



ارائه چارچوبی برای حل مسائل Dynamic MCDM در شرایط فازی (مطالعه موردی: اورژانس و تریاژ بیماران)

علیرضا علی نژاد

دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، قزوین، ایران

Email: alalinezhad@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۲۹ * تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۱۹

چکیده

در مدل‌های کلاسیک تصمیم‌گیری چندمعیاره، فرض بر این است که هنگام گرفتن یک تصمیم، تصمیم‌گیرنده مجموعه ثابتی از معیارها را از پیش تعریف و با تصویر روشنی از همه گزینه‌های موجود، گزینه‌های ثابتی را ارائه کرده است، سپس با محاسبه امتیاز هر گزینه و ایجاد یک رتبه‌بندی، در پایان گزینه‌های که دارای حداکثر امتیاز است را انتخاب می‌کند. اما در دنیای واقعی و شرایط پویا، تصمیم در یک محیط دائماً در حال تغییر (پویا) گرفته می‌شود و گزینه‌های موجود در طی دوره‌های زمانی می‌توانند تغییر کنند. این نوع تصمیم‌گیری که آن را تصمیم‌گیری پویا می‌نامیم در بسیاری از زمینه‌ها از جمله نظامی، پزشکی، مدیریت، ورزش و موقعیتهای اورژانسی کاربرد دارد. این مقاله به ارائه چارچوبی انعطاف‌پذیر برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا، براساس تئوری مجموعه‌های فازی و روش ویکور می‌پردازد که به منظور ایجاد روشی عقلانی، علمی و سیستماتیک برای اولویت‌بندی بیماران در بخش اورژانس و تحت شرایط فازی انجام شده و در آن عدم قطعیت و ابهام فازی توسط متغیرهای زبانی (با اعداد فازی مثلثی) توصیف شده است.

کلمات کلیدی: تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا، روش ویکور، متغیرهای زبانی، اعداد فازی مثلثی، بخش اورژانس، اولویت‌بندی بیماران.

۱- مقدمه

با پیچیده‌تر شدن سیستم‌های موجود اهمیت سیستم‌های پویا بسیار گسترده‌تر از گذشته شده است؛ تصمیم‌گیری در سیستم‌های پویا می‌تواند ضامن رشد، بقا و حتی نابودی سیستم‌ها شود. امروزه اکثر تصمیمات در دنیای واقعی در یک محیط پویا گرفته می‌شوند. بنابراین لازم است تا چارچوب مناسبی برای این نوع تصمیمات به وجود آید. ما در این مقاله به دنبال یافتن چارچوبی برای این نوع تصمیم‌گیری هستیم. در مدل‌های کلاسیک تصمیم‌گیری چند معیاره، فرض بر این است که هنگام گرفتن یک تصمیم، تصمیم‌گیرنده مجموعه ثابتی از معیارها را از پیش تعریف و با تصویر روشنی از همه گزینه‌های موجود، گزینه‌های ثابتی را ارائه کرده است، سپس با محاسبه امتیاز هر گزینه و ایجاد یک رتبه‌بندی، در پایان گزینه‌ای که دارای حداکثر امتیاز است را انتخاب می‌کند؛ اما در شرایط پویا، مسئله بدین صورت است که تصمیم‌گیری در یک محیط دائماً در حال تغییر (پویا) گرفته می‌شود و گزینه‌های موجود در طی دوره‌های زمانی می‌توانند تغییر کنند. همچنین در تحقیقات انجام شده در زمینه تصمیم‌گیری چندمعیاره، ماتریس‌های تصمیم‌گیری در آنها به صورت ایستا بوده یعنی اوزان شاخص‌ها و مقادیر گزینه‌ها به ازای هر شاخص تماماً متعلق به یک دوره زمانی بوده و تغییر این موارد در طی دوره‌های گذشته یا آتی به صورت چند دوره‌ای کمتر مدنظر قرار گرفته است. در حالیکه کاملاً مشهود است تمام اطلاعات مربوط به ماتریس‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه می‌توانند با گذر زمان تغییر نمایند و لزوماً مقادیرشان در طی چند دوره زمانی ثابت نیستند؛ از این رو این موارد به طور جدی می‌توانند در روند تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی گزینه‌ها موثر باشد.

تصمیم‌گیری با شرایط فوق که آن را تصمیم‌گیری پویا در شرایط عدم قطعیت می‌نامیم، در بسیاری از زمینه‌ها از جمله زمینه‌های نظامی، پزشکی، مدیریت، ورزش و موقعیت‌های اورژانسی کاربرد دارد. در بیمارستان‌ها و مراکز درمانی به فرآیند اولویت‌بندی بیماران براساس شدت بیماری، جهت انجام بهترین اقدامات درمانی در کمترین زمان ممکن سامانه تریاژ^۱ اطلاق می‌شود. مسئله اصلی ما ارائه چارچوبی برای تصمیم‌گیری در یکی از انواع رایج تریاژ (تریاز ۵ سطحی آمریکایی (ESI))^۲ می‌باشد. به فرآیند اولویت‌بندی بیماران براساس شدت مشکل جهت انجام بهترین اقدامات درمانی در کمترین زمان ممکن تریاژ اطلاق می‌شود که اساس ویزیت و ارائه مراقبت‌های اولیه بیماران در بخش اورژانس را تشکیل می‌دهد. تریاژ مناسب باعث افزایش کیفیت خدمات مراقبتی بیماران، افزایش رضایت‌مندی، کاهش زمان انتظار و اقامت بیماران، کاهش موارد مرگ و میر، افزایش راندمان و کارایی بخش‌های اورژانس به موازات کاهش هزینه‌های مربوطه خواهد شد (Safari and et al., 2014).

واژه تریاژ نخستین بار در سال ۱۸۰۰ میلادی توسط یکی از پزشکان ارتش ناپلئون^۳ به نام دکتر دومینیک جان لری^۴ جهت مشخص کردن اولویت‌بندی و نحوه درمان سربازان زخمی در جنگ به کار برده شد. از اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی کشورهای متعددی به طراحی و ارائه سیستم‌های تریاژ پرداختند، تا اینکه در اواخر دهه ۱۹۹۰ و اوایل دهه ۲۰۰۰، سیستم‌های پنج سطحی تریاژ ایجاد و معرفی شدند. از بین این سیستم‌ها، سیستم تریاژ استرالیا، کانادا، منچستر و شاخص شدت اورژانسی بودن (ESI) بیشترین مقبولیت را کسب کردند (Safari and et al., 2014). فرآیند تریاژ زمانی معنا پیدا می‌کند که اولاً منابعی برای خدمت‌رسانی موجود باشد، ثانیاً تعادل نسبی بین عرضه و تقاضای منابع برقرار نباشد و ثالثاً برنامه مشخصی برای اولویت‌بندی بیماران تعریف شده باشد. در نتیجه باید سامانه و روشی مشخص برای تریاژ تعریف شده باشد (دستورالعمل اجراء و اصول راه-اندازی سامانه تریاژ بیمارستانی در بخش اورژانس، ۱۳۹۴).

چن و همکاران در سال (۲۰۱۰)، یک چارچوب تحلیلی برای آنالیز مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا^۵ (DMCDA) را به عنوان یک توسعه از آنالیز تصمیم‌گیری چندمعیاره ایستای کلاسیک ارائه کردند. روند پژوهش به گونه‌ای است که بررسی اجمالی بر آنالیز مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره^۶ (MCDA) و مقدمه‌ای بر (DMCDA) بیان گردیده و سپس، استراتژی‌های تجمعی

^۱ Triage

^۲ Emergency Severity Index (ESI)

^۳ Napoleon

^۴ Dominique Jean Larry

^۵ Dynamic Multiple Criteria Decision Analysis (DMCDA)

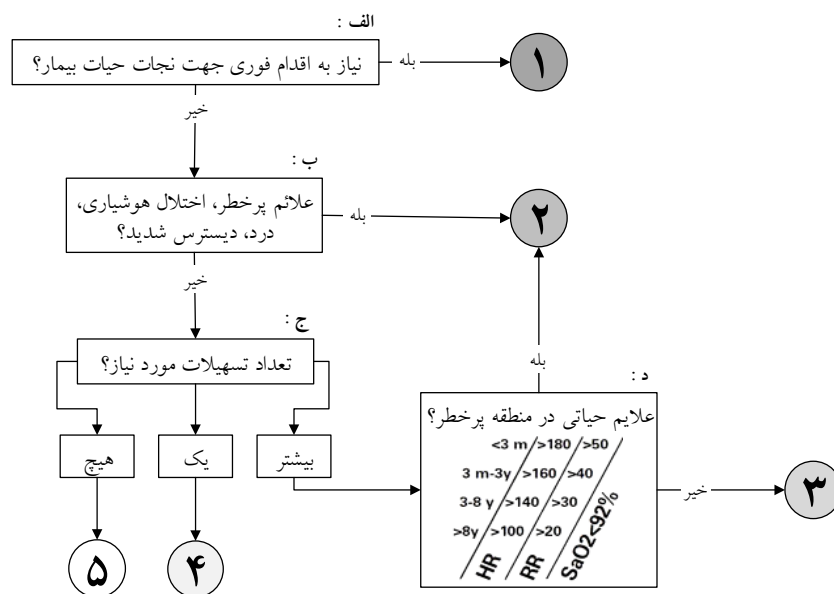
^۶ Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA)

مختلف طراحی شده‌اند و یک چارچوب تجزیه و تحلیل کلی از (DMCDA) با جزئیات، شرح داده شده است. پس از آن، یک مطالعه موردی مدیریت اورژانس با استفاده از داده‌های پایگاه بلایا و حوادث مدیریت اورژانس استرالیا^۷ (EMA) فراهم گردیده است تا شدنی بودن روش آنالیز پیشنهادی را نشان دهد.

