ارائه یک مدل ترکیبی فازی برای ارزیابی فناوری‌های دفع پسماند در زنجیره تأمین بیمارستانی

علیرضا عرب[1]، ایمن قاسمیان صاحبی[2*]

دانشگاه تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۶/۳۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۳۰

چکیده

پسماندهای مراکز درمانی و بهداشتی که در بیشتر بیمارستان‌ها، آزمایشگاه‌ها و درمانگاه‌ها تولید می‌شوند، به علت آلوده بودن و همچنین زیان‌های ناشی از عدم مدیریت بهداشتی، باعث ازدیاد و اشاعه انواع بیماری‌های خطرناک و مسری شده و تهدیدی جدی برای سلامتی انسان و محیط‌زیست به‌شمار می‌رود. در حال حاضر چهار فناوری متداول برای دفع ضایعات بیمارستانی وجود دارد که مورد توجه اکثر واحدهای درمانی سراسر دنیا قرار گرفته است. هر یک از این فناوری‌ها دارای عملکرد متفاوت با سایرین دارد. از این رو ارزیابی روش‌های دفع ضایعات بیمارستانی نیازمند داشتن معیارهای متفاوت است که باید با مشارکت خبرگان صورت پذیرد. هدف این پژوهش ارائه یک روش برای ارزیابی فناوری‌های امحاء و دفع پسماندهای مراکز درمانی و بهداشتی در شهرستان ساری است. در این مقاله بعد از مرور ادبیات تحقیق و مصاحبه با خبرگان، هشت مورد از مهم‌ترین معیارها شناسایی شدند. همچنین به‌منظور ارزیابی فناوری یک رویکرد ترکیبی بر مبنای روش‌های دیمتل فازی و ویکور فازی ارائه شد. سرانجام بعد از به‌کارگیری مدل پیشنهادی، نتایج حاکی از آن، مهم‌ترین معیار در تصمیم‌گیری، معیار خودکارسازی می‌باشد. در مرحله بعدی روش‌های دفع ضایعات با استفاده از روش ویکور فازی رتبه‌بندی شده و روش تصفیه بخار به‌عنوان بهینه‌ترین روش دفع ضایعات بیمارستانی پیشنهاد گردید.

واژگان کلیدی: پسماند بیمارستانی، زنجیره تأمین بیمارستان، دیمتل، ویکور، مجموعه‌های فازی

۱- مقدمه

یکی از چالش‌های مهم زندگی بشر، تأمین سلامتی و یکی از راه‌های دستیابی به‌سلامتی، درمان بیماری‌ها بوده است. مشخص است که مبحث زنجیره تأمین در حوزه بهداشت، درمان و بیمارستان‌ها اهمیت فوق‌العاده‌ای می‌یابد. مطابق سازمان بهداشت جهانی، زنجیره تأمین بیمارستان دارای چهار قسمت تهیه و تدارک، ذخیره‌سازی و توزیع، استفاده و مدیریت پشتیبانی است. افزایش سریع جمعیت، توسعه صنایع و پیشرفت فناوری و تمایل بشر به افزایش مواد مصرفی و درنتیجه ازدیاد مواد زائد، ازجمله مسائلی است که اخیراً در جوامع بشری بحران‌های عظیمی را به‌وجود آورده است. علاوه‌براین، فناوری پیشرفته‌ای برای جمع‌آوری و دفع چنین موادی در زنجیره تأمین بیمارستان‌ها در اغلب کشورهای جهان به‌ویژه درحال‌توسعه وجود ندارد[۱].

یکی از منابع تولیدی مواد زائد شهری، بیمارستان‌ها، درمانگاه‌ها، مطب پزشکان، کلینیک‌ها، مراکز تحقیقاتی پزشکی، داروخانه‌ها و خانه سالمندان است. مواد زائد تولیدشده در این مکان‌ها را مواد زائد جامد بهداشتی-درمانی گویند. از مهم‌ترین مراکز تولید زباله‌های بیمارستانی می‌توان به بیمارستان‌ها و مراکز درمانی اشاره کرد. به همین دلیل به زباله‌های بیمارستانی تأکید بیشتری می‌شود[۲].

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، پست الکترونیکی: alireza.arab@ut.ac.ir

۲*- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، نویسنده پاسخگو، پست الکترونیکی: iman.ghasemian@ut.ac.ir، نشانی: تهران، خیابان کارگر شمالی، امیر آباد، خوابگاه کوی دانشگاه تهران، ساختمان رسولیان

براساس تعریف سازمان بهداشت جهانی، پسماندهای بیمارستانی به کلیه مواد زائدی اطلاق می‌شود که در فعالیت‌های تشخیصی، درمانی و ایمن‌سازی انسان و حیوان و نیز طی تحقیقات پزشکی و آزمایش‌های بیولوژیکی توسط مراکز بهداشتی، درمانی، تحقیقاتی و آزمایشگاه‌های بهداشتی و تشخیص طبی تولید می‌گردد[۲]. مخاطرات ناشی از پسماندهای بیمارستانی را می‌توان از دیدگاه‌های مختلف مورد بررسی قرار داد. اول اینکه این دسته از پسماندها به دلیل دارا بودن عوامل میکروبی بیماری‌زا و خطرناک و نیز داشتن انواع ترکیبات شیمیایی و سرطان‌زا، می‌توانند افراد و گروه‌هایی مثل بیماران، کارکنان و کارگران مسئول جمع‌آوری را تهدید نمایند. از سوی دیگر عدم رعایت صحیح اصول مدیریت مواد زائد بیمارستانی، موجب نفوذ شیرابه حاصل از آن به آب‌های زیرزمینی و پراکندگی انواع بیماری‌های انگلی و عفونی در جامعه می‌شود[۱].

مدیریت پسماندهای بیمارستانی مراحل مختلف دارد، ولی به‌طورکلی دارای شش مرحله اصلی جداسازی، بسته‌بندی و برچسب‌گذاری، جمع‌آوری، حمل‌ونقل، کاهش حجم پسماند، تصفیه و دفع می‌باشد[۳]. انجمن پسماندهای پزشکی چین، انواع مواد زائد پزشکی را به پنج دسته کلی تقسیم کرده است که در جدول (۱) آمده‌اند[۴]. همان‌گونه که ذکر شد، اگرچه مدیریت صحیح و مناسب HCW شامل مراحل و گام‌های منحصربه‌فردی است، ولی تمرکز اصلی این مقاله بر چگونگی از بین بردن و دفع کامل زباله‌های پزشکی می‌باشد.

جدول(۱): طبقه‌بندی انواع ضایعات بیمارستانی[۴]

طبقه‌بندی پسماندها	تشریح و مثال
ضایعات پاتولوژیک	بافت‌ها و ارگان‌ها، قطعات بدن، جنین انسان، خون و مایعات بدن، لاشه حیوانات
ضایعات عفونی	خون و فرآورده‌های خونی، ضایعات مشکوک حاوی عوامل بیماری‌زا، مواد یا تجهیزاتی که در تماس با بیماران آلوده شده است، محیط‌های کشت و توده‌های عوامل عفونی، فضولات
ضایعات تیز و برنده	سوزن‌ها، تیغ‌های جراحی، شیشه‌های شکسته، چاقوها،ست‌های تزریق، سرنگ‌های زیرجلدی
ضایعات شیمیایی	مواد شیمیایی خورنده، سمی، قابل اشتعال، قابل‌احتراق و واکنش‌پذیر، فلزات سنگین
ضایعات پزشکی	داروهای تاریخ گذشته، محصولات دارویی آلوده، واکسن‌ها، سرم‌ها، ویال‌های دارویی، مایعات بلااستفاده از رادیوتراپی

بنابراین آنچه که مشخص است، ضایعات بیمارستانی بسیار خطرناک بوده و خود می‌توانند منجر به اشاعه انواع بیماری‌های عفونی و آلودگی‌های شدید محیطی شوند.

