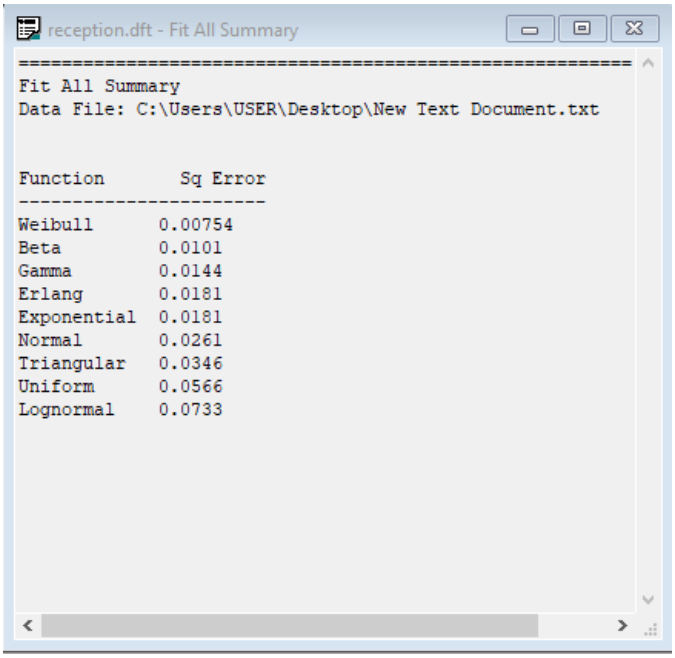


شکل ۴- ۵ نمایی از توزیع وایبول در نرم افزار Input Analyzer برای فعالیت پذیرش

[1] Least Square Error

[2] Kolmogorov–Smirnov Test

[3] Chi Square Test



شکل ۴- ۶ نمایی از بهترین توزیع‌های زمانی نرم افزار Input Analyzer برای فعالیت پذیرش

تابع توزیع ورود بیماران

توزیع‌های احتمالی مربوط به زمان بین دو ورود بیماران در طی روزهای مختلف هفته در جدول ۴- ۵ ارائه شده است.

جدول ۴- ۵ توزیع احتمالی ورود بیماران در روزهای مختلف هفته

روز	توزیع احتمالی
شنبه	۱۲۰+WEIB(۸۷۲،۰،۶۵)
یکشنبه	۶۰+WEIB(۹۶۴،۰،۷۹۲)
دوشنبه	۶۰+GAMM(۱۸۵۰،۰،۶۳۲)
سه شنبه	۶۰+WEIB(۱۱۹۰،۰،۹۵)
چهارشنبه	۶۰+WEIB(۱۰۹۰،۰،۸۸۱)
پنج شنبه	۱۲۰+WEIB(۹۵۸،۰،۸۷۱)

سایر توزیع‌های احتمالی مربوط به فعالیت‌های درمانی

مهمترین توزیع‌های احتمالی استفاده شده در مدل در جدول ۴- ۶ آورده شده است. شایان ذکر است که توزیع‌های زمانی مربوط به فعالیت‌های معاینه، تشخیص، عمل، انتقال به ریکاوری بسته به نوع تکنسین، متفاوت می‌باشد. همچنین این تفاوت در اکثر توزیع‌های زمانی بسته به نوع بیمار نیز وجود داشته که در جدول ۴- ۶ هر یک از این موارد به صورت جداگانه مشخص شده است.