طبق تحقیقات آشور و اکودن^۸ در سال (۲۰۱۲) فرآیند تریاژ متکی بر تعامل پرستار با بیمار و سپس طبقه‌بندی آنها براساس شدت بیماری است. آنها الگوریتم فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی^۹ (FAHP) و تئوری مطلوبیت چندشاخصه^{۱۰} (MAUT) را برای رتبه‌بندی بیماران با توجه به ویژگی‌هایشان از جمله شکایت اصلی مراجعه، سن، جنس، شدت درد و علائم حیاتی به کار بردند. همچنین این الگوریتم برای یک نمونه از مجموعه داده‌های بالینی از بیمارستان ساسکوهنا ویلیام اسپورت^{۱۱} به کار برده شده است. ضمن آنکه چانگ^{۱۲} در سال (۲۰۱۴) نیز براساس مفاهیم مجموعه‌های فازی و با استفاده از روش ویکور چارچوبی علمی و سیستماتیک برای ارزیابی کیفیت خدمات بیمارستان‌ها تحت شرایط عدم قطعیت (فازی) ارائه داد.

در الگوریتم ESI، چهار نقطه تصمیم‌گیری وجود دارد که در شکل (۴) نشان داده شده است: نقطه تصمیم‌گیری (الف): «در حال مرگ بودن بیمار و یا نیازمند اقدامات فوری و نجات‌دهنده حیات» که در این صورت در سطح ۱ قرار می‌گیرد.

نقطه تصمیم‌گیری (ب): «منتظر ماندن بیمار» (شامل: علائم پرخطر، اختلال هوشیاری، درد، دیسترس شدید؟) که در این صورت در سطح ۲ قرار می‌گیرد.



شکل شماره (۴): الگوریتم تریاژ ESI (Gilboy et al., 2012)

نقطه تصمیم‌گیری (ج): در صورت عدم وجود شرایط (الف) و (ب) تسهیلات مورد نیاز بیمار در اورژانس جهت تعیین تکلیف بیمار تخمین زده می‌گردد. نیاز بیمار به دو یا بیشتر از تسهیلات اورژانس، در صورت عدم اختلال در علائم حیاتی، بیمار را در سطح ۳ قرار می‌دهد. نیاز بیمار به یکی از تسهیلات اورژانس بیمار را در سطح ۴ قرار می‌دهد و بیماری که نیاز به استفاده از تسهیلات اورژانس ندارد، در سطح ۵ قرار می‌گیرد.

⁷ Emergency Management Australia (EMA)

⁸ Ashour and Okudan

⁹ Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)

¹⁰ Multi Attribute Utility Theory (MAUT)

¹¹ Susquehanna Health's William Sport

¹² Chang

نقطه تصمیم‌گیری (د): در صورتی که تسهیلات مورد نیاز بیمار طبق تعریف دو و یا بیشتر باشد، در این مرحله باید علایم حیاتی بیمار جهت طبقه‌بندی در نظر گرفته شود. در صورت وجود اختلال در علایم حیاتی، بیمار مجدداً به سطح دو بر می‌گردد و در غیر این صورت بیمار در سطح سه تقسیم‌بندی می‌گردد (Molazmian, 1999).

چارچوب روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره^{۱۳} (MCDM) از روش‌های ساده گرفته تا روش‌های پیچیده متغیر است. طبقه‌بندی روش‌های فوق در تحقیقات بسیاری ارائه گردیده است (Triantaphyllou, 2010; Ishizaka and Nemery, 2013).

مدل‌های تصمیم‌گیری برای اولین بار توسط هوانگ و یون^{۱۴} به دو دسته عمده تقسیم گردیدند:

الف) مدل‌های تصمیم‌گیری با اهداف چندگانه^{۱۵} (MODM)

ب) مدل‌های تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه^{۱۶} (MADM) (Hwang & Yoon, 1981).

در این پژوهش از تصمیم‌گیری چندشاخصه پویا (DMADM)^{۱۷} جهت اولویت‌بندی بیماران مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برهمر^{۱۸} در سال (۱۹۹۲)، تحقیقات روی تصمیم‌گیری پویا را انجام داد، به عبارتی دیگر تصمیم‌گیری تحت شرایطی که نیاز به یک سری تصمیمات دارد و در آن تصمیم‌گیری‌ها مستقل نیستند و حالت دینامی پیرامون تغییر می‌کند را بررسی کرده و یک روش کلی براساس تئوری کنترل، به عنوان وسیله‌ای برای سازماندهی تحقیقات در این زمینه ارائه کرد.

بدیرو و همکاران^{۱۹} در سال (۱۹۹۳)، یک سیستم پشتیبان تصمیم مبتنی بر شبیه‌سازی براساس روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی^{۲۰} (AHP) ارائه کردند که تصمیم‌گیری پویا نامیده شده و برای اجرای سناریوهای تصمیم‌گیری پویا قابل اجرا و استفاده است.

لین و همکاران^{۲۱} در سال (۲۰۰۸)، یک مدل تصمیم‌گیری پویا را ارائه کرده‌اند که ساختار اصلی آن بر پایه روش تاپسیس است. همچنین در آن، تلفیق و ادغام مفاهیم اعداد خاکستری و تابع فاصله مینکوفسکی^{۲۲} به منظور مقابله با اطلاعات نامعین انجام شده است.

وی^{۲۳} در سال (۲۰۰۹)، مسئله تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی ادراکی پویا که در آن همه مقادیر شاخص‌ها به صورت اعداد فازی ادراکی یا مقدار بازه‌ای اعداد فازی ادراکی بیان شده‌اند، را بررسی کرده است و برخی از عملگرهای تجمعی هندسی مانند عملگر هندسی وزنی فازی ادراکی پویا^{۲۴} (DIFWG) و عملگر هندسی وزنی فازی ادراکی پویا غیرقطعی^{۲۵} (UDIFWG) را برای جمع‌آوری اطلاعات فازی ادراکی پویا یا پویا غیرقطعی ارائه داده است.

چن و لی^{۲۶} در سال (۲۰۱۱)، یک مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه پویا براساس اعداد فازی مثلثی ادراکی^{۲۷} (TIFN)، برای حل مسائل DMADM ارائه کرده‌اند، که در آن همه اطلاعات تصمیم به شکل اعداد فازی مثلثی ادراکی (TIFN) است.

هو و یانگ^{۲۸} نیز در سال (۲۰۱۱)، یک روش مبتنی بر نظریه چشم‌انداز تجمعی و تحلیل مجموعه زوجی برای حل مسائل تصمیم‌گیری پویای تصادفی پیشنهاد کرده‌اند که در آن اطلاعات وزن معیارها کاملاً ناشناخته شده است و مقادیر معیارها در قالب متغیرهای تصادفی گسسته هستند.

¹³ Multiple criteria decision making

¹⁴ Hwang & Yoon

¹⁵ Multiple Objective Decision Making

¹⁶ Multiple Attribute Decision Making

¹⁷ Dynamic Multi Attribute Decision Making (DMADM)

¹⁸ Brehmer

¹⁹ Badiru et al.

²⁰ Analytic Hierarchy Process (AHP)

²¹ Lin et al.

²² Minkowski

²³ Wei

²⁴ Dynamic Intuitionistic Fuzzy Weighted Geometric (DIFWG)

²⁵ Uncertain Dynamic Intuitionistic Fuzzy Weighted Geometric (UDIFWG)

²⁶ Chen & Li

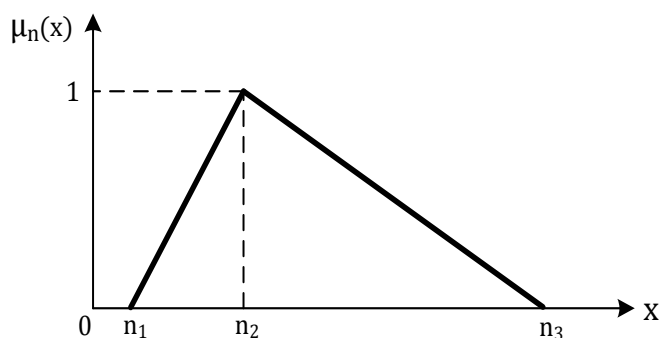
²⁷ Triangular Intuitionistic Fuzzy Numbers (TIFN)

همچنین کامپانلا و ریبریو^{۲۹} در سال (۲۰۱۱)، یک چارچوب انعطاف‌پذیر برای حل مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا بر پایه مدل کلاسیک معرفی کرده‌اند که می‌تواند در هر فرآیند تصمیم‌گیری پویا به کار گرفته شود. این چارچوب قصد دارد مسئله فوق را با گسترش مدل کلاسیک MCDM در یک راه انعطاف‌پذیر حل کند.

وانگ و همکاران^{۳۰} در سال (۲۰۱۵)، یک روش براساس تئوری چشم‌انداز مبتنی بر نقطه مرجع بازه‌ای پویا^{۳۱} برای مسائل تصمیم‌گیری اضطراری^{۳۲} (EDM) ارائه می‌کنند. روش فوق برای رتبه‌بندی ترجیحات از روشی مشابه روش (TOPSIS) که یک روش تصمیم‌گیری محبوب است، استفاده می‌کند.

لورنزوتی و کرولینگ^{۳۳} در سال (۲۰۱۶)، با توسعه روش TOPSIS، یک روش گروهی (GMO-RTOPSIS)^{۳۴} برای تصمیم‌گیری گروهی با اطلاعات ناهمگن و در محیط پویا ارائه شده است که در آن هر تصمیم‌گیرنده می‌تواند به طور مستقل مجموعه معیارها، بردار وزن، فاکتورهای اساسی مؤثر در رتبه‌بندی گزینه‌ها و همچنین نوع اطلاعات برای هر معیار را تعریف کند.