یکی از وظایف خطیر بیمارستان‌ها دفع و معدوم کردن انواع ضایعات و پسماندهای بیمارستانی است. چراکه عدم چنین کاری خود باعث افزایش هزینه‌های دارو و درمان و سرویس‌دهی‌های جنبی بهداشتی و درمانی می‌شود. در حال حاضر چهار فناوری متداول برای دفع ضایعات بیمارستانی وجود دارد که موردتوجه اکثر واحدهای درمانی سراسر دنیا قرارگرفته است که عبارت‌اند از: سوزاندن، تصفیه با بخار، ماکروویو و دفن بهداشتی. بنابراین بیمارستان‌ها باید روشی را انتخاب کنند که پیامدهای موفقیت‌آمیزی برای آنها داشته باشد. هریک از فناوری‌های مذکور دارای عملکرد متفاوتی با سایرین دارد و می‌تواند همه آنها را با استفاده از معیارهایی مورد ارزیابی قرار دهد. ازاین‌رو ارزیابی روش‌های دفع ضایعات بیمارستانی نیازمند داشتن معیارهای متفاوت می‌باشد که باید با مشارکت خبرگان صورت پذیرد و می‌توان آن را به‌صورت یک مسئله پیچیده تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در نظر گرفت و نیاز به یک فرآیند بررسی گسترده از روش‌های بالقوه دفع ضایعات دارد. بیشتر معیارهای بالقوه ارزیابی روش‌های دفع، مثل معیارهای اقتصادی، فنی، زیست‌محیطی و اجتماعی و زیرمعیارهای مرتبط با آنها باید در ارزیابی گزینه‌ها موردنظر قرار گیرند[۵]. ازاین‌رو روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره کلاسیک مثل AHP در بسیاری از مطالعات موردی برای ارزیابی فناوری‌های مدیریت ضایعات بیمارستانی استفاده می‌شوند [۶]،[۷]،[۸] و [۹]؛ بااین‌حال، به دلیل عدم اطمینان در خصوص اطلاعات و ابهام در احساسات و شناخت بشر، خیلی سخت و نادرست است که بتوان اعداد قطعی را برای فاکتورهای انتخاب در فرآیند ارزیابی استفاده کرد. ازاین‌رو منطق فازی یا تئوری مجموعه فازی [۱۰] به‌وسیله تعداد زیادی از محققان برای مواجهه با ابهام موجود در مسائل مدیریت ضایعات بیمارستانی به‌کار گرفته می‌شود. در این پژوهش از یک رویکرد ترکیبی برای ارزیابی روش‌های از بین بردن ضایعات در زنجیره تأمین بیمارستان استفاده گردیده است. در واقع پرسش‌های این پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

- مهم‌ترین فناوری‌های دفع ضایعات در زنجیره تأمین بیمارستان‌ها کدام‌اند؟

• از چه شاخص‌هایی برای ارزیابی فناوری‌های دفع ضایعات بیمارستانی باید بهره برد؟

• مناسب‌ترین روش تصمیم‌گیری برای ارزیابی فناوری‌های دفع ضایعات بیمارستانی کدام است؟

۲- پیشینه تحقیق

تحقیقات متعدد در زمینه‌های مختلفی به ارزیابی شیوه‌های مدیریت ضایعات بیمارستانی صورت گرفته است. این تحقیقات از پرسشنامه‌های آماده، تحقیقات میدانی و مصاحبه با کارکنان برای پیمایش واحدهای درمانی که ضایعات درمانی را به وجود می‌آورند، پرداخته‌اند [۴]. از سویی دیگر تحقیقاتی با هدف ارتقاء مدیریت ضایعات بیمارستانی برای انتخاب بهینه‌ترین روش برای دفع ضایعات بیمارستانی انجام شده است[۱۱]،[۱۲] و [۱۳].

در ادامه به مهم‌ترین تحقیقات این حوزه پرداخته می‌شود.

زارن[1] [۱۴] یک ساختار نهادی برای حل مدیریت ناکارآمد ضایعات بیمارستانی در بخش اروپایی استانبول ارائه کرد.

دیاز[2] و دیگران[۱۲] برخی از متداول‌ترین روش‌های دفع دفع ضایعات عفونی کشورهای توسعه‌یافته را تشریح کردند.

برنت[3] و دیگران[۶] روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را با رویکرد مدیریت چرخه حیات در زمینه توسعه پایدار برای ایجاد و بهینه‌سازی سیستم مدیریت ضایعات بیمارستانی که خطرات عفونت را در مناطق روستایی و کشورهای درحال‌توسعه حداقل می‌سازد، ترکیب کردند.

تودور[4] و دیگران[۱۵] محدودیت‌های مدیریت پایدار ضایعات بیمارستانی را از طریق یک مطالعه موردی در بخش درمانی مورد بررسی قرار دادند.

آلاغوز و کوچاسوی[5] [۱۶] اطلاعات فنی مرتبط با فناوری‌های دفعی که در حال حاضر موجود می‌باشند را مورد پژوهش قراردادند و هر روش را با استفاده از معیارهای هزینه سرمایه‌گذاری، هزینه عملیاتی و حمل‌ونقل مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دادند.

آلاغوز و کوچاسوی[۱۷و۱۸] وضعیت روش‌های مدیریت ضایعات بیمارستانی را از قبیل مقدار ضایعات بیمارستانی تولیدشده، روش‌های تفکیک، جمع‌آوری، ذخیره موقت و حمل‌ونقل در درون و بیرون از بیمارستان و تعیین اولویت‌های اصلی برای مدیریت و حمل‌ونقل این ضایعات بیمارستانی را با در نظر گرفتن فاکتورهای اقتصادی و زیست‌محیطی موردبررسی قراردادند. آنها همچنین یک سیستم جمع‌آوری و حمل ضایعات بیمارستانی را برای شهر استانبول پیشنهاد دادند.

محمد و دیگران[۱۹] فعالیت‌های مدیریت ضایعات بیمارستانی شامل تولید ضایعات، تفکیک، ذخیره‌سازی، جمع‌آوری، حمل‌ونقل و دفع را در بحرین تجزیه‌وتحلیل کردند.

تقی‌پور و مسافری[6] [۲۰] تحقیقی را برای تعیین کمیت و نرخ تولید، کیفیت و ترکیب ضایعات بیمارستانی تولیدشده در شهر تبریز انجام دادند.

کاراگیانیدیس[7] و دیگران[۹] فرآیندهای روش حرارتی دفع ضایعات عفونی بیمارستانی را در یونان با استفاده از روش AHP مورد ارزیابی قرار دادند.

گای[8] و دیگران[۲۱] وضعیت مدیریت ضایعات بیمارستانی را در سطوح مختلف تسهیلات بیمارستانی در شاندونگ چین پس از اجرای مقررات ملی و استانداردها مورد بررسی قرار دادند.

دورسان[9] و دیگران[۳و۵] تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره فازی را برای ارزیابی روش‌های دفع ضایعات بیمارستانی به‌کار گرفتند.