جدول ۴- ۶ توزیع‌های احتمالی مربوط به زمان انجام فعالیت‌های درمانی

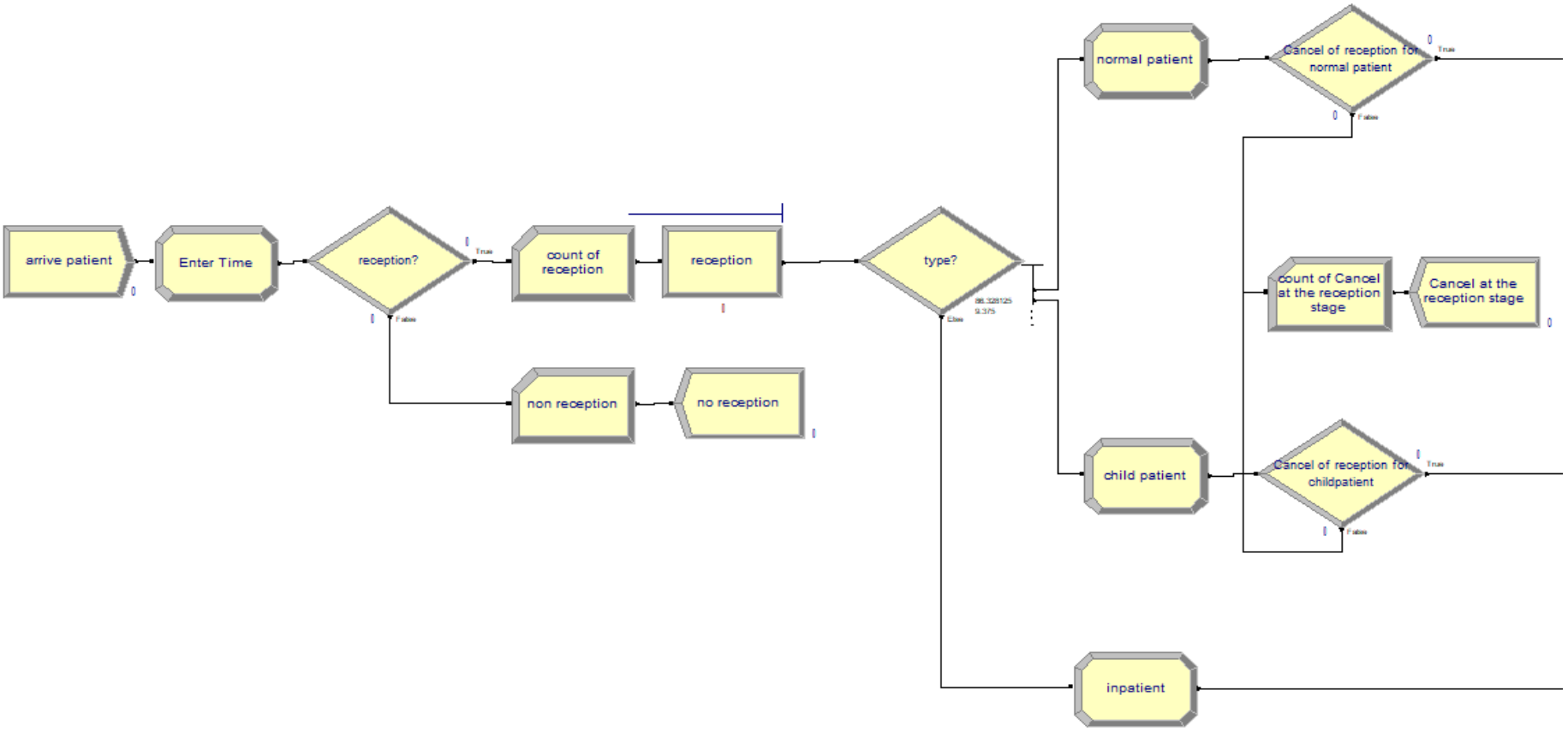
فرآیند	نام تکنسین	توزیع احتمالی
پذیرش	-	۱۴۹+WEIB(۱۸۵،۱،۱۳)
رختکن قبل از عمل (بیمار سرپایی بزرگسال)	-	TRI(۱۰۲،۱۵۰،۴۲۰)
معاینه (کودک)	-	۷+EXPO(۷۳)
تشخیص(کودک)	-	۱۰۷+EXPO(۱۳۰)
عمل سنگ شکن (کودک)	-	۳۳۲+۹۰۸*BETA(۱,۲۳،۱,۵۹)
انتقال به ریکاوری (کودک)	-	NORM(۶۳,۵،۲۲,۸)
معاینه (سرپایی بزرگسال، بستری)	تکنسین۱	۹+WEIB(۷۰,۱،۱,۱۲)
تشخیص(سرپایی بزرگسال، بستری)	تکنسین۱	۱۳۱+WEIB(۱۲۳،۰,۸۱۲)
عمل سنگ شکن (سرپایی بزرگسال، بستری)	تکنسین۱	Norm(۱۴۵۰،۱۶۸)
انتقال به ریکاوری (سرپایی بزرگسال، بستری)	تکنسین۱	۲۳+ERLA(۱۷,۹،۲)
معاینه (سرپایی بزرگسال، بستری)	تکنسین۲	۱۱+WEIB(۸۶,۹،۱,۲۹)
تشخیص(سرپایی بزرگسال، بستری)	تکنسین۲	۸۰+WEIB(۱۴۱،۱,۱۴)
عمل سنگ شکن (سرپایی بزرگسال، بستری)	تکنسین۲	Norm(۱۵۰۰،۱۹۶)
انتقال به ریکاوری (سرپایی بزرگسال، بستری)	تکنسین۲	۲۲+WEIB(۷۴,۴،۱,۵۷)
معاینه (سرپایی بزرگسال، بستری)	تکنسین۳	Norm(۲۰۵،۱۴۷)
تشخیص(سرپایی بزرگسال، بستری)	تکنسین۳	۹۲+WEIB(۹۲,۸،۱,۱۲)
عمل سنگ شکن (سرپایی بزرگسال، بستری)	تکنسین۳	Norm(۱۵۲۰،۱۶۴)
انتقال به ریکاوری (سرپایی بزرگسال، بستری)	تکنسین۳	۳۷+EXPO(۳۹,۷)
ریکاوری بعد از عمل (کودک)	-	۵۶۰+۴۰۰۰*BETA(۰,۹۱،۱,۱۷)
ریکاوری بعد از عمل (سرپایی بزرگسال)	-	۹۵+ERLA(۴۷۳،۲)
ریکاوری بعد از عمل (بستری)	-	-۰,۰۰۱+EXPO(۷۸۱)
رختکن بعد از عمل (سرپایی بزرگسال)	-	NORM(۱۹۳،۹۷,۱)
انتقال به خروجی سیستم (کودک)	-	۲۰+GAMM(۴۵۰۰،۰,۳)