نظریه اولیه اعداد فازی مثلثی نیز توسط دوبویس و پرید^{۳۵} (۱۹۸۰)، کلیر و فولگر^{۳۶} (۱۹۸۸) و کلیر و یوان^{۳۷} (۱۹۵۵) شرح داده شده است، که در آن یک عدد فازی به عنوان یک مجموعه فازی نرمالیزه و محدب در نظر گرفته می‌شود. عدد فازی مثلثی \tilde{n} به صورت سه‌تایی $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$ و مانند شکل (۱) نشان داده می‌شود.



شکل شماره (۱): عدد فازی مثلثی \tilde{n} (Chen, 2000)

تابع عضویت اعداد فازی مثلثی به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود.

$$\mu_{\tilde{n}}(x) = \begin{cases} \frac{x-n_1}{n_2-n_1} & , n_1 \leq x \leq n_2 \\ \frac{x-n_3}{n_2-n_3} & , n_2 \leq x \leq n_3 \\ 0 & \text{در غیراین صورت} \end{cases} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که n_1 و n_3 به ترتیب کران پایین و بالای عدد فازی \tilde{n} هستند و n_2 حد میانی \tilde{n} است.

۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش، مسئله با روش VIKOR که پایه کار این پژوهش است مدل می‌شود. از توابع اشتراکی مناسبی نیز برای محاسبه امتیازات در مدل‌سازی استفاده شده است. مدل‌سازی برای پنج سطح مختلف تریاژ (ESI) یکسان است، تنها در توابع

²⁸ Hu & Yang

²⁹ Campanella & Ribeiro

³⁰ Wang et al.

³¹ interval Dynamic reference point method

³² Emergency decision making

³³ Lourenzutti & Krohling

³⁴ Group Modular Random TOPSIS

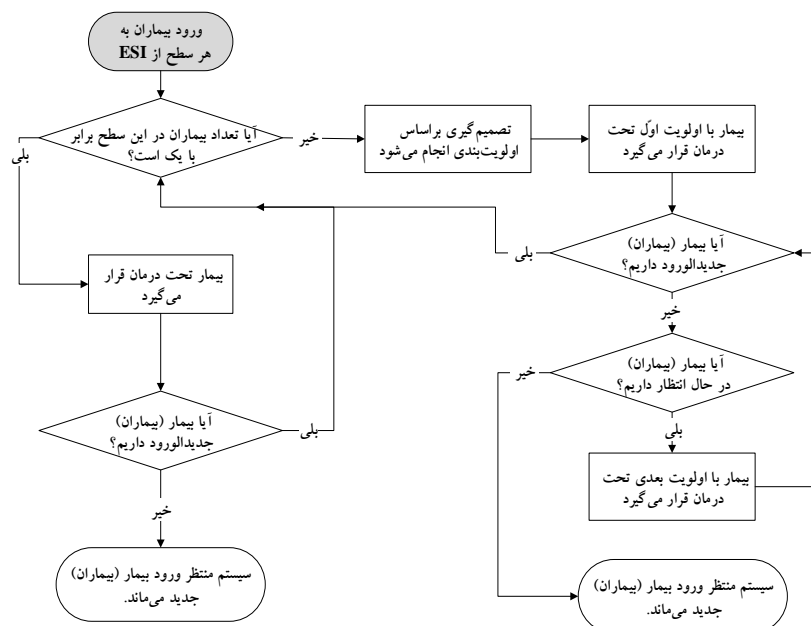
³⁵ Dubois & Prade

³⁶ Klir & Folger

³⁷ Klir & Yuan

اشتراکی استفاده شده تفاوت دارند. فرضا برای سطح اول که سطح بیماران اورژانسی است، از تابع اشتراکی قوی‌تری برای محاسبه امتیازات، به نسبت سایر سطوح استفاده می‌شود و در سطح پنجم که مربوط به بیماران سرپایی است و از سایر سطوح شلوغ‌تر است، می‌توان از توابع اشتراکی ضعیف‌تری استفاده نمود. پویایی مسئله با استفاده از یک سیاست نگهداری که در ادامه ارائه می‌گردد، مشخص می‌شود.

روش VIKOR: اوپریکوویچ و ژنگ^{۳۸} در سال (۲۰۰۴)، روش VIKOR را برای بهینه‌سازی مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره در سیستم‌های پیچیده توسعه دادند. این روش بر روی رتبه‌بندی و انتخاب از یک مجموعه گزینه‌ها تمرکز داشته و جواب‌های سازشی را برای مسئله با شاخص‌های متضاد تعیین می‌کند، به طوری که قادر است تصمیم‌گیرندگان را برای دستیابی به یک تصمیم نهایی یاری دهد. همچنین اوپریکوویچ و ژنگ در سال (۲۰۰۷) نیز توسعه‌ای از روش VIKOR را برای حل مسائل تصمیم‌گیری با معیارهای متضاد و نامتناسب (واحدهای سنجش متفاوت) ارائه کردند. در این مقاله از ترکیب روش ویکور با نظریه مجموعه‌های فازی و عبارات کلامی برای غلبه بر عدم قطعیت در رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده شده است و از نظرات گروهی افراد تصمیم‌گیرنده به نحوی استفاده می‌شود که اوزان اهمیت هر یک از تصمیم‌گیرندگان در انتخاب نهایی متفاوت خواهد بود. همچنین جهت استفاده از تصمیم‌گیری پویا، مطابق شکل (۲) مراحل طی می‌گردد.



شکل شماره (۲): اولویت‌بندی بیماران طبق سیکل پویا

قبل از بیان مدل پیشنهادی، به معرفی نمادها و برخی سیاست‌های در نظر گرفته شده در آن می‌پردازیم:

P_t : مجموعه بیماران موجود در لحظه t

C_t : مجموعه معیارهای موجود در لحظه t

\tilde{W}_C : بردار وزن معیارها (به صورت اعداد فازی در نظر گرفته می‌شود)

t_{ij} : زمان ورود بیمار i ام از سطح j ام برای درمان , $j = ۱, ۲, ۳, ۴, ۵$

p_{ij} : بیمار i ام از سطح j ام , $j = ۱, ۲, ۳, ۴, ۵$

t_n : زمان ورود بیمار بعدی (جدیدالورود)

H_t : مجموعه نگهداری شده به تکرار بعد در تکرار t ام

U_t : تابع کارایی در تکرار t ام

R_t : رتبه‌بندی گزینه‌ها در تکرار t ام در مرحله اول تصمیم‌گیری (رتبه‌بندی روش ویکور)

E_t : تابع ارزیابی در تکرار t ام

O_t : رتبه‌بندی گزینه‌ها در تکرار t ام در مرحله دوم تصمیم‌گیری (رتبه‌بندی نهایی)

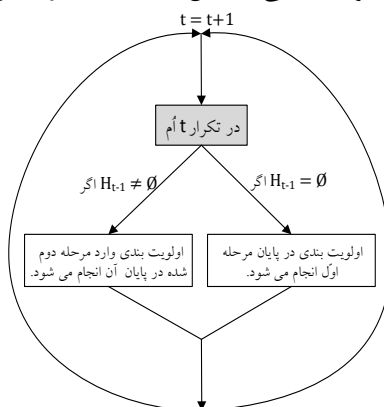
D_E : تابع اشتراکی در نظر گرفته شده در مرحله دوم تصمیم‌گیری

به دلیل اینکه مدل پژوهش حاضر در یک محیط پویا اجرا می‌شود، لازم است یک سیاست نگهداری تعریف گردد؛ یعنی یک معیار برای انتخاب یک زیرمجموعه از گزینه‌های جاری و گذشته که به تکرار بعد برده می‌شوند. مجموعه نگهداری شده^{۳۹} به تکرار بعد را می‌توان به طرق مختلفی تعریف کرد. یکی از این تعاریف در رابطه (۲) ارائه شده است.

$$H_t = \begin{cases} p_{ij} \notin H & , \text{if } t_{ij} \leq t_n \\ p_{ij} \in H & , \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن t_{ij} ، زمان ورود بیمار i ام از سطح j ام (منظور از سطح، همان سطوح ۵ تایی تریاژ ESI است) برای درمان و t_n زمان ورود بیمار جدید الورد است. تا زمانی که t_{ij} کوچکتر از t_n باشد، بیمار p_{ij} برای درمان هدایت می‌شود، در غیر این صورت عضو مجموعه نگهداری شده، قرار گرفته و برای اولویت‌بندی مجدد با بیماران جدید سنجیده خواهد شد. طبق تعریف بالا بیمارانی که در تکرار t ام درمان نشده‌اند، در تکرار $(t+1)$ ام عضو مجموعه H خواهند بود.

در این پژوهش برای تصمیم‌گیری فرآیند پایانی در نظر گرفته نمی‌شود؛ یعنی در هر لحظه امکان ورود بیمار به بخش اورژانس وجود دارد، پس سیستم همیشه در یک سیکل تصمیم‌گیری به سر خواهد برد. معمولاً کار اولویت‌بندی را پرستار تریاژ که مجرب و کارآزموده است، برعهده دارد. تکرارها از دو مرحله اصلی تشکیل شده‌اند، که در شکل (۳) قابل مشاهده است.