لیو[10] و دیگران[۲۲] مدل تصمیم‌گیری چند معیاره را بر پایه تئوری مجموعه فازی و روش ویکور برای شناسایی مناسب‌ترین گزینه‌های دفع ضایعات بیمارستانی استفاده کردند.

1- Zeren
2- Diaz
3- Brent
4- Tudor
5- Alagoz & Kocasoy
6- Taghipour H, Mosaferi
7- Karagiannidis
8- Gai
9- Dursun
10- Liu

جدول(۲): مهم‌ترین تحقیقات انجام شده در حوزه HCW

ردیف	محقق	عنوان	شاخص‌ها	روش تحقیق	یافته‌ها
۱	Dursun, & Almula, (2011)	ارائه چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی گروهی برای ارزیابی روش‌های دفع ضایعات بیمارستانی.	اقتصادی، زیست‌محیطی، فنی و اجتماعی	استفاده از روش‌های انتگرال فازی و تکنیک OWA برای ارزیابی شاخص‌ها در بیمارستان‌های ترکیه.	نتایج تحقیق نشان داد که شاخص زیست‌محیطی در درجه اول اولویت قرارگرفته، همچنین شاخص‌های اقتصادی، فنی و اجتماعی در رده‌های بعدی جای گرفتند.
۲	Liu, H., Lu, C., & Chen, Y. (2015)	ارزیابی روش‌های دفع ضایعات بیمارستانی با به‌کارگیری رویکرد تصمیم‌گیری فازی.	شاخص‌های هزینه، آلایندگی، مقبولیت عمومی، قابلیت اطمینان، درجه اتوماسیون	محقق با به‌کارگیری روش‌های منطق فازی و روش ساختار سلسله مراتبی چند سطحی، به ارزیابی سه فناوری دفع ضایعات در ترکیه پرداختند.	نتایج بیانگر آن بود که فناوری تصفیه بخار به‌عنوان برترین فناوری می‌باشد. همچنین فناوری سوزاندن به‌عنوان ناکارآمدترین شناخته شد.
۳	Brent AC, Rogers DEC, Rohwer MB. (2007)	کاربرد تکنیک AHP برای استقرار سیستم مدیریت ضایعات بهداشتی با هدف حداقل‌سازی ریسک‌های عفونت در کشورهای درحال‌توسعه.	در نظر گرفتن شاخص‌های تکنیکال، محیطی، زیرساختاری، رویه‌ها، تجهیزات برای استقرار سیستم مدیریت دفع ضایعات.	استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای سنجش میزان آمادگی دو کشور آفریقای جنوبی و لسوتو.	نتایج نشان داد که تکنیک AHP در زمینه استقرار سیستم مدیریت ایمنی بسیار کارا بوده و همچنین شاخص محیطی به‌عنوان بارزترین شاخص در استقرار این سیستم می‌باشد.
۴	Dursun & Karadayi MA .(2011)	کاربرد روش MULTIMOORA برای انتخاب و ارزیابی فناوری دفع ضایعات بیمارستانی.	شاخص‌های اجتماعی، فنی، محیط زیستی و مالی برای ارزیابی انتخاب شدند که هرکدام خود دارای چند معیار بودند.	محققین با استفاده از روش مولتی‌مورا و تعریف متغیر زبانی به انتخاب روش دفع مناسب ضایعات در بیمارستان‌های چین پرداختند.	نتایج نشان داد که مناسب‌ترین فناوری برای دفع ضایعات بیمارستانی در کشور چین استفاده از فناوری تصفیه بخار می‌باشد.

با توجه به مرور کامل مبانی نظری و تحقیقات انجام‌شده، تاکنون شاخص‌های بسیاری را برای ارزیابی فناوری‌های دفع ضایعات به‌کار گرفتند که مهم‌ترین آنها در جدول (۳) آمده است.

جدول(۳): معیارها و زیرمعیارهای مربوط به ارزیابی فناوری‌های HCW استخراج شده از ادبیات

ردیف	شاخص	زیرمعیار	منبع
۱	اجتماعی	مقبولیت عمومی	[۵] [۶]
		انطباق باسیاست‌های محیطی	
		نیازمندی به فضا	
۲	اقتصادی	هزینه سرمایه	[۴] [۸] [۵]
		هزینه عملیاتی	
		هزینه خالص به ازای هر تن	
۳	زیست‌محیطی	سروصدا	[۵] [۴] [۶]
		میزان پسماند	
		اثرات بهداشتی	
		بو	
		آلایندگی	
۴	فنی	قابلیت اطمینان	[۷] [۳] [۵] [۶]
		اثربخشی	
		میزان کاهش حجم ضایعات	
		سطح اتوماسیون	
		اپراتورهای دانشی و بامهارت	
		نرخ حوادث شغلی	

شکل(۱): مراحل انجام تحقیق

۳- مدل ترکیبی ارزیابی گزینه‌های دفع HCW

در این قسمت به معرفی رویکرد ترکیبی MCDM بر مبنای دو تکنیک دیمتل فازی و ویکور فازی که در پژوهش حاضر برای ارزیابی فنّاوری‌هایی که در دفع ضایعات بیمارستان مورداستفاده قرار می‌گیرند، پرداخته می‌شود. به‌عبارت‌دیگر مدل پیشنهادی برای ارزیابی گزینه‌های دفع ضایعات شامل دو مرحله اصلی می‌باشد:

۱) ترسیم نقشه سلسله‌مراتبی میان شاخص‌ها و محاسبه وزن آن‌ها با استفاده از تکنیک DEMATEL فازی و

۲) رتبه‌بندی گزینه‌های دفع ضایعات بیمارستانی با کمک تکنیک ویکور فازی (FVIKOR). در شکل (۱) گام‌های مدل پیشنهادی به‌صورت شماتیک ترسیم شده‌اند.

۱.۳.تکنیک DEMATEL فازی

روش DEMATEL به‌وسیله برنامه علوم و بشر انستیتو BattelleMemorial ژنو، بین سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۷۶ ایجاد شد. این تکنیک، روشی برای نمایش ساختار پیچیده روابط علی و معلولی به‌وسیله نمودار یا ماتریس است که ماتریس‌ها و یا نمودارها، روابط مبتنی بر عناصر سیستم را نشان می‌دهند و اعداد روی نمودارها، نشانگر شدت اثر هر یک از عناصر می‌باشند**[۲۳]**. با توجه به اینکه استفاده از روش دیمتل به نظرات کارشناسان نیاز است و این نظرات دربرگیرنده عبارات کلامی و دوپهلو می‌باشد، به‌منظور یکپارچه‌سازی و رفع ابهام آنها، بهتر است این عبارات به اعداد فازی تبدیل شوند. برای حل این مشکل لین و وو[1] مدلی ارائه کردند که از روش دیمتل در محیط فازی بهره می‌برد[۲۴]. در ادامه مراحل روش تشریح شده است.

مرحله اول: کسب نظرات خبرگان و میانگین‌گیری از آنها

فرض کنید تعداد P نفر خبره در مورد روابط بین معیارهای طبقه‌بندی اقلام موجودی با بهره‌گیری از عبارات کلامی جدول (۱) نظر داده‌اند. ازاین‌رو تعداد P ماتریس $\tilde{x}^1$، $\tilde{x}^2$،$\tilde{x}^p$ که هر ماتریس مربوط به نظرات یک خبره می‌باشد و مشخص شدن درایه‌های آن با اعداد فازی مربوطه تشکیل می‌شود. فرمول (۱) برای محاسبه ماتریس میانگین نظرات استفاده می‌شود. ازاین‌رو برای تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم از متغیرهای زبانی تعریف‌شده در جدول شماره (۲) استفاده می‌شود.

$$\tilde{z} = \frac{\tilde{x}^1 \oplus \tilde{x}^2 \oplus \tilde{x}^3 \oplus \ldots \oplus x^p}{p} \qquad (۱$$

ماتریس Z ماتریس فازی اولیه روابط مستقیم نامیده می‌شود.