انتقال به خروجی سیستم (سرپایی بزرگسال)	-	۱۰+LOGN(۱۸۰،۶۰۹)
انتقال به خروجی سیستم (بستری)	-	۲۲+WEIB(۳۷،۰،۴۶۶)

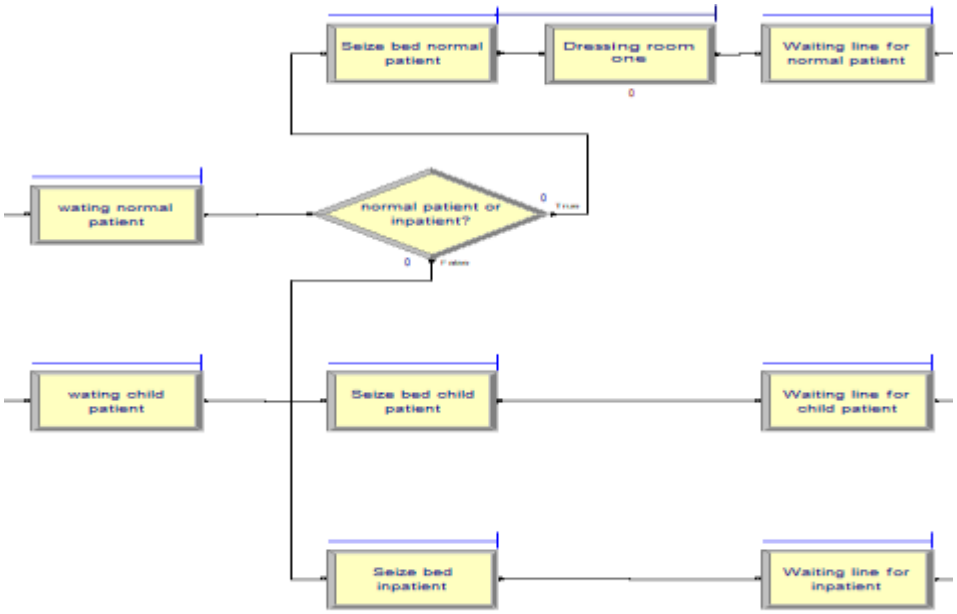
۳. مرحله سوم: ساخت مدل شبیه‌سازی ارنا

ساخت مدل شبیه‌سازی کامپیوتری از مدل مفهومی ایجاد شده، در این مرحله از مدل پیشنهادی صورت می‌گیرد. همانطور که پیش‌تر مطرح شد، جهت انجام مدل‌سازی کامپیوتری از نرم‌افزار شبیه‌سازی ارنا استفاده شده است. در این قسمت جهت درک بهتر روند مدل‌سازی، مدل کامپیوتری در سه قسمت ورود، فرآیند درمان و خروج، به صورت جامع توضیح داده می‌شود.