شکل شماره (۳): سیکل تکرارها در فرآیند تصمیم‌گیری پویا

t نیز به معنای تکرارها در فرآیند تصمیم‌گیری پویا است. در هر تکرار ابتدا مرحله اول انجام می‌شود، سپس در صورتی که مجموعه نگهداری در تکرار قبل تهی باشد، در پایان مرحله اول اولویت‌بندی شکل می‌گیرد. در غیر این صورت (اگر مجموعه نگهداری در تکرار قبل برابر تهی نباشد)، وارد مرحله دوم شده و سپس اولویت‌بندی را انجام می‌گردد. اکنون با توجه به تعاریف بالا و شکل فوق به شرح فرآیند تصمیم‌گیری پویا پرداخته می‌شود. در مرحله اول شامل ۷ گام می‌باشد:

گام (۱) در این گام تصمیم‌گیرنده باید طبق تدابیری که از قبل مشخص شده است، نظر خود را راجع به بیماران اعلام دارد و طبق جداول موجود در گام ۲ امتیازی به بیمار اختصاص دهد. لازم به ذکر است که معیارهای ارزیابی نیز باید از قبل مشخص شده باشند.

گام (۲) در این مرحله متغیرهای کیفی انتخابی در گام قبل را با استفاده از جداول زیر به متغیرهای کمی تبدیل می‌شوند. با استفاده از جدول (۱) می‌توان متغیرهای کیفی اهمیت وزن هر معیار را به متغیرهای کمی در محیط فازی تبدیل نمود.

جدول شماره (۱): برچسب‌های زبانی برای اهمیت وزن هر معیار

برچسب‌های زبانی	معادل فازی
Very low	(۰،۰،۰/۱)
Low	(۰، ۰/۱، ۰/۳)
Medium low	(۰/۱، ۰/۳، ۰/۵)
Medium	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)
Medium high	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)
high	(۰/۷، ۰/۹، ۱/۰)
Very high	(۰/۹، ۱/۰، ۱/۰)

محدوده‌های فشار خون، تنفس، درجه حرارت و نبض برای سنین مختلف تفاوت دارد (Stewart, 2003). با استفاده از جداول (۲) تا (۷) نیز می‌توان متغیرهای کیفی امتیازبندی گزینه‌ها را به متغیرهای کمی در محیط فازی تبدیل نمود.

جدول شماره (۲): متغیرهای زبانی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس معیارهای فشارخون و وضعیت تنفسی

برچسب‌های زبانی	متغیرهای زبانی به اختصار	معادل فازی
Normal	N	(۰، ۱، ۳)
Low	L	(۱، ۳، ۵)
Medium low and Medium high	ML - MH	(۳، ۵، ۷)
Low and High	L - H	(۵، ۷، ۹)
Very low and Very high	VL - VH	(۷، ۹، ۱۰)

جدول شماره (۳): برچسب‌های زبانی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس معیار درجه هوشیاری

برچسب‌های زبانی	متغیرهای زبانی به اختصار	معادل فازی
Very low	VL	(۰، ۱، ۳)
Low	L	(۱، ۳، ۵)
Medium	M	(۳، ۵، ۷)
High	H	(۵، ۷، ۹)
Very High	VH	(۷، ۹، ۱۰)

جدول شماره (۴): توضیح برچسب‌های زبانی براساس معیار درجه هوشیاری

درجه هوشیاری	توضیحات
Alert	بیمار کاملاً هوشیار و بیدار است.
Pain & Voice	بیمار به تحریک صوتی یا دردناک پاسخ می‌دهد و می‌توان از او اطلاعات شخصی دریافت کرد.
Voice	در زمان صحبت کردن با بیمار چشم‌هایش را باز می‌کند، اما به زمان و مکان و اشخاص آگاهی ندارد.
Pain	بیمار به تحریک صوتی پاسخ نمی‌دهد، اما به تحریک دردناک پاسخ می‌دهد.
Unresponsive	بیمار بدون واکنش است و به تحریک صوتی یا دردناک پاسخ نمی‌دهد.

جدول شماره (۵): برچسب‌های زبانی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس معیارهای شدت درد و اقدامات موردنیاز بیمار

برچسب‌های زبانی	متغیرهای زبانی به اختصار	معادل فازی
Alert	A	(۰، ۱، ۳)
Pain & Voice	P - V	(۱، ۳، ۵)
Voice	V	(۳، ۵، ۷)

Pain	P	(۵، ۷، ۹)
Unresponsive	U	(۷، ۹، ۱۰)

جدول (۶): برچسب‌های زبانی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس معیارهای درجه شکستگی

معدل فازی	متغیرهای زبانی به اختصار	برچسب‌های زبانی
(۰، ۱، ۳)	D 0	Degree 0
(۱، ۳، ۵)	D 1	Degree 1
(۳، ۵، ۷)	D 2	Degree 2
(۵، ۷، ۹)	D 3	Degree 3
(۷، ۹، ۱۰)	D 4	Degree 4

جدول شماره (۷): توضیح برچسب‌های زبانی براساس معیار درجه شکستگی

درجه شکستگی	توضیحات
Degree 0	شکستگی فقط به صورت یک ترک خوردگی (موت‌ترک) دیده می‌شود.
Degree 1	با وجود شکستگی پوست سالم مانده و زخمی نمی‌شود.
Degree 2	شکستگی باعث پاره شدن پوست می‌شود، ولی شکستگی با زخم ارتباط پیدا نمی‌کند.
Degree 3	شکستگی باعث پاره شدن پوست می‌شود، اما شکستگی با زخم ارتباط پیدا می‌کند.
Degree 4	شکستگی باعث صدمه خوردن اعضای دیگر مانند رگ و اعصاب می‌گردد.

گام ۳) طبق دو گام قبل ماتریس وزن معیارها و ماتریس تصمیم‌گیری فازی به صورت رابطه (۶) می‌باشند.

$$\tilde{W}_c = \{ \tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{w}_3, \dots, \tilde{w}_n \} \approx \forall \tilde{W}_i = (\tilde{w}_{i1}, \tilde{w}_{i2}, \tilde{w}_{i3}) \quad \text{رابطه (۶)}$$

که در آن \tilde{W}_n ، وزن معیار n ام و به صورت عدد فازی مثلثی است. درایه‌های ماتریس تصمیم‌گیری در رابطه (۳) نیز به صورت عدد مثلثی فازی هستند

$$\tilde{D}_t = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \Rightarrow \forall \tilde{x}_{ij} = (\tilde{a}_{ij}, \tilde{b}_{ij}, c_{ij}) \quad \text{رابطه (۳)}$$

و \tilde{x}_{mn} امتیاز گزینه m ام طبق معیار n ام است.

گام ۴) در این گام بزرگترین و کوچکترین عدد هر ستون از رابطه (۴) تعیین می‌گردد.

$$\tilde{f}^* = \max_i \{x_{ij}\} \quad , \quad \tilde{f}^- = \min_i \{x_{ij}\} \quad \text{رابطه (۴)}$$

گام ۵) میزان متوسط تأسف (S) و ماکزیمم تأسف (R) برای هر بیمار از رابطه (۵) محاسبه می‌گردد.

$$S_i = \sum_j^n \left(w_j \times \frac{(f_j^* - f_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} \right) \quad , \quad R_i = \text{Max}_j \left(w_j \times \frac{(f_j^* - f_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} \right) \quad \text{رابطه (۵)}$$

که S_i بیانگر فاصله نسبی گزینه i ام از راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین ترکیب) و R_i بیانگر حداکثر تأسف گزینه i ام از دوری از راه حل ایده‌آل مثبت می‌باشد.

گام ۶) حال برای ارزیابی نهایی بیماران، شاخص ویکور (Q) از رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$\begin{cases} Q_i = \left(v \times \frac{(S^* - S_i)}{(S^* - S^-)} \right) + \left((1 - v) \times \frac{(R^* - R_i)}{(R^* - R^-)} \right) \\ S^* = \text{Min} \{S_i\} \quad , \quad S^- = \text{Max} \{S_i\} \\ R^* = \text{Min} \{R_i\} \quad , \quad R^- = \text{Max} \{R_i\} \end{cases} \quad \text{رابطه (۶)}$$

۷، عددی بین صفر تا یک است و آن را معمولاً $0/5$ در نظر می‌گیرند. هر چه مقدار v به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده این است که تصمیم‌گیرنده علاقه‌مندی بیشتری نسبت به استفاده از مقدار موزون مطلوبیت و دخالت تمام معیارها نسبت به بیشینه مطلوبیت دارد (امیری و دارستانی فراهانی، ۱۳۹۲).

گام ۷) هر کدام از گزینه‌ها که از مقدار Q_i کمتری برخوردار باشد، از اولویت بیشتری برای انتخاب برخوردار خواهد بود. در پایان این گام ۷ یک ماتریس کارایی رابطه (۷) حاصل می‌شود و برای هر گزینه یک شاخص ویکور (Q) حاصل خواهد شد.

$$U_t = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_m \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۷)}$$

در پایان این مرحله مجموعه H_{t-1} ، تعیین‌کننده می‌باشد. اگر مجموعه H_{t-1} برابر تهی باشد، در نتیجه تابع ارزیابی برای هر بیمار برابر با تابع کارایی آن بیمار خواهد بود. با مشخص شدن تابع ارزیابی، رتبه‌بندی (R_t) ایجاد شده و بنابراین مجموعه نگهداری‌شده به تکرار بعد (H_t) نیز تعیین می‌گردد. در غیر این صورت یعنی اگر مجموعه H_{t-1} برابر تهی نباشد، به مرحله دوم می‌رود.