مرحله دوم: محاسبه ماتریس روابط مستقیم نرمال شده

برای نرمالیزه کردن ماتریس به‌دست‌آمده از فرمول‌های (۲) و (۳) استفاده می‌شود.

$$\tilde{H}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l'_{ij}}{r}, \frac{m'_{ij}}{r}, \frac{u'_{ij}}{r}\right) = \left(l''_{ij}, m''_{ij}, u''_{ij}\right) \qquad (۲)$$

که r از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$r = \max_{1\le i\le n}\left(\sum_{j=1}^{n} u_{ij}\right) \qquad (۳)$$

مرحله سوم: محاسبه ماتریس فازی روابط مجموع T

ماتریس روابط کل فازی با توجه به فرمول‌های (۴ تا ۷) حاصل می‌شود.

$$T = \lim_{k\to+\infty}\left(\tilde{H}^1 \oplus \tilde{H}^2 \oplus \ldots \oplus \tilde{H}^k\right) \qquad (۴)$$

که هر درایه آن عدد فازی به‌صورت (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) است و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$[m_{ij}] = H_m * (I - H_m)^{-1} \qquad (۵)$$

$$[m_{ij}] = H_m * (I - H_m)^{-1} \qquad (۶)$$

$$[u_{ij}] = H_u * (I - H_u)^{-1} \qquad (۷)$$

در این فرمول‌ها I ماتریس یکه و $\mathbf{H_l}$، $\mathbf{H_m}$ و $\mathbf{H_u}$ هرکدام ماتریس n×n هستند که درایه‌های آن را به ترتیب عدد پایین، عدد میانی و عدد بالایِ اعداد فازیِ مثلثیِ ماتریسِ H تشکیل می‌دهد.

جدول(۴): تناظر عبارات کلامی با اعداد فازی مثلثی[۲۵]

نماد	عبارات کلامی	اعداد فازی
VH	تأثیر خیلی زیاد	(0.75,1.0,1.0)
H	تأثیر زیاد	(0.5,0.75,1.0)
L	تأثیر کم	(0.25,0.5,0.75)
VL	تأثیر خیلی کم	(0,0.25,0.5)
AN	بدون تأثیر	(0,0,0.25)

1- Lin & Wu

مرحله چهارم: به دست آوردن مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس $\tilde{T}$

مجموع سطرها و ستون‌ها با توجه به فرمول‌های (۸ و ۹) به دست می‌آیند.

$$\tilde{D} = (\tilde{D}_i)_{n\times 1} = [\sum_{j=1}^{n} \tilde{T}_{ij}]_{n\times 1} \qquad (۸)$$

$$\tilde{R} = (\tilde{R}_i)_{1\times n} = [\sum_{i=1}^{n} \tilde{T}_{ij}]_{1\times n} \qquad (۹)$$

که $\tilde{D}$ و $\tilde{R}$ به ترتیب ماتریس $n \times 1$ و $1 \times n$ هستند.

مرحله پنجم: مشخص کردن میزان اهمیت شاخص‌ها ($\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$) و رابطه بین معیارها ($\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$)

اگر $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i > 0$ باشد، معیار مربوطه اثرگذار و اگر $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i < 0$ باشد معیار مربوطه اثرپذیر است.

مرحله ششم: دی فازی کردن اعداد فازی $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ و $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$ به‌دست‌آمده از مرحله قبلی

اعداد فازی $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ و $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$ به‌دست‌آمده از مرحله قبلی، طبق فرمول (۱۰) دی فازی می‌شوند.

$$B = \frac{l + 2m + u}{4} \qquad (۱۰)$$

که در آن B دی فازی شده عدد $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ می‌باشد.

مرحله هفتم: به دست آوردن اوزان نفوذ و اثرگذاری معیارها

اهمیت نسبی معیارها با استفاده از فرمول (۱۱) محاسبه می‌شوند[۲۶و۲۷].

$$w_j = [(D_i + R_i)^2 + (D_i - R_i)^2]^{\frac{1}{2}} \qquad (۱۱)$$

مرحله هشتم: نرمال‌سازی اوزان معیارها

اوزان به‌دست‌آمده از مرحله قبلی را می‌توان با استفاده از فرمول (۱۲) نرمال کرد.

$$\bar{W}_j = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^{n} w_j} \qquad (۱۲)$$

- تعیین بهترین و بدترین مقدار برای هر معیار:

$\bar{W}_j$ وزن نهایی معیارها را برای تصمیم‌گیری نشان می‌دهد. درواقع با استفاده از رویکرد جدید تکنیک دیمتل که می‌توان اوزان شاخص‌ها را هم محاسبه نمود، در این پژوهش به محاسبه اوزان پرداخته شد تا در مرحله بعدی از اوزان محاسبه‌شده در تکنیک ویکور فازی استفاده گردد.

۳-۲- تکنیک Fuzzy VIKOR

ویکور یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چند متغیره می‌باشد که عملکرد گزینه‌های انتخابی را رتبه‌بندی می‌کند. به‌تازگی ویکور در زمینه‌های مختلف تصمیم‌گیری مورداستفاده قرار می‌گیرد. ویکور حرف اختصاری عبارت صربی (VlseKriteriumska Optimizacija I kompromisno resenje) و یکی از مدل‌های پرکاربرد در تصمیم‌گیری و انتخاب گزینه برتر می‌باشد. این مدل از سال ۱۹۸۸ توسط اپروکویک و تزنگ بر مبنای روش توافق جمعی و با داشتن معیارهای متضاد تهیه‌شده و عموماً برای حل مسائل گسسته کاربرد دارد[۲۸و۲۹] .

مراحل تصمیم‌گیری به کمک تکنیک ویکور فازی به شرح زیر می‌باشد[۳۰و۳۱] .

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری ارزیابی گزینه‌ها: در پژوهش حاضر ماتریس اولیه توسط متغیرهای زبانی تعریف‌شده مطابق جدول شماره ۳ تشکیل گردید.

گام دوم: بی مقیاس نمودن ماتریس تصمیم‌گیری: در این گام بایستی ماتریس تصمیم‌گیری فازی را به یک ماتریس بی مقیاس شده فازی تبدیل نمائیم. برای به دستیابی به ماتریس، باید مراحل زیر طی شود:

جدول(۵): متغیرهای کلامی مرتبط با عملکرد روش دفع نسبت به معیارها[۳۲]

نماد	عبارات کلامی	اعداد فازی
VL	خیلی کم	(0،1،3)
L	کم	(1،3،5)
M	متوسط	(3،5،7)
H	زیاد	(5،7،9)
VH	خیلی زیاد	(7،9،10)

بهترین و بدترین هریک از مقادیر در هر معیار شناسایی‌شده و به ترتیب $\tilde{f}_j^*$ و $\tilde{f}_j^\circ$ نامیده می‌شود.