فرآیند ورود بیمار توسط ماژول Arrive Patient مدل شده است. نرخ ورود بیماران در روزهای مختلف هفته، متفاوت بوده و مطابق با جدول ۴- ۵ تعیین می‌گردد. پس از آن توسط ماژول Enter Time، زمان ورود بیمار به سیستم ثبت می‌شود. در این حالت از پذیرش بیمارانی که خارج از ساعات پذیرش (تایم پذیرش همه روزه تا ساعت ۱۳:۴۵ به استثناء پنج‌شنبه‌ها تا ساعت ۱۱ می‌باشد.) وارد سیستم شده‌اند، جلوگیری بعمل آمده و از طریق ماژول No Reception از سیستم خارج می‌شوند. سایر بیماران پس از ورود به سیستم، درصورت اشغال بودن منشی بخش، در صف پذیرش قرار گرفته و تا شروع فرآیند پذیرش در این وضعیت باقی می‌مانند. سپس برای هر یک از بیماران بر اساس درصدهای مشخص شده که پیش‌تر تعریف گردید، نوع بیمار (کودک، بزرگسال و بستری) مشخص می‌گردد. همچنین بسته به درصد کنسلی بیماران مختلف (جدول ۴- ۲)، برخی از بیماران کودک و عادی از سیستم توسط ماژول Cancel at the reception stage خارج می‌شوند. خروج این دسته از بیماران به معنای کنسلی بیمار در مرحله پذیرش قلمداد می‌شود. نمایی از قسمت ورود بیمار در شکل ۴- ۷ آمده است. ادامه فرآیند بسته به نوع بیماران متفاوت می‌باشد. پس از مشخص شدن نوع بیمار، در صورتیکه حداقل یک تخت خالی در اتاق ریکاوری، وجود داشته باشد، بیمار به قسمت بعدی فرآیند انتقال داده می‌شود. در صورت تکمیل بودن ظرفیت تخت‌های ریکاوری، بیماران در صف انتظار قرار می‌گیرند. در این مدل صف انتظار بیماران بسته به نوع بیمار و شرایط آن‌ها، متفاوت در نظر گرفته شده است. به اینصورت که بیمار کودک تنها در صورتیکه حداقل یک تخت خالی در ریکاوری موجود باشد و تایم فعلی سیستم از ساعت ۸ عبور کرده باشد، می‌تواند تخت مربوطه را اشغال کرده و تا زمان ورود به اتاق سنگ‌شکن و شروع فرآیند معاینه و درمان، در همان وضعیت باقی بماند. برای سایر بیماران (عادی و بستری) این وضعیت تنها در صورت رخ دادن یکی از این حالات، امکان‌پذیر خواهد بود. ۱. درحالتی که حداقل یک تخت خالی وجود داشته و تایم فعلی سیستم در وضعیت قبل از ساعت ۸ قرار داشته باشد و ۲. درحالتی که حداقل یک تخت خالی وجود داشته و بیمار کودکی در صف انتظار تخت وجود نداشته باشد. علاوه براین شروط مطرح شده، در هر یک از ماژول‌های Seize bed نیز اولویت اول اشغال تخت ریکاوری به بیماران کودک، داده شده است. پس از تخصیص تخت، بیمار درصورت عدم مشغول بودن نکنسین و کارشناس بیهوشی به اتاق معاینه و درمان هدایت می‌گردد. قبل از این وضعیت تنها برای بیماران بزرگسال (عادی) جهت آماده‌سازی قبل از عمل و تعویض لباس، انتقال به رختکن صورت می‌گیرد. این مرحله از فرآیند توسط ماژول Dressing room one نشان داده شده است. شکل ۴- ۸ نمایی از قسمت آماده‌سازی بیماران را نشان می‌دهد.