در این مرحله به علت تهی نبودن مجموعه نگهداری، برای محاسبه تابع ارزیابی از رابطه (۸) استفاده می‌گردد:

$$E_t(p) = \begin{cases} U_t(p) & , p \in P_t \\ D_E(E_{t-1}(p), U_t(p)) & , p \in H_{t-1} \end{cases} \quad \text{رابطه (۸)}$$

که در آن اگر بیمار عضو مجموعه P_t باشد و عضو مجموعه H_{t-1} نباشد، از همان تابع کارایی برای محاسبه تابع ارزیابی استفاده می‌شود و اگر بیمار عضو مجموعه H_{t-1} باشد، از تابع اشتراکی D_E استفاده می‌شود. به منظور محاسبه تابع اشتراکی D_E توابع مختلفی از خانواده t -norm ها را به شرح زیر بیان می‌شود. t -norm ها به عنوان یک عملگر برای ترکیب توابع توزیع روی فضاهای متریک آماری معرفی می‌شوند (Schweizer & Sklar, 2005).

هر کدام از این توابع ویژگی‌های خاص خود را دارند، اما ویژگی مشترک آنها این است که یک تابع کاهش‌ی هستند. تابع رابطه (۹) ضعیف‌ترین آنها و تابع رابطه (۱۴) قوی‌ترین آنها می‌باشد. در بخش مربوط به مثال عددی توضیح داده می‌شود که کدام تابع اشتراکی برای کدام سطح مناسب خواهد بود.

$$\text{minimum} : D_E(E_{t-1}(p), U_t(p)) = \min \{E_{t-1}(p), U_t(p)\} \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$\text{product} : D_E(E_{t-1}(p), U_t(p)) = E_{t-1}(p) \cdot U_t(p) \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

$$\text{Lukasiewicz} : D_E(E_{t-1}(p), U_t(p)) = \max \{0, E_{t-1}(p) + U_t(p) - 1\} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$\text{Nilpotent minimum} : \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

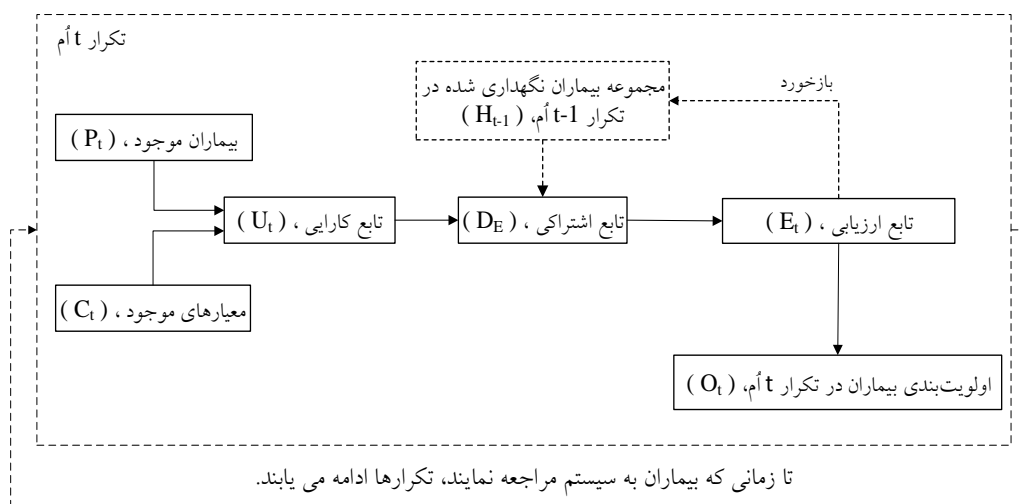
$$D_E(E_{t-1}(p), U_t(p)) = \begin{cases} \min \{E_{t-1}(p), U_t(p)\} & , E_{t-1}(p) + U_t(p) > 1 \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Hamacher Product} : \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

$$D_E(E_{t-1}(p), U_t(p)) = \begin{cases} 0 & , E_{t-1}(p) = U_t(p) = 0 \\ \frac{E_{t-1}(p) \cdot U_t(p)}{E_{t-1}(p) + U_t(p) - E_{t-1}(p) \cdot U_t(p)} & , \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Drastic Product} : D_E(E_{t-1}(p), U_t(p)) = \begin{cases} E_{t-1}(p) & , U_t(p) = 1 \\ U_t(p) & , E_{t-1}(p) = 1 \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

اکنون با مشخص شدن تابع ارزیابی، گزینه‌ها را رتبه‌بندی کرده و مجموعه نگهداری به تکرار بعد تعیین می‌شود. شکل (۴) خلاصه‌ای از قدم‌های مهم در فرآیند تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد.



شکل شماره (۴): عملیات‌های انجام شده در هر تکرار در مدل تصمیم‌گیری پویا

بررسی این تحقیق مربوط به اولویت‌بندی بیماران است که در یک روز عادی به بخش اورژانس مراجعه می‌کنند. این مسئله در محیط نرم‌افزار Excel پیاده‌سازی شده است و در هر تکرار بیماران را اولویت‌بندی می‌کند. بیماران، یکی از سطوح تریاژ ESI به دلخواه در نظر گرفته شده و اولویت‌بندی می‌شوند. همچنین هنگام اولویت‌بندی بیماران، توابع اشتراکی مطرح شده در بخش قبل نیز با هم مقایسه شده و از بین آنها بهترین تابع برای مدل پیشنهادی انتخاب می‌گردد. مفروضات مدل به شرح زیر می‌باشد: (الف) ورود بیماران به صورت بازه‌های زمانی در نظر گرفته می‌شود. در اینجا بیماران در بازه‌های ۱۵ دقیقه‌ای مورد مقایسه و اولویت‌بندی قرار می‌گیرند.

(ب) تعداد معیارها و وزن آنها در هر تکرار قابل تغییر است.

(ج) شرایط بیماران نیز در هر تکرار قابل تغییر است.

اطلاعات ۲۰ بیمار مورد مطالعه در جدول (۸) ارائه شده است.

معیارهای مطالعه موردی	فشار خون (C ₁)	وضعیت تنفسی (C ₂)	درجه هوشیاری (C ₃)	شدت درد (C ₄)	اقدامات مورد نیاز (C ₅)
	H	VH	MH	M	MH
وزن معیارها (W _j)	(۰/۷، ۰/۹، ۱)	(۰/۹، ۱، ۱)	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)
P ₁	(۷، ۹، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)	(۳، ۵، ۷)	(۹، ۱۰، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)
P ₂	(۹، ۱۰، ۱۰)	(۷، ۹، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)	(۳، ۵، ۷)	(۷، ۹، ۱۰)
P ₃	(۹، ۱۰، ۱۰)	(۷، ۹، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)	(۵، ۷، ۹)	(۹، ۱۰، ۱۰)
P ₄	(۳، ۵، ۷)	(۵، ۷، ۹)	(۳، ۵، ۷)	(۱، ۳، ۵)	(۳، ۵، ۷)
P ₅	(۹، ۱۰، ۱۰)	(۱، ۳، ۵)	(۵، ۷، ۹)	(۷، ۹، ۱۰)	(۷، ۹، ۱۰)
P ₆	(۷، ۹، ۱۰)	(۳، ۵، ۷)	(۱، ۳، ۵)	(۷، ۹، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)
P ₇	(۱، ۳، ۵)	(۱، ۳، ۵)	(۰، ۱، ۳)	(۳، ۵، ۷)	(۳، ۵، ۷)
P ₈	(۵، ۷، ۹)	(۷، ۹، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)	(۱، ۳، ۵)	(۰، ۱، ۳)
P ₉	(۷، ۹، ۱۰)	(۱، ۳، ۵)	(۳، ۵، ۷)	(۷، ۹، ۱۰)	(۷، ۹، ۱۰)
P ₁₀	(۱، ۳، ۵)	(۰، ۱، ۳)	(۱، ۳، ۵)	(۵، ۷، ۹)	(۵، ۷، ۹)
P ₁₁	(۷، ۹، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)	(۳، ۵، ۷)	(۰، ۱، ۳)	(۳، ۵، ۷)
P ₁₂	(۳، ۵، ۷)	(۰، ۱، ۳)	(۱، ۳، ۵)	(۱، ۳، ۵)	(۳، ۵، ۷)
P ₁₃	(۱، ۳، ۵)	(۳، ۵، ۷)	(۷، ۹، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)	(۹، ۱۰، ۱۰)

P ₁₄	(۷، ۹، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)	(۳، ۵، ۷)	(۷، ۹، ۱۰)	(۷، ۹، ۱۰)
P ₁₅	(۳، ۵، ۷)	(۷، ۹، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)	(۳، ۵، ۷)	(۱، ۳، ۵)
P ₁₆	(۱، ۳، ۵)	(۳، ۵، ۷)	(۳، ۵، ۷)	(۹، ۱۰، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)
P ₁₇	(۷، ۹، ۱۰)	(۱، ۳، ۵)	(۹، ۱۰، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)	(۰، ۱، ۳)
P ₁₈	(۳، ۵، ۷)	(۵، ۷، ۹)	(۷، ۹، ۱۰)	(۳، ۵، ۷)	(۰، ۱، ۳)
P ₁₉	(۷، ۹، ۱۰)	(۰، ۱، ۳)	(۱، ۳، ۵)	(۷، ۹، ۱۰)	(۳، ۵، ۷)
P ₂₀	(۱، ۳، ۵)	(۷، ۹، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)	(۹، ۱۰، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)

جدول شماره (۸): اطلاعات بیماران در بخش مورد مطالعه

اولویت بندی تا چهار تکرار به صورت زیر بررسی می شود:

تکرار اول ($t=1$): در زمان t_1 ، چهار بیمار به قسمت تریاژ در بخش اورژانس، مراجعه کرده اند. برای ارزیابی بیماران چهار معیار فشار خون، وضعیت تنفسی، درجه هوشیاری و شدت درد را در نظر گرفته می شوند. وزن هر کدام از معیارها و همچنین اطلاعات مربوط به بیماران به صورت برجسب های زبانی (اعداد فازی مثلثی) در جداول (۹) و (۱۰) شده است.