درصورتی‌که معیار j ام، معرف سود باشد $\tilde{f}_j^*$ و $\tilde{f}_j^\circ$ از روابط زیر حاصل می‌شود:

$$\tilde{f}_j^* = \max_i \tilde{f}_{ij} \quad i=1,2,\ldots,n \quad for \quad j \in j^b \text{ (سود باشند)} \qquad (۱۳)$$

$$\tilde{f}_j^\circ = \min_i \tilde{f}_{ij} \quad i=1,2,\ldots,n \quad for \quad j \in j^b \text{ (سود باشند)} \qquad (۱۴)$$

ولی درصورتی‌که معیار j ام، معرف هزینه باشد $\tilde{f}_j^*$ و $\tilde{f}_j^\circ$ از روابط زیر به دست می‌آید:

$$\tilde{f}_j^* = \min_i \tilde{f}_{ij} \quad i=1,2,\ldots,n \quad for \quad j \in j^c \text{ (هزینه باشند)} \qquad (۱۵)$$

$$\tilde{f}_j^\circ = \max_i \tilde{f}_{ij} \quad i=1,2,\ldots,n \quad for \quad j \in j^c \text{ (هزینه باشند)} \qquad (۱۶)$$

o به دست آوردن مقادیر نرمالیزه شده

$$\tilde{d}_{ij} = (\tilde{f}_j^* \ominus \tilde{f}_{ij}) / (r_j^* - l_j^\circ) \quad \text{(برای معیارهای معرف سود)} \qquad (۱۷)$$

$$\tilde{d}_{ij} = (\tilde{f}_{ij} \ominus \tilde{f}_j^*) / (r_j^\circ - l_j^*) \quad \text{(برای معیارهای معرف هزینه)} \qquad (۱۸)$$

گام سوم: محاسبه $\tilde{S}_i$ و $\tilde{R}_i$:

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{J} (\tilde{W}_j \otimes \tilde{d}_{ij}) \qquad (۱۹)$$

$$\tilde{R}_i = \max_j (\tilde{W}_j \otimes \tilde{d}_{ij}) \qquad (۲۰)$$

گام چهارم: محاسبه $\tilde{Q}_i$:

اگر $\tilde{Q}_i = (Q_i^l, Q_i^m, Q_i^r)$ باشد آنگاه:

$$\tilde{Q}_i = v \frac{(\tilde{S}_i \ominus \tilde{S}^*)}{S^{\circ r} - S^{*l}} \oplus (1-v) \frac{(\tilde{R}_i \ominus \tilde{R}^*)}{R^{\circ r} - R^{*l}} \qquad (۲۱)$$

که در آن :

$$\tilde{S}^* = \min_i \tilde{S}_i \qquad (۲۲)$$

$$\tilde{S}^{\circ r} = \max_i S_i^r \qquad (۲۳)$$

$$\tilde{R}^* = \min_i \tilde{R}_i \qquad (۲۴)$$

$$\tilde{R}^{\circ r} = \max_i R_i^r \qquad (۲۵)$$

پارامتر V وزنی برای بیشینه مطلوبیت گروهی است که مقدار آن می‌تواند بین ۰ و ۱ باشد که در این تحقیق ۰.۵در نظر گرفته‌شده است. مقادیر فازی S، R و Q با توجه به فرمول زیر قطعی می‌شوند:

اگر $\tilde{N} = (l, m, r)$ باشد. ($\tilde{N}$ یک عدد فازی است).

$$Crisp(\tilde{N}) = \frac{2m + l + r}{4} \qquad (۲۶)$$

گام پنجم: رتبه‌بندی نزولی گزینه‌ها

در این گام گزینه‌ها بر اساس مقادیر S، R و Q به‌صورت نزولی رتبه‌بندی شده و نتیجه نهایی حاصل می‌شود.

۴- مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع هدف، تحقیقی کاربردی به شمار می‌رود و از نظر شیوه گردآوری داده‌ها «توصیفی-اکتشافی» است و در پی شناسایی مناسب‌ترین فناوری دفع ضایعات بیمارستانی در زنجیره تأمین بیمارستان به‌حساب می‌آید. بدین منظور برای جمع‌آوری داده‌ها از کارشناسان و خبرگان بیمارستان‌های بزرگ شهرستان ساری استفاده گردیده است. چراکه ساری به‌عنوان مرکز استان مازندران دارای بیمارستان‌های تخصصی و فوق‌تخصصی و کلینیک‌های بسیاری بوده و طبق آمار سازمان نظام پزشکی روزانه حدود ۱۰ الی ۱۵ تن ضایعات بیمارستانی در این شهرستان تولید می‌گردد که طبق اظهارات مسئولین باید برای امحا کامل پسماندهای بیمارستانی از دستگاه‌های استاندارد و فناوری‌های روز استفاده کرد. بعد از مصاحبه با خبرگان به‌طورکلی چهار فناوری متداول برای دفع ضایعات بیمارستانی شناسایی گردید که عبارت‌اند از: ۱- سوزاندن، ۲- تصفیه با بخار، ۳- ماکروویو و ۴- دفن بهداشتی. توضیح مختصری از فناوری‌های مذکور در ادامه آمده است. لازم به ذکر است که فناوری‌های مذکور به‌عنوان گزینه‌های مدل پیشنهادی در تحقیق حاضر در نظر گرفته می‌شوند.

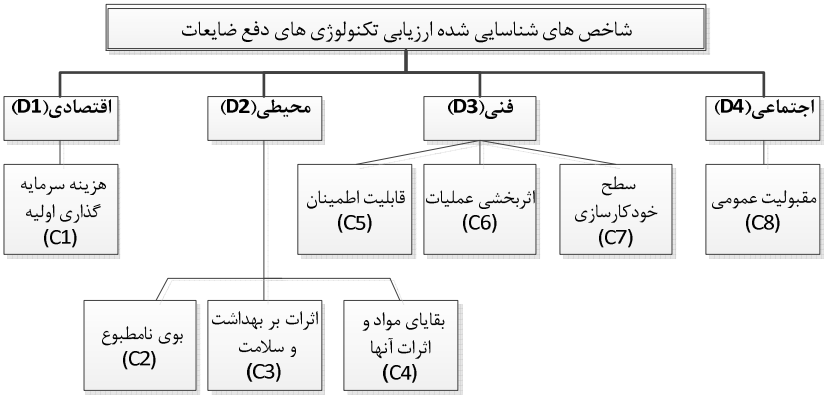
۱- سوزاندن(A_1)

زباله‌سوزی یک فرآیند اکسیداسیون خشک در دمای بالا است که ضایعات آلی و قابل‌احتراق را به خاکستر معدنی با کاهش حجم و وزن ضایعات در حد بالا (۹۰ درصد) تبدیل می‌کند[۴].

عیوب بزرگ این روش: انتشار باکتری‌ها ویروس‌ها به علت عدم تأمین دمای کافی، انتشار ذرات سمی به علت عدم استفاده از فیلترهای خروجی مناسب، انتشار دی‌اکسیدها و فوران‌ها به علت عدم احتراق کامل و انتشار گازهای خطرناک از سوزاندن زباله‌های پلاستیکی به علت فرآیند سوختن ناقص مواد ارگانیک می‌باشند[۵].

۲- تصفیه بخار (اتوکلاوینگ)(A2)

این روش رطوبت، گرما و فشار را برای غیرفعال کردن میکروارگانیسم‌ها ترکیب می‌کند. مشکل اصلی این روش زمان کافی برای تضمین تخریب عوامل بیماری‌زا و ظرفیت محدودتر بسیاری از اتوکلاوها در مقایسه با روش سوزاندن می‌باشد [۴].