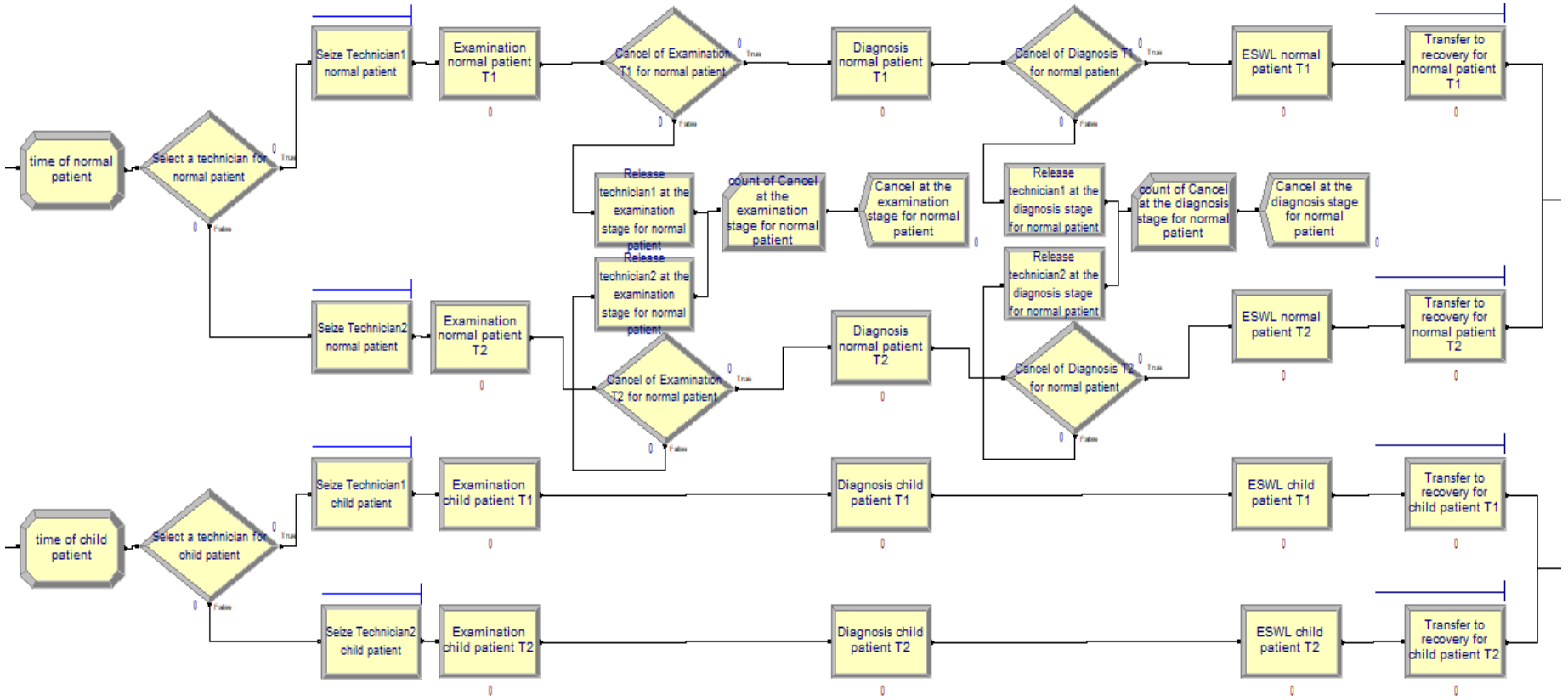


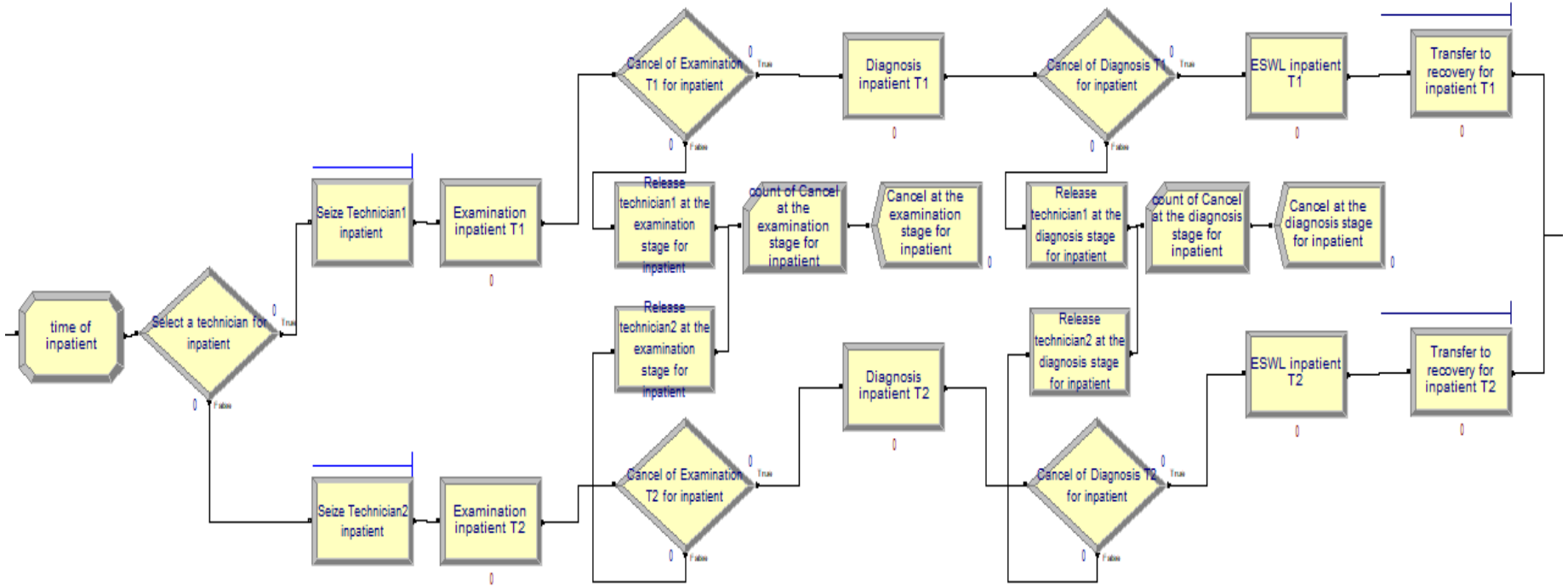
شکل ۴- ۷ نمایی از مدل‌شبیه‌سازی شده ورود بیماران به واحد سنگ شکن