جدول شماره (۹): مقادیر فازی وزن معیارها و اطلاعات بیماران در تکرار اول

معیارهای تکرار اول ($t=1$)	فشار خون (C ₁)	وضعیت تنفسی (C ₂)	درجه هوشیاری (C ₃)	شدت درد (C ₄)
وزن معیارها (W _j)	H	VH	MH	M
	(۰/۷، ۰/۹، ۱)	(۰/۹، ۱، ۱)	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)
P ₁	(۱، ۳، ۵)	(۷، ۹، ۱۰)	(۱، ۳، ۵)	(۵، ۷، ۹)
P ₂	(۵، ۷، ۹)	(۳، ۵، ۷)	(۰، ۱، ۳)	(۱، ۳، ۵)
P ₃	(۳، ۵، ۷)	(۵، ۷، ۹)	(۳، ۵، ۷)	(۰، ۱، ۳)
P ₄	(۷، ۹، ۱۰)	(۱، ۳، ۵)	(۷، ۹، ۱۰)	(۹، ۱۰، ۱۰)

جدول شماره (۱۰): اولویت بندی بیماران در تکرار اول

تکرار اول ($t=1$)	S _i	R _i	Q _i	R
P ₁	۱/۳۱۹	۰/۸۷۵	۰/۶۵۹	۳
P ₂	۱/۷۴۴	۰/۷۰۰	۰/۶۶۱	۴
P ₃	۱/۴۰۸	۰/۵۶۹	۰/۳۲۸	۱
P ₄	۰/۷۷۵	۰/۹۷۵	۰/۵۰۳	۲

طبق محاسبات انجام شده و اولویت بندی صورت گرفته، از بین بیماران، بیمار P₃ برای درمان انتخاب می شود. فرض بر این است که تا اتمام درمان بیمار P₃ هیچ بیمار جدیدی به سیستم تریاژ مراجعه نکرده است، بنابراین بیمار P₄ نیز تحت درمان قرار می گیرد. تا زمان اتمام درمان بیمار P₄ هنوز بیمار جدیدی وارد سیستم نشده است، لذا بیمار P₁ نیز به بخش درمان هدایت می شود. در هنگام درمان بیمار P₁، دو بیمار جدید به سیستم مراجعه می کنند. بنابراین بیمار با اولویت چهارم (P₂) عضو مجموعه نگهداری شده، در نظر گرفته شده و به همراه این دو بیمار جدید مجدداً اولویت بندی صورت می گیرد.

تکرار دوم ($t=2$): به دلیل خاصیت پویایی سیستم، یک معیار جدید به جمع سایر معیارها اضافه شده است. مقادیر فازی وزن معیارها و اطلاعات بیماران در جدول (۱۱) و نیز اولویت بندی بیماران در تکرار دوم در جدول (۱۲) ارائه گردیده است.

جدول شماره (۱۱): مقادیر فازی وزن معیارها و اطلاعات بیماران در تکرار دوم

معیارهای تکرار دوم ($t=2$)	فشار خون (C ₁)	وضعیت تنفسی (C ₂)	درجه هوشیاری (C ₃)	شدت درد (C ₄)	اقدامات مورد نیاز (C ₅)
وزن معیارها (W _j)	H	VH	MH	M	MH
	(۰/۷، ۰/۹، ۱)	(۰/۹، ۱، ۱)	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)

P_1 / P_2	(۵، ۷، ۹)	(۳، ۵، ۷)	(۰، ۱، ۳)	(۱، ۳، ۵)	(۵، ۷، ۹)
P_2	(۳، ۵، ۷)	(۷، ۹، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)	(۳، ۵، ۷)	(۱، ۳، ۵)
P_3	(۵، ۷، ۹)	(۱، ۳، ۵)	(۹، ۱۰، ۱۰)	(۷، ۹، ۱۰)	(۷، ۹، ۱۰)

جدول شماره (۱۲): اولویت بندی بیماراران در تکرار دوم

تکرار دوم (t=2)	S_i	R_i	Q_i	R	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6
P_1	۲/۳۶۱	۰/۹۲۵	۰/۷۳۸	۳	۰/۶۶۱	۰/۴۸۸	۰/۳۹۹	۰/۶۶۱	۰/۵۳۵	۰	۳	۲	۱	۳	۲	۱
P_2	۱/۸۵۲	۰/۸۷۵	۰/۴۷۹	۱	۰/۴۷۹	۰/۴۷۹	۰/۴۷۹	۰/۴۷۹	۰/۴۷۹	۰/۴۷۹	۱	۱	۲	۱	۱	۲
P_3	۱/۳۲۶	۱/۱۰۰	۰/۶۰۷	۲	۰/۶۰۷	۰/۶۰۷	۰/۶۰۷	۰/۶۰۷	۰/۶۰۷	۰/۶۰۷	۲	۳	۳	۲	۳	۳

در این تکرار به منظور مقایسه بهتر نتایج، از شش تابع اشتراکی مذکور استفاده کرده ایم. با بکارگیری توابع یک و چهار، بیمار P_1 عضو مجموعه نگهداری شده، می شود و با بکارگیری توابع دو، سه، پنج و شش، بیمار P_3 عضو مجموعه نگهداری شده، در نظر گرفته خواهد شد. طبق نتایج به دست آمده توابع ارزیابی یک و چهار، توابع مناسبی برای ارزیابی اورژانسی ترین سطح از استاندارد ESI، نمی باشند؛ زیرا این سطح نیازمند یک تابع اشتراکی (نزولی) قوی تری برای کاهش شاخص ویکور (Q) بیمارانی است که از دوره های قبل منتظر مانده اند. فرض بر این است که تا اتمام درمان بیمار با اولویت اول هیچ بیمار جدیدی به سیستم مراجعه نکند و در هنگام درمان بیمار با اولویت دوم، دو بیمار جدیدالورود وجود دارد. بنابراین توابع ارزیابی یک و چهار حذف شده و بیمار با اولویت سوم این تکرار (P_3) به همراه دو بیمار جدیدالورود به تکرار سوم رفته و با استفاده از توابع دو، سه، پنج و شش مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت.

تکرار سوم ($t = 3$): در این تکرار یک معیار دیگر نیز به معیارهای سیستم ارزیابی، اضافه می گردد. مقادیر فازی وزن معیارها و اطلاعات بیماراران در جدول (۱۳) و نیز اولویت بندی بیماراران در تکرار سوم در جدول (۱۴) ارائه گردیده است.

جدول شماره (۱۳): مقادیر فازی وزن معیارها و اطلاعات بیماراران در تکرار سوم

معیارهای تکرار سوم (t=3)	فشار خون (C_1)	وضعیت تنفسی (C_2)	درجه هوشیاری (C_3)	شدت درد (C_4)	اقدامات موردنیاز (C_5)	درجه شکستگی (C_6)
وزن معیارها (W_j)	H	VH	MH	M	MH	MH
	(۰/۷، ۰/۹، ۱)	(۰/۹، ۱، ۱)	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)	(۰/۱، ۰/۳، ۰/۵)
P_1/P_3	(۵، ۷، ۹)	(۱، ۳، ۵)	(۷، ۹، ۱۰)	(۷، ۹، ۱۰)	(۷، ۹، ۱۰)	(۳، ۵، ۷)
P_2	(۷، ۹، ۱۰)	(۳، ۵، ۷)	(۱، ۳، ۵)	(۷، ۹، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)	(۷، ۹، ۱۰)
P_3	(۵، ۷، ۹)	(۷، ۹، ۱۰)	(۳، ۵، ۷)	(۱، ۳، ۵)	(۷، ۹، ۱۰)	(۰، ۱، ۳)

جدول شماره (۱۴): اولویت بندی بیماراران در تکرار سوم

تکرار سوم (t=3)	S_i	R_i	Q_i	R	E_2	E_3	E_5	E_6	O_2	O_3	O_5	O_6
P_1	۲/۴۰۴	۰/۹۲۵	۰/۷۶۵	۳	۰/۴۶۵	۰/۳۷۲	۰/۵۱۲	۰	۳	۱	۳	۱
P_2	۲/۳۵۹	۰/۸۳۸	۰/۴۵۱	۲	۰/۴۵۱	۰/۴۵۱	۰/۴۵۱	۰/۴۵۱	۲	۳	۲	۳
P_3	۲/۲۳۰	۰/۸۸۸	۰/۴۳۴	۱	۰/۴۳۴	۰/۴۳۴	۰/۴۳۴	۰/۴۳۴	۱	۲	۱	۲

طبق محاسبات صورت گرفته، با استفاده از توابع دو و پنج، بیمار P_1 (بیمار P_3 در تکرار قبل) عضو مجموعه نگهداری شده، محسوب می شود و با استفاده از توابع سه و شش بیمار P_2 عضو مجموعه نگهداری شده می شود؛ لذا بنا بر دلایلی که در بخش قبل بیان گردید، توابع دو و پنج نیز توابع مناسبی برای ارزیابی نمی باشند و حذف می شوند. با فرض اینکه هنگام درمان بیمار با اولویت دوم (P_3)، یک بیمار جدیدالورود وجود دارد، بیمار با اولویت سوم (P_2) به همراه بیمار جدید به تکرار بعد رفته و با بکارگیری توابع سه و شش مورد ارزیابی قرار می گیرند.

تکرار چهارم ($t = 4$): با توجه به پویایی سیستم، در این تکرار وزن معیار دوم (وضعیت تنفسی) و معیار سوم (درجه هوشیاری) نسبت به دوره قبل کاهش پیدا کرده است. مقادیر فازی وزن معیارها و اطلاعات بیماران در جدول (۱۵) و نیز اولویت بندی بیماران در تکرار چهارم در جدول (۱۶) ارائه گردیده است.