شکل(۲): شاخص‌های ارزیابی فناوری‌های دفع ضایعات بیمارستانی

۳- ماکروویو(A3)

مرحله اول این روش تابش ماکروویو بزرگ واحد دفع مواد زائد درمانی می‌باشد. در مرحله بعد زباله به‌صورت خودکار به یک دستگاه خردکن مواد زائد منتقل می‌شود تا در آنجا خردشده و به‌منظور افزایش رطوبت مواد زائد با اسپری به آن بخار زده می‌شود. در مرحله بعد زباله مرطوب در طی یک دوره ۲ ساعته توسط ۶ دستگاه ماکروویو در معرض گرمای آن‌ها قرار می‌گیرد. این فرآیند دمای زباله‌ها را تا بیش از ۹۰ درجه سانتی گراد می‌رساند[۶].

۴- دفن بهداشتی(A4)

این روش به علت هزینه‌های پایین، اثرات زیست‌محیطی کم و در صورت طراحی و اجرای درست و اثربخشی در کنترل خطرات بهداشتی و سلامت در بیشتر مواقع یکی از روش‌های ارجح دفع مواد زائد جامدات می‌باشد. محل‌های دفن زباله باید در زمینه سیستم‌های جداره کف و دیواره محل برای جلوگیری از فرار شیرابه‌ها از محل دفن و آلوده کردن آب‌های زمین اطراف، دارای عملکرد بالایی باشند. برای به حداقل رساندن نفوذ آب زباله و ایجاد شیرابه، زهکشی سیستم‌های پوشش‌دهنده باید به‌منظور مطابقت با استانداردهای عملکردی مشخص‌شده، طراحی و ساخته شوند[۵].

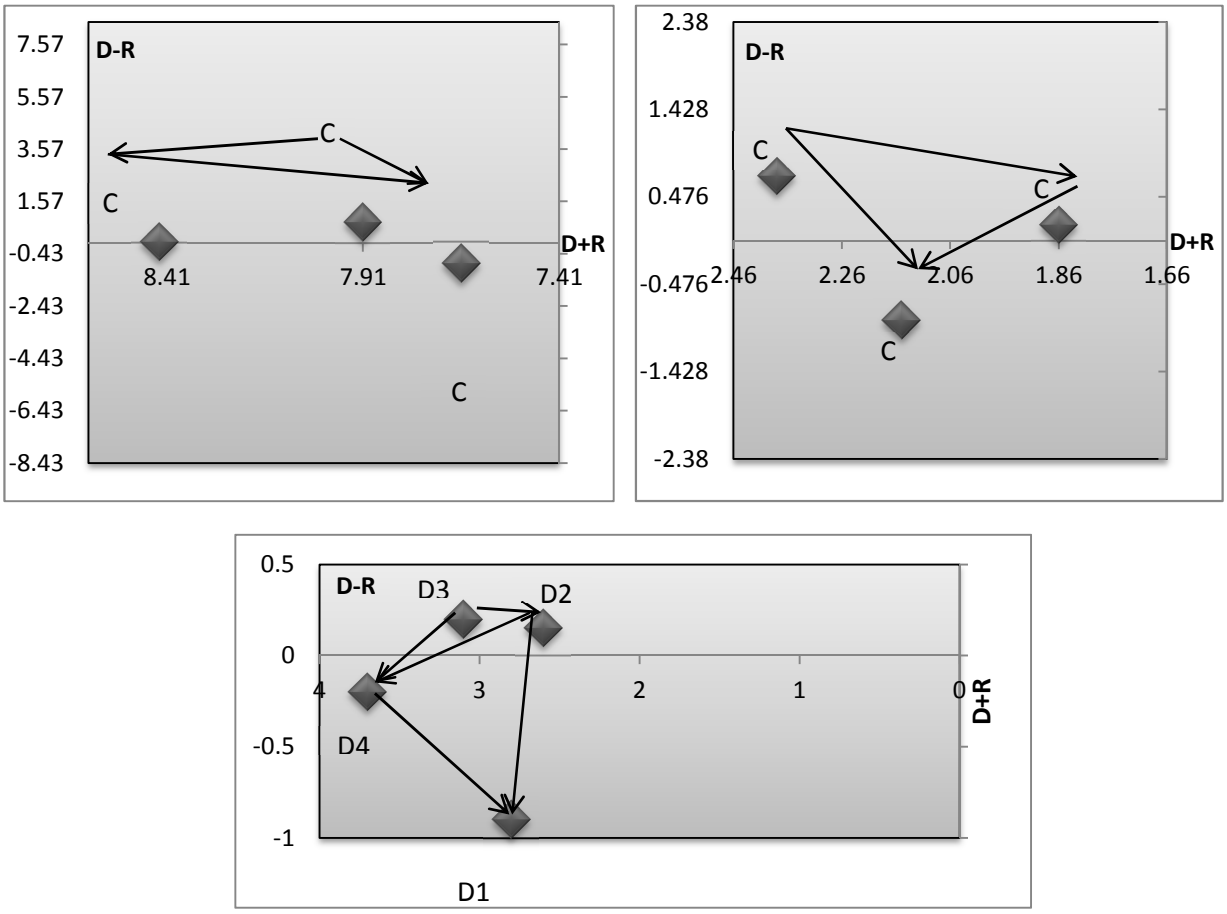
به‌منظور ارزیابی و مقایسه فناوری‌هایی که در بالا به آنها اشاره‌شده، باید شاخص‌های کمی و کیفی بسیاری موردتوجه قرار گیرد. بعد از مصاحبه با خبرگان و بررسی ادبیات تحقیق، مهم‌ترین شاخص‌های شناسایی‌شده در چهار دسته اقتصادی، محیطی، فنی و اجتماعی جای می‌گیرند. ساختار سلسله مراتبی شاخص‌های شناسایی‌شده به همراه ابعاد آنها در شکل (۲) نشان داده‌شده است.

در ادامه به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین فناوری دفع ضایعات در زنجیره تأمین بیمارستان به حل مسئله با استفاده از مدل پیشنهادی پرداخته می‌شود.

به‌منظور تعیین اوزان معیارها، پرسشنامه‌ای تدوین گردید و از خبرگان خواسته شد تا در مورد ارتباط درونی معیارها نظرات خود را اعمال نمایند. داده‌ها بعد از آگاه کردن خبرگان از هدف این پژوهش گردآوری گردیده و نظرات آنها در مورد روابط بین معیارها در یک ماتریس ۸×۸ مطابق متغیرهای زبانی تعریف‌شده در جدول (۴) جمع‌آوری گردید که در جدول شماره (۶) آورده شده‌اند.

جدول(۶): ماتریس ارتباط مستقیم استخراج‌شده از نظرات ۴ خبره

C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
H,L,AN,L	AN,L,H,H	H,AN,L,H	H,H,L,L	H,H,VH,H	H,L,H,VH	VH,H,H,H	-	C1
H,H,VH,VH	H,H,H,L	H,H,VH,L	H,L,AN,L	H,L,VH,AN	H,L,L,VH	-	AN,AN,L,AN	C2
H,H,VH,VH	H,H,H,AN	H,L,L,H	AN,AN,AN,L	AN,AN,AN,L	-	AN,AN,AN,AN	L,L,L,VL	C3
H,H,VH,VH	H,VH,VH,L	H,L,H,VH	AN,AN,L,L	-	AN,L,L,VH	H,L,AN,VH	H,H,L,AN	C4
H,AN,L,L	H,H,H,H	H,H,VH,H	-	H,L,L,VH	H,H,H,H	VH,H,VH,H	H,H,VH,VH	C5
H,H,H,H	H,H,H,H	-	H,L,H,H	H,H,H,VH	H,H,H,H	VH,VH,VH,H	H,L,H,L	C6
L,H,L,H	-	H,L,L,VH	L,L,AN,H	AN,L,L,L	AN,AN,AN,H	H,AN,L,L	H,H,H,H	C7
-	H,L,L,L	H,L,VH,VH	H,L,L,L	H,H,L,L	L,L,AN,H	AN,H,L,L	H,H,H,H	C8



شکل(۳): ماتریس‌های اثرگذاری و اثرپذیری شاخص‌ها

در جدول شماره۷، وزن‌های محاسبه شده شاخص‌ها به‌وسیله روش دیمتل فازی آورده شده است.