شکل ۴- ۸ نمایی از قسمت آماده‌سازی بیمار در نرم افزار ارنا

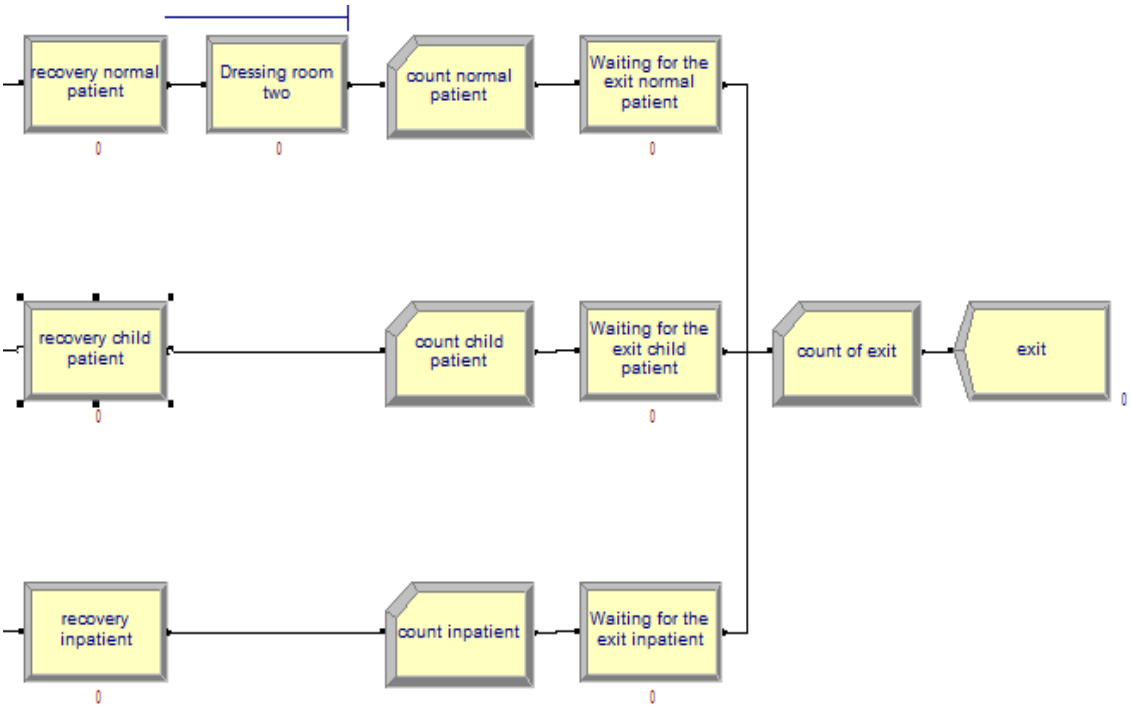
پس از طی مراحل فوق، بیمار وارد مراحل تشخیص و درمان می‌شود. به اینصورت که بیمار در صورت در دسترس بودن تکنسین و کارشناس بیهوشی، وارد اتاق عمل شده و تحت معاینه و درمان قرار می‌گیرد. قبل از این وضعیت، ابتدا همزمان با آزاد شدن منبع مربوطه به جهت اتمام عمل بیمار قبلی، تخصیص بیمار جدید به تکنسین صورت خواهد گرفت. در این مدل بیمار پس از خارج شدن از تخت ریکاوری (خروج از حالت انتظار قبل از عمل) با توجه به تایم فعلی سیستم، تحت معاینه، تشخیص و عمل توسط یکی از تکنسین‌های ۲،۱ و یا ۳ قرار می‌گیرد. پس از طی این مراحل و نیز ارائه دستورات لازم بعد از عمل به همراه بیمار توسط تکنسین مربوطه، بیمار توسط نیروی خدماتی موجود به ریکاوری انتقال داده می‌شود. به جهت اینکه هر روز شامل دو شیفت کاری برای تکنسین‌ها می‌باشد، دو مسیر جداگانه برای ادامه مراحل درمانی بیمار بر اساس هر شیفت کاری درنظر گرفته شده است. همچنین دو برنامه زمانی مختلف برای تکنسین‌های حاضر در شیفت ۱ و ۲ در ماژول Schedule تنظیم شده است. در اینصورت بیمار پس از خروج از حالت انتظار بسته به تایم کنونی سیستم که قبل و یا بعد از ساعت ۱۲ ظهر قرار دارد، وارد یکی از دو مسیر ۱ و ۲ شده (مسیر ۱ نشان‌دهنده شیفت۱ و تکنسین حاضر در شیفت صبح بوده و مسیر ۲ نیز نشان‌دهنده شیفت۲ و تکنسین حاضر در شیفت عصر می‌باشد.) و تحت معاینه و درمان توسط تکنسین حاضر در آن شیفت قرار می‌گیرد. هر بیمار پس از ورود به اتاق سنگ‌شکن (معادل اخذ تکنسین و بیهوشی در ماژول‌های Seize Technician)، مراحل معاینه، تشخیص و عمل سنگ‌شکن را به ترتیب طی می‌نماید. با توجه به نوع تکنسین حاضر در هر یک از شیفت‌های کاری، زمان هر یک از مراحل ذکر شده، متفاوت خواهد بود (جدول ۴- ۶). پس از اتمام عمل سنگ‌شکن، آزاد شدن منابع (تکنسین شیفت ۱ یا ۲ و کارشناس بیهوشی) در ماژول‌های ESWL صورت می‌گیرد. همچنین بر اساس درصد کنسلی بیماران مختلف (جدول ۴- ۲) در هر یک از مراحل معاینه، تشخیص، برخی از بیماران عادی و بستری از سیستم خارج می‌شوند. خروج این دسته از بیماران بیانگر کنسلی بیمار در مرحله معاینه و یا تشخیص می‌باشد. با خروج بیمار از سیستم تخت اختصاص یافته به وی نیز آزاد شده و مطابق با آنچه بیان شد، توسط بیمار دیگری از صف انتظار اشغال می‌گردد. آزاد شدن تخت در ماژول‌هایی با نام ابتدایی Release technician صورت می‌گیرد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود شکل ۴- ۹ گویای این فرآیند می‌باشد.