جدول شماره (۱۵): مقادیر فازی وزن معیارها و اطلاعات بیماران در تکرار چهارم

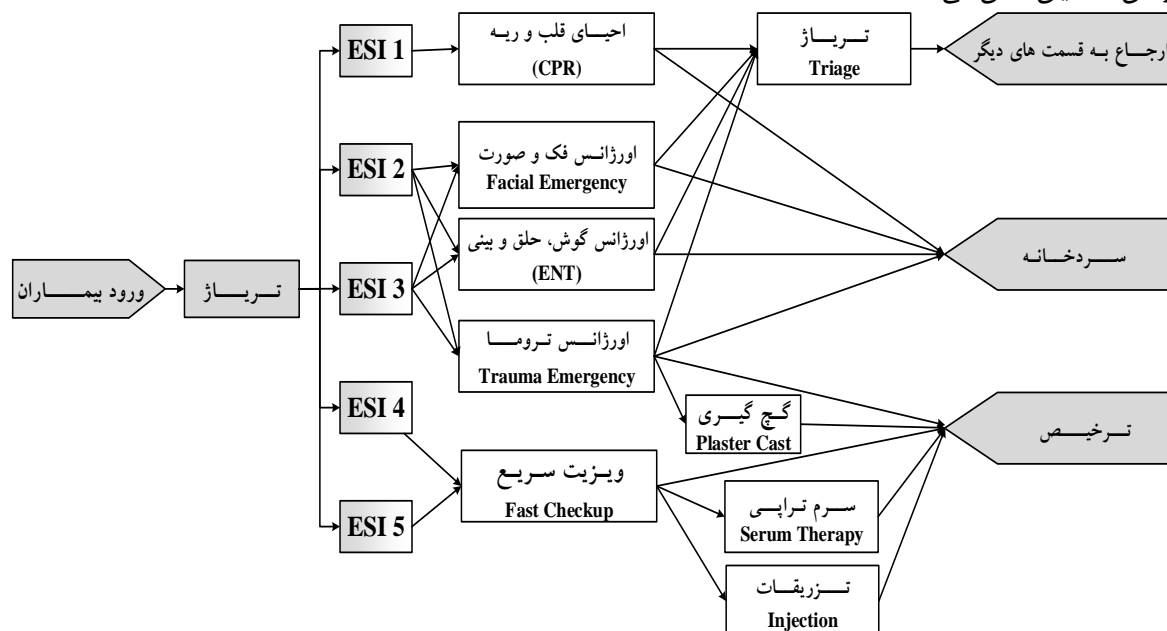
معیارهای تکرار چهارم ($t=4$)	فشار خون (C_1)	وضعیت تنفسی (C_2)	درجه هوشیاری (C_3)	شدت درد (C_4)	اقدامات مورد نیاز (C_5)	درجه شکستگی (C_6)
	H	MH	MH	M	MH	MH
وزن معیارها (W_j)	(۰/۷، ۰/۹، ۱)	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)	(۰/۱، ۰/۳، ۰/۵)
P_1 / P_2	(۷، ۹، ۱۰)	(۳، ۵، ۷)	(۱، ۳، ۵)	(۷، ۹، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)	(۷، ۹، ۱۰)
P_2	(۷، ۹، ۱۰)	(۵، ۷، ۹)	(۳، ۵، ۷)	(۳، ۵، ۷)	(۷، ۹، ۱۰)	(۱، ۳، ۵)

جدول شماره (۱۶): اولویت بندی بیماران در تکرار چهارم

تکرار چهارم ($t=4$)	S_i	R_i	Q_i	R	E_3	E_6	O_3	O_6
P_1	۲/۷۶۶	۰/۸۷۵	۰/۷۵۶	۲	۰/۳۴۱	۰	۲	۱
P_2	۲/۰۴۷	۰/۶۷۵	۰/۲۴۴	۱	۰/۲۴۴	۰/۲۴۴	۱	۲

براساس نتایج به دست آمده از بین توابع سه و شش، تابع شش، تابع مناسب‌تری است. به دلیل اینکه سطح یک حساس‌ترین و اورژانسی‌ترین سطح می‌باشد، لذا قوی‌ترین تابع اشتراکی یعنی تابع شش برای ارزیابی بیماران انتخاب می‌شود. در تکرارهای بعد نیز بیماران با بکارگیری این تابع اولویت بندی شده و تحت درمان قرار می‌گیرند. در رابطه با نحوه اولویت بندی بیماران در سایر سطوح تریاژ ESI، می‌توان براساس مقدار اورژانسی بودن و حساسیت زمان انتظار بیماران، از سایر توابع اشتراکی ضعیف‌تری که معرفی شدند، استفاده نمود.

با استفاده از چارچوب پیشنهادی ارائه شده برای حل مسائل تصمیم‌گیری پویا، به صورت مطالعه موردی در بخش اورژانس (ED) بیمارستان عدالتیان شهر مشهد پیاده‌سازی می‌گردد. شکل (۵) نمودار فرآیند جریان بیماران را در مرکز تخصصی اورژانس عدالتیان نشان می‌دهد.



شکل شماره (۵): نمودار فرآیند جریان بیماران در مرکز تخصصی اورژانس عدالتیان

در این پژوهش به منظور محاسبه زمان انتظار بیماران در حالت عادی و مقایسه آن با حالتی که چارچوب پیشنهادی را به کار گرفته می شود، یک شبیه سازی کامپیوتری با استفاده از نرم افزار Arena انجام شده است. به منظور مشخص شدن توزیع های آماری لازم، اطلاعاتی از دفتر مستندات واحد پرستاری بخش تریاژ گردآوری شده است که شامل زمان های بین ورود بیماران و همچنین زمان خدمت دهی در بخش های مختلف اورژانس برای ۱۰۰ بیمار است. این اطلاعات در نرم افزار اکسل جمع آوری شده و در پیوست قابل مشاهده می باشد؛ سپس با استفاده از منوی تحلیل گر ورودی داده ها^{۴۱} ر نرم افزار Arena، توزیع های آماری مربوطه به دست آمده اند که در ادامه به آنها اشاره می شود. روند ورود بیماران دارای توزیع بتا با پارامترهای مختلفی برای هر سطح می باشد که در جدول (۱۷) ارائه شده است.

جدول شماره (۱۷): توزیع آماری سطوح تریاژ

توضیحات	توزیع	سطح ESI
$BETA (0.1866, 0.1889)$	BETA	ESI 1
$BETA (0.721, 0.785)$	BETA	ESI 2
$BETA (0.955, 0.987)$	BETA	ESI 3
$BETA (0.931, 0.961)$	BETA	ESI 4
$BETA (1.08, 1.25)$	BETA	ESI 5

توزیع زمان خدمت دهی به بیماران در بخش های مختلف اورژانس نیز در جدول (۱۸) ارائه شده است.

جدول شماره (۱۸): توزیع آماری خدمت دهی در بخش های مختلف اورژانس (زمان برحسب دقیقه)

توضیحات	توزیع	بخش اورژانس
$BETA (0.1851, 0.952)$	BETA	CPR
$BETA (1.08, 0.977)$	BETA	Triage
$BETA (1.17, 1.09)$	BETA	Facial Emergency
$BETA (1.09, 1.13)$	BETA	ENT Emergency
$BETA (1.07, 1.04)$	BETA	Trauma Emergency
$BETA (1.09, 1.18)$	BETA	Plaster Cast
$BETA (0.998, 1.06)$	BETA	Fast Checkup
$BETA (0.1854, 0.1867)$	BETA	Serum Therapy
$BETA (1.28, 1.13)$	BETA	Injection

۳- نتایج و بحث

هدف از شبیه سازی انجام شده در این پژوهش، تخمین زمان انتظار بیماران در قسمت های بخش اورژانس می باشد. در اینجا قسمت احیای قلب و ریبه^{۴۲} (CPR) برای مقایسه و تحلیل در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل از شبیه سازی در جدول (۱۹) قابل مشاهده است.

جدول شماره (۱۹): خروجی نرم افزار Arena (زمان انتظار بیماران برحسب دقیقه)

بخش اورژانس	زمان انتظار (دقیقه)
CPR	۱۲/۱۱
Triage	۱/۷۳
Facial Emergency	۱۷/۹۰

⁴¹ Input Analyzer

⁴² Cardiopulmonary Resuscitation

ENT Emergency	۸/۵۹
Trauma Emergency	۱۴/۹۶
Plaster Cast	۴/۰۹
Fast Checkup	۲۴/۸۳
Serum Therapy	۰/۰۸
Injection	۰/۱۹

همانطور که نتایج نشان می‌دهد، بیماران در قسمت احیای قلب و ریه (CPR)، بطور میانگین ۱۲/۱۱ دقیقه در انتظار خواهند بود. در مدل ایستا که نوع صف در آن به صورت FIFO است، بیماری که حال وخیمی دارد نیز باید در صف انتظار بماند و هیچ‌گونه اولیوی نسبت به سایر بیماران در صف ندارد، اما در مدل پویا، براساس اولویت‌بندی ارائه شده، بیماران بدحال‌تر زودتر تحت درمان قرار می‌گیرند و زمان انتظار آنها طبیعتاً باید نسبت به حالت ایستا کاهش یابد. جدول (۲۰) میانگین زمان انتظار بیماران در قسمت احیای قلب و ریه (CPR) را همراه اولویت‌بندی آنها نشان می‌دهد. قسمت اول جدول که شامل زمان‌های ورود و خدمت‌دهی بیماران است، بدین صورت به دست آمده که سرعت اجرای شبیه‌سازی در نرم‌افزار Arena را بسیار پایین آورده شده است تا این زمان‌ها مشخص شوند. قسمت دوم نیز که مربوط به تکرارها و اولویت‌بندی بیماران است از پیاده‌سازی روش VIKOR در نرم‌افزار Excel حاصل شده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود تصمیم‌گیری در فاصله‌های زمانی ۱۵ دقیقه‌ای انجام شده است و نه تکرار رخ داده که خروجی برنامه نه اولویت‌بندی را به ارائه می‌دهد. نتایج بدست آمده، میانگین زمان انتظار بیماران را در بخش احیای قلب و ریه (CPR)، ۸/۳۱ دقیقه نشان می‌دهد، که نسبت به حالت ایستا کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است.