جدول(۷): اوزان محاسبه شده شاخص‌ها با روش دیمتل فازی

ابعاد	شاخص‌ها	D+R	D-R	W_j
D_1	C_1	5.2	0.68	0.12
D_2	C_2	2.38	0.7	0.126
	C_3	1.89	0.17	0.078
	C_4	2.15	-0.87	0.133
D_3	C_5	7.91	0.77	0.129
	C_6	8.43	0.03	0.142
	C_7	7.66	-0.8	0.161
D_4	C_8	5.92	-0.24	0.113

در ادامه همان‌طور که در قسمت‌های قبلی توضیح داده شد، با استفاده از روش دیمتل فازی به تعیین روابط علی و معلولی و همچنین وزن دهی معیارها و زیرمعیارها پرداخته شد که در شکل (۳) ماتریس اثرگذاری و اثرپذیری معیارها و زیرمعیارها پس از محاسبات انجام‌شده ذکر شده است.

حال بعد از آنکه میزان اثرپذیری و اثرگذاری و وزن تمام شاخص‌ها مشخص‌گردید، برای رتبه‌بندی فناوری‌های دفع ضایعات با استفاده روش ویکور فازی پرداخته می‌شود که محاسبات در ادامه آمده است. بعد از آنکه کمیته چهار نفره‌ای برای ارزیابی و بررسی فناوری‌های دفع ضایعات در زنجیره تأمین بیمارستان تشکیل‌گردید. به منظور انتخاب روش برتر دفع، هر یک از اعضای کمیته به‌وسیله پرسشنامه‌ای که طراحی شده‌بود، نظرات خود را بیان کردند که در جدول (۸) آمده است.

جدول(۸): ارزیابی گزینه‌ها توسط متغیرهای زبانی تعریف شده توسط خبرگان

خبره	گزینه	شاخص							
		C_1(-)	C_2(-)	C_3(+)	C_4(-)	C_5(+)	C_6(+)	C_7(+)	C_8(+)
E_1	A_1	VH	H	H	VH	H	VH	M	L
	A_2	L	VL	M	L	VH	H	L	M
	A_3	H	L	L	VL	M	VH	VL	M
	A_4	L	H	L	VH	L	L	H	L
E_2	A_1	H	M	L	M	H	H	M	L
	A_2	L	L	M	L	VH	VH	L	H
	A_3	VH	VL	M	M	L	M	M	VH
	A_4	L	H	M	L	H	L	M	L
E_3	A_1	H	L	H	H	VH	VH	M	L
	A_2	M	M	L	L	H	VH	H	H
	A_3	M	L	L	L	M	M	H	M
	A_4	M	VH	M	H	VL	VL	M	VL
E_4	A_1	VH	M	VH	M	VH	H	H	H
	A_2	M	L	L	L	M	M	H	L
	A_3	M	H	L	L	M	M	H	M
	A_4	L	VH	H	VH	H	L	L	H

ارزیابی گزینه‌ها براساس معیارها طبق اعداد فازی و عبارات جدول (۵)، در جدول (۹) مشخص شده است. اعداد مندرج در این جدول میانگین فازی نظرات خبرگان می‌باشد.

جدول(۹): میانگین امتیازات فازی ارزیابی گزینه‌ها (ماتریس تصمیم‌گیری)

C_8	C_7	C_6	C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	
(2,4,6)	(3.5,5.5,7.5)	(5.5,7.5,9.25)	(6,8,9.5)	(4.5,6.5,8.25)	(4.5,6.5,8.25)	(3,5,7)	(6,8,9.5)	A_1
(3.5,5.5,7.5)	(3,5,7)	(5.5,7.5,9)	(3.75,5.5,7.25)	(1,3,5)	(2,4,6)	(1.25,3,5)	(2,4,6)	A_2
(4,6,7.75)	(3.25,5,7)	(4,6,7.75)	(2.5,4.5,6.5)	(1.25,3,5)	(1.5,3.5,5.5)	(1.75,3.5,5.5)	(4.5,6.5, 8.25)	A_3
(1.75,3.5,5.5)	(3,5,7)	(0.75,2.5,4.5)	(4,6,8)	(5,7,8.5)	(3,5,7)	(6,8,9.5)	(1.5,3.5, 5.5)	A_4
(0.113,0.113, 0.113)	(0.161,0.161, 0.161)	(0.142,0.142, 0.142)	(0.129,0.129,0 .129)	(0.133,0.133, 0.133)	(0.078,0.078, 0.078)	(0.126,0.126, 0.126)	(0.12,0.1 2,0.12)	W_J

جدول (۱۰) مقادیر فازی و قطعیS، R و Q را نشان می‌دهد.

جدول(۱۰): مقادیر R,S,Q

Q_g	Q	R_g	R	S_g	S	
0.101	(-0.73,0.111,0.913)	0.071	(0.008,0.068,0.143)	0.227	(-0.351,0.232,0.793)	A_1
0.012	(-0.864,0,0.913)	0.058	(-0.023,0.046,0.161)	0.084	(-0.494,0.087,0.657)	A_2
0.066	(-0.8,0.076,0.912)	0.068	(-0.009,0.065,0.152)	0.156	(-0.42,0.16,0.723)	A_3
0.181	(-0.668,0.196,1)	0.086	(0.017,0.084,0.161)	0.338	(-0.247,0.35,0.9)	A_4

سرانجام جدول (۱۱) رتبه‌بندی گزینه‌ها را بر اساس مقادیر R,S,Q نشان می‌دهد.

جدول(۱۱): رتبه‌بندی گزینه بر حسب مقادیرR,S,Q

Q	S	R	
3	3	3	A1
1	1	1	A2
2	2	2	A3
4	4	4	A4

جدول (۱۲) رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول(۱۲): رتبه بندی نهایی گزینه ها

A_4	A_3	A_2	A_1	گزینه‌های تحقیق
4	2	1	3	رتبه

براساس نتایج حاصل از روش دیمتل فازی (جدول۷)، مهم‌ترین معیارهای انتخاب روش دفع ضایعات بیمارستانی به ترتیب عبارت‌اند از سطح خودکارسازی با وزن اثرگذاری۰.۱۶۱، اثربخشی عملیات با وزن اثرگذاری۰.۱۴۲، بقایای مواد و اثرات آنها با وزن اثرگذاری۰.۱۳۳ و کم‌اهمیت‌ترین معیار در تصمیم‌گیری، معیار اثر بر بهداشت با وزن اثرگذاری ۰.۰۷۸ می‌باشد. در بعد زیست‌محیطی (D2)، خبرگان معیار بقایای مواد و اثرات آنها (C4) را به‌عنوان مهم‌ترین معیار معرفی نمودند. همچنین در بعد فنی (D3)، خبرگان بر این عقیده بودند که معیار سطح خودکارسازی (C7) حیاتی‌ترین معیار می‌باشد. یافته‌ها نمایانگر این حقیقت است که تصمیم‌گیرندگان نباید در