time of normal patient
Select a technician for normal patient
Seize Technician1 normal patient
Examination normal patient T1
Cancel of Examination T1 for normal patient
Diagnosis normal patient T1
Cancel of Diagnosis T1 for normal patient
ESWL normal patient T1
Transfer to recovery for normal patient T1
Release technician1 at the examination stage for normal patient
count of Cancel at the examination stage for normal patient
Cancel at the examination stage for normal patient
Release technician1 at the diagnosis stage for normal patient
count of Cancel at the diagnosis stage for normal patient
Cancel at the diagnosis stage for normal patient
Seize Technician2 normal patient
Examination normal patient T2
Release technician2 at the examination stage for normal patient
Cancel of Examination T2 for normal patient
Diagnosis normal patient T2
Release technician2 at the diagnosis stage for normal patient
Cancel of Diagnosis T2 for normal patient
ESWL normal patient T2
Transfer to recovery for normal patient T2
time of child patient
Select a technician for child patient
Seize Technician1 child patient
Examination child patient T1
Diagnosis child patient T1
ESWL child patient T1
Transfer to recovery for child patient T1
Seize Technician2 child patient
Examination child patient T2
Diagnosis child patient T2
ESWL child patient T2
Transfer to recovery for child patient T2



شکل ۴- ۹ نمایی از مدل شبیه‌سازی شده فرآیند درمانی بیمار در نرم‌افزار ارنا

در انتهای فرآیند پس از اتمام عمل سنگ‌شکنی، بیمار مجددا به اتاق ریکاوری هدایت می‌گردد و تا زمان رفع علائم بیهوشی در آن وضعیت باقی می‌ماند. به سبب اینکه تخت ریکاوری پیش از عمل به بیمار اختصاص یافته است، نیاز به بررسی شرط در دسترس بودن تخت در این قسمت وجود نخواهد داشت. توزیع زمانی ریکاوری، بسته به نوع بیمار متفاوت می‌باشد. بیماران بستری به ریکاوری نیاز ندارند و تنها در مواردی به جهت انتظار تا رسیدن خدماتی بخش مربوطه جهت انتقال آن‌ها، مدت زمان کوتاهی را در ریکاوری قرار می‌گیرند. بیماران کودک به جهت شرایط خاص آن‌ها، معمولا مدت زمان بیشتری را در ریکاوری صرف می‌کنند. از این جهت، سه ماژول Recovery با توزیع‌های زمانی مختلف برای ریکاوری بیماران گوناگون درنظر گرفته شده است. بیماران پس از اتمام ریکاوری، مدت زمانی را صرف امور مختلف کرده و سپس از سیستم خارج می‌شوند. این وضعیت نیز بسته به نوع بیمار متفاوت خواهد بود. بیماران کودک معمولا مدت زمان بیشتری را پس از خروج از ریکاوری تا خروج نهایی از سیستم طی می‌نمایند. ماژول‌های با نام ابتدایی Waiting for the Exit نشان‌دهنده این وضعیت می‌باشند. لازم به ذکر است که بیماران عادی پس از خروج از ریکاوری مدت زمانی را جهت تعویض لباس در ماژول Dressing room two سپری می‌کنند و سپس از سیستم خارج می‌شوند. قبل از خروج نیز تعداد هر نوع از بیماران در ماژول‌های Count ثبت می‌شود. شکل ۴- ۱۰ نمایی از قسمت خروج بیمار را نشان می‌دهد.