جدول شماره (۲۰): زمان انتظار بیماران در بخش احیای قلب و ریه (CPR) در حالت پویا

تکرار (i)	تکرار ۹ (t=9)	تکرار ۸ (t=8)	تکرار ۷ (t=7)	تکرار ۶ (t=6)	تکرار ۵ (t=5)	تکرار ۴ (t=4)	تکرار ۳ (t=3)	تکرار ۲ (t=2)	تکرار ۱ (t=1)	زمان انتظار (دقیقه)	پایان خدمت	شروع خدمت	زمان ورود	نتایج		
														E	O	
P ₁	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۱:۳۹	۶:۲۱:۰۳	۶:۱۶:۰۱	۶:۰۴:۲۲	۰/۷۷	۲	۰/۰۰
P ₂	۰/۲۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۶:۱۶:۰۱	۶:۰۹:۱۵	۶:۰۹:۱۵	۰/۲۳	۱	۰/۰۰
P ₃	۰/۱۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰۴:۳۴	۶:۲۹:۴۰	۶:۲۱:۰۳	۶:۱۶:۲۹	۰/۱۰	۲	۰/۰۰
P ₄	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۵:۴۱	۶:۴۲:۳۵	۶:۳۶:۵۰	۶:۲۱:۰۹	۰/۸۹	۴	۰/۰۰
P ₅	۰/۷۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰۳:۵۰	۶:۳۶:۵۰	۶:۲۹:۴۰	۶:۲۵:۵۰	۰/۷۴	۳	۰/۰۰
P ₆	۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰۸:۲۲	۶:۴۸:۴۸	۶:۴۲:۳۵	۶:۳۴:۱۳	۰/۰۴	۲	۰/۰۰
P ₇	۰/۸۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۰:۴۵	۷:۰۵:۱۱	۶:۵۹:۴۳	۶:۳۸:۵۸	۱/۰۰	۴	۰/۸۳
P ₈	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰۵:۰۰	۶:۵۳:۰۳	۶:۴۸:۴۸	۶:۴۳:۴۸	۰/۲۸	۳	۰/۰۰
P ₉	۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰۳:۳۹	۶:۵۹:۴۳	۶:۵۳:۰۳	۶:۴۹:۲۴	۰/۰۴	۲	۰/۰۰
P ₁₀	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰۹:۵۸	۷:۰۵:۱۱	۷:۰۵:۱۱	۶:۵۵:۱۳	۰/۹۱	۴	۰/۰۰
P ₁₁	۰/۰۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰۶:۵۹	۷:۱۸:۴۶	۰۷:۱۰:۱۰	۰۷:۰۳:۱۱	۰/۰۸	۲	۰/۰۰
P ₁₂	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۴:۴۶	۷:۳۵:۵۳	۰۷:۲۹:۵۱	۰۷:۰۸:۲۳	۱/۰۰	۴	۱/۰۰
P ₁₃	۰/۳۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰۴:۰۵	۷:۲۳:۰۹	۰۷:۱۸:۴۶	۰۷:۱۴:۴۱	۰/۳۳	۳	۰/۰۰
P ₁₄	۰/۵۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰۵:۰۰	۰۷:۲۹:۵۱	۰۷:۲۳:۰۹	۰۷:۱۸:۰۱	۰/۵۶	۲	۰/۰۰
P ₁₅	۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰۲:۵۲	۰۷:۴۴:۵۴	۰۷:۳۵:۵۳	۰۷:۳۳:۰۱	۰/۰۹	۱	۰/۰۰
P ₁₆	۰/۸۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۵:۲۰	۸:۰۱:۱۶	۰۷:۵۳:۴۸	۰۷:۳۸:۲۸	۰/۸۴	۳	۰/۰۰
P ₁₇	۰/۷۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰۰:۲۹	۰۷:۵۳:۴۸	۰۷:۴۴:۵۴	۰۷:۴۴:۲۵	۰/۷۸	۲	۰/۰۰
P ₁₈	۰/۱۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۰:۲۲	۸:۰۷:۳۳	۰۸:۰۱:۱۶	۰۷:۵۰:۵۴	۰/۱۰	۲	۰/۰۰
P ₁₉	۱/۰۰	۰/۹۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۸:۱۱	۸:۲۰:۱۰	۰۸:۱۵:۴۶	۰۷:۵۷:۳۵	۱/۰۰	۳	۰/۹۹

به دلیل اهمیت زمان انتظار بیماران در بیمارستان‌ها الگوریتم‌های فراوانی در جهت کاهش زمان انتظار ارائه گردیده است. در مطالعه حاضر به ارائه الگوریتمی پویا براساس تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل‌سازی ریاضی مسئله به منظور اولویت‌بندی بیماران در بخش اورژانس پرداخته شد. همچنین به منظور کاهش دادن مقادیر شاخص ویکور (Q) بیماران متعلق به مجموعه نگهداری از توابع اشتراکی مناسب در مدل‌سازی مسئله مورد استفاده قرار گرفت.

با شبیه‌سازی بخش اورژانس بیمارستان عدالتیان مشهد و تخمین میانگین زمان انتظار، نتایج مدل پویای پیشنهادی با مدل‌های ایستا مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مشخص گردید که زمان انتظار در الگوریتم پویا نسبت به الگوریتم ایستا کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است. بنابراین با استفاده از نتایج بدست آمده مشخص می‌گردد الگوریتم پویای ارائه شده نسبت به الگوریتم‌های ایستا قابلیت و توانایی بهتری در کاهش زمان انتظار دارد. همچنین با توجه به گستردگی موضوع این پژوهش، جهت مطالعات آتی پیشنهاد می‌گردد که با استفاده از سایر سیستم‌های تریاژ و نیز توابع اشتراکی (تجمعی) دیگر جهت محاسبه تابع ارزیابی، زمان انتظار در حالت پویا با سایر حالت‌های ایستا مورد بررسی قرار گیرد.

۴- منابع

1. Ashour O.M. & Okudan G.E. (2012). A simulation analysis of the impact of FAHP-MAUT triage algorithm on the emergency department's performance measures. *Expert Systems with Applications*.
2. Badiru A.B., Simin P. & Kang M. (1993). DDM: decision support system for hierarchical dynamic decision making. *Decision support systems*, 10(1), 1-18.
3. Brehmer B. (1992). Dynamic Decision making: Human control of complex systems. *Acta psychological*, 81(3), 211-241.
4. Campanella G. & Riberio R.A. (2011). A framework for dynamic multiple-criteria decision making. *Decision Support Systems*, 52(1), 52-60.
5. Gilboy N., Tanabe T., Travers D. & Rosenau A.M. (2012). Emergency Severity Index (ESI): A Triage Tool for Emergency Department Care. Rockville, MD. Agency for Healthcare Research and Quality.
6. Chen C.T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 144, 1-9.
7. Chang T.H. (2014). Fuzzy VIKOR method: A case study of the hospital service evaluation in Taiwan. *Information Sciences*, 271(1), 196-212.
8. Chen Y. & Li B. (2011). Dynamic multi-attribute decision making model based on triangular intuitionistic fuzzy numbers. *Scientia Iranica*, 18(2), 268-274.
9. Dubois D. & Prade H. (1980). *Fuzzy sets and Systems: Theory and applications*. New York: Academic Press Inc.
10. Hu J. & Yang L. (2011). Dynamic stochastic multi-criteria decision making method based on cumulative prospect theory and set pair analysis. *Systems Engineering Procedia*, 1, 432-439.
11. Hwang C.L. & Yoon K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making Methods and Application: A State of the Art Survey*. Berlin Heidelberg: Springer.
12. Ishizaka A. and Nemery P. (2013). *Multi-criteria decision analysis: methods and software*. Chichester: John Wiley & Sons.
13. Klir G.J. & Folger T.A. (1988). *Fuzzy sets, uncertainty and information*. Prentice Hall.
14. Klir G.J. & Yuan B. (1995). *Fuzzy sets and Fuzzy Logic Theory and applications*. Prentice Hall.
15. Lin Y.H., Lee P.C. & Ting H.I. (2008). Dynamic multi-attribute decision making model with grey number evaluations. *Expert System with applications*, 35(4), 1638-1644.

16. Lourenzutti R. & Krohling R.A. (2016). A generalized TOPSIS method for group decision making with heterogeneous information in a dynamic environment. *Information Sciences*, 330, 1-8.
17. Opricovic S. & Tzeng G.H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 15(2), 445-455.
18. Opricovic S. & Tzeng G.H. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research*. 178(2), 514-529.
19. Schweizer B. & Sklar A. (2005). *Probabilistic Metric Spaces*. Dover Publications.
20. Stewart J.V. (2003). *Vital Signs and Resuscitation*. Landes Bioscience.
21. Triantaphyllou E. (2010). *Multi-criteria decision making methods: a comparative study*. Dordrecht: Springer.
22. Wang L., Zhang Z.X. & Wang Y.M. (2015). A prospect theory-based interval dynamic reference point method for emergency decision making. *Expert Systems with Applications*, 42, 9379-9388.
23. Wei G.W. (2009). Some geometric aggregation functions and their application to dynamic multiple attribute decision making in the intuitionistic fuzzy setting. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 17(02), 179-196.