شکل ۴- ۱۰ نمایی از خروج بیمار در نرم‌افزار ارنا

فرضیات درنظرگرفته شده در مدل شبیه‌سازی

۱. زمان حرکت بین مراحل مختلف صفر یا بعضا در درون فرآیندها در نظر گرفته شده است. به استثناء مواردی از قبیل انتقال بیمار به ریکاوری و نیز خروج بیمار از سیستم که درنظر گرفتن توزیع‌های زمانی این موارد در مدل‌سازی حائز اهمیت بوده است.
۲. جنسیت بیماران در مدل یکسان در نظر گرفته شده است.
۳. کارهای جانبی منابع انسانی این واحد، از قبیل فعالیت‌های منشی جهت بایگانی پرونده‌ها و غیره در مدل‌سازی محسوب نشده‌اند.

اجرای مدل شبیه‌سازی

پس از ساخت مدل شبیه‌سازی و بارگذاری آن با توزیع‌های احتمالی مربوط به زمان انجام فعالیت‌ها، مدل تکمیل شده برای هر روز کاری و بر اساس برنامه زمانی تکنسین‌ها در شیفت‌ها و روزهای مختلف هفته (جدول ۴- ۱)، در ۵۰ تکرار اجرا شد و نتایجی زیر بدست آمد. جدول ۴- ۷ نتایج حاصل از اجرای مدل را برای وضعیت فعلی سیستم در روزهای مختلف هفته بر اساس معیارهای تعیین شده در بخش ۲-۵-۲ نشان می‌دهد (واحد زمانی ارقام جدول به ثانیه می‌باشد.). همچنین شکل ۴- ۱۱ میزان بهره‌برداری از تکنسین‌ها را در شیفت ۱ و۲ (صبح و عصر) و در ایام مختلف هفته نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که در سیستم فعلی، روزهای شنبه و پنج شنبه، دارای یک شیفت کاری در بازه زمانی ۶ صبح تا پایان سرویس‌دهی، می‌باشند.

جدول ۴- ۷ نتایج حاصل از اجرای مدل شبیه‌سازی در روزهای مختلف هفته

معیارهای کلیدی عملکرد	شنبه	یکشنبه	دوشنبه	سه شنبه	چهارشنبه	پنج شنبه
متوسط تعداد بیمار خروجی	۱۹,۶۴	۲۱,۰۸	۱۹,۴۸	۲۰,۳۶	۱۹,۷۲	۱۶,۷۶
متوسط تعداد کنسلی در روز	۲,۸	۲,۷۲	۳,۱۶	۲,۴۴	۲,۸	۲
متوسط زمان انتظار	۶۲۲۷,۶۸	۶۸۵۸,۲۹	۵۵۳۲,۰۶	۵۱۹۵,۵۲	۵۶۱۹,۷۵	۵۴۷۹,۰۱
متوسط طول مدت اقامت	۹۴۲۸,۲۹	۱۰۳۳۸,۰۱	۸۸۵۵,۳۱	۸۵۰۹,۱	۸۸۸۰	۸۳۴۷,۲۲
میزان بهره‌گیری از کارشناس بیهوشی	۰,۹۱۹۷۴۱	۰,۹۴۳۴۶۴	۰,۸۹۵۵۲	۰,۹۳۲۳۵۹	۰,۹۳۱۶۶۵	۰,۹۴۱۲۵۱
میزان بهره‌گیری از تخت	۰,۸۸۵۶۸	۰,۹۱۱۶۵۵	۰,۸۳۶۰۴	۰,۸۸۹۶۸۶	۰,۸۸۷۵۲۲	۰,۸۹۶۵۸۴
میزان بهره‌گیری از تکنسین شیفت ۱	۰,۹۱۹۷۴۱	۰,۹۵۵۰۲۷	۰,۹۱۱۲۱۸	۰,۹۲۷۶۶۷	۰,۹۴۰۶۱۷	۰,۹۴۱۲۵۱
میزان بهره‌گیری از تکنسین شیفت ۲		۰,۹۲۵۶۷۳	۰,۹۱۹۶۸۲	۰,۹۳۸۱۳۳	۰,۹۲۳۷۸۳	
متوسط زمان پایان سرویس‌دهی	۳۹۸۵۷,۴۶	۴۲۹۵۰,۰۷	۴۱۷۸۲,۵۹	۴۰۵۶۵,۳۸	۴۰۱۳۹,۹۱	۳۴۱۱۲,۰۵