تصمیم‌گیری خود در مورد انتخاب بهترین فناوری دفع ضایعات بیمارستانی ابعاد فنی و زیست‌محیطی فناوری دفع ضایعات را نادیده بگیرند. علاوه‌بر این با استفاده از این روش تصمیم‌گیری می‌توان روابط میان ابعاد و معیارها را تعیین کرد (شکل۳). روابط نشان‌دهنده این هستند که ابعاد فنی و محیطی بیشترین اثر را بر دو بعد دیگر داشته و به تصمیم‌گیرندگان نشان می‌دهد که در گام اول باید بر بهبود این دو بعد تمرکز کرد. علاوه‌بر این در بعد محیطی، بقایای مواد و اثرات آنها دارای بیشترین تأثیر و پس از آن بوی نامطبوع و اثر بر بهداشت و سلامت در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در بعد فنی هم‌سطح خودکارسازی دارای بیشترین اهمیت و پس از آن به ترتیب اثربخشی عملیات و قابلیت اطمینان می‌باشند. همچنین بعد اقتصادی هم به‌عنوان اثرپذیرترین بعد معرفی شد که لزوم توجه به این بعد را هم نشان می‌دهد. لذا برای ارتقای کارایی مدل تصمیم‌گیری ارائه‌شده در این پژوهش، نیاز به توجه به همه معیارها ضروری است.

علاوه‌بر این از نتایج اخذشده از روش ویکور فازی (جدول۱۲) می‌توان به رتبه‌بندی روش‌های دفع ضایعات بیمارستانی پی برد. نتایج حاکی از آن هستند که رتبه‌بندی روش‌های دفع ضایعات به‌این‌ترتیب می‌باشند: A2 > A3> A4>A1 که نمایانگر آن هستند که روش تصفیه بخار (A2) مناسب‌ترین روش برای دفع ضایعات بیمارستانی می‌باشد. چراکه این روش دارای بالاترین سطح اتوماسیون در میان سایر روش‌های دفع ضایعات بیمارستانی می‌باشد. همچنین این روش از بیشترین اثربخشی عملیاتی برخوردار بوده و کمترین اثرات و بقایا را در میان سایر روش‌ها در محیط بر جای می‌گذارد. روش دفن بهداشتی ضایعات هم به دلیل برخورداری از پایین‌ترین سطح خودکارسازی و اثربخشی عملیات و بالاترین میزان بقایا و اثرات بر محیط‌زیست در میان سایر روش‌ها به‌عنوان بدترین روش دفع ضایعات بیمارستانی معرفی گردید. براساس نتایج حاصله ساخت یک مرکز تصفیه بخار می‌تواند به‌عنوان اثربخش‌ترین و مناسب‌ترین راه‌حل برای دفع ضایعات بیمارستانی از دید زیست‌محیطی و سلامت جامعه تلقی گردد.

۵- نتیجه‌گیری

انتخاب مناسب‌ترین روش دفع ضایعات بیمارستانی یکی از وظایف خطیر و مشکل شهرداری‌ها و بیمارستان‌ها در کشورهای در حال توسعه است. چراکه سوء مدیریت در این حوزه موجب بروز مشکلات متعدد برای سلامت جامعه گردیده و آلودگی‌های زیست‌محیطی را فراهم می‌کند.

یکی از حیاتی‌ترین فعالیت‌ها برای استقرار یک سیستم مدیریت ضایعات بیمارستانی کارا، مسئله انتخاب بهینه‌ترین روش دفع ضایعات بیمارستانی بوده و این مسئله یک نوع مسئله پیچیده تصمیم‌گیری چند معیار می‌باشد، چراکه نیاز به موردتوجه قرار دادن تعداد زیادی از معیارهای محسوس و نامحسوس و همچنین روش‌های مختلف دفع دارد. حین فرآیند تصمیم‌گیری، اغلب نسبت دادن اعداد قطعی به عوامل متغیر مسئله، به علت عدم اطمینان اطلاعاتی و همچنین وجود ابهام در شناخت و درک تصمیم‌گیرندگان، کار مشکل و نادرستی است. به همین دلیل در پژوهش حاضر از چارچوب پیشنهادی و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی دیمتل برای تعیین اوزان معیارها و روابط میان آنها و روش ویکور فازی برای رتبه‌بندی روش‌های دفع ضایعات بیمارستانی بهره گرفته شد. برای نمایش کارایی مدل پیشنهادی از مطالعه موردی که در بیمارستان‌های بزرگ شهرستان ساری انجام شد، استفاده گردید. ابتدا کمیته تصمیم‌گیری متشکل از کارشناسان و خبرگان بیمارستان‌های بزرگ شهرستان ساری تشکیل شده و با استفاده از مطالعه پیشینه تحقیق و نظرات کمیته خبرگان معیارها و گزینه‌های تصمیم‌گیری مشخص شدند. سپس با استفاده از پرسشنامه مخصوص روش دیمتل فازی که بین این کمیته توزیع شد، اوزان معیارهای تصمیم‌گیری و روابط میان آنها تعیین شد. نتایج حاکی از آن بود که معیار خودکارسازی، مهم‌ترین معیار در تصمیم‌گیری می‌باشد. در مرحله بعدی روش‌های دفع ضایعات توسط گروه تصمیم‌گیری نسبت به شاخص‌های مسئله امتیازدهی شده و درنهایت با استفاده از روش ویکور فازی، روش‌های دفع ضایعات رتبه‌بندی شدند و روش تصفیه بخار به‌عنوان بهینه‌ترین روش دفع ضایعات بیمارستانی پیشنهاد گردید. کلیه تصمیم‌گیرندگان از انتخاب این روش ابراز رضایت کردند. همچنین این روش با نتایج تحقیقات مشابه پیشین هم سازگاری داشت که در مجموع نمایانگر کارایی بالای مدل پیشنهادی در مورد این مسئله می‌باشد.

۶- پیشنهادات برای تحقیقات آتی:

- استفاده از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره که تاکنون در این حوزه مورداستفاده قرار نگرفتند. مثل: (Promethee, Electere, Copras, Aras,…).
- استفاده از مدل پیشنهادی در سطحی وسیع‌تر برای مشخص کردن کارایی آن.

۷- منابع

[1]. Taheri, M., Hamidian, A. H., & Khazaee, M. ***"A study on Waste Management in Hospitals Affiliated to Tabriz University of Medical Science"***. *Medical Science*, *23*(105), 111–115, 2013.

[2]. Nemathaga, F., Maringa, S., & Chimuka, L. **"Hospital solid waste management practices in Limpopo Province"**. South Africa : A case study of two hospitals, 28, 1236–1245, 2008.

[3]. Dursun, M., Karsak, E. E., & Almula, M. "***Expert Systems with Applications A fuzzy multi-criteria group decision making framework for evaluating health-care waste disposal alternatives"*** 38, 11453–11462. doi:10.1016/j.eswa.2011.03.019.

[4]. Liu, H., You, J., Lu, C., & Chen, Y. ***"Evaluating health-care waste treatment technologies using a hybrid multi-criteria decision making model"***. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41, 932–942.

[5]. Dursun M, Karsak EE, Karadayi MA. ***"Assessment of health-care waste treatment alternatives using fuzzy multi-criteria decision making approaches"***. Resour Conserv Recycl; 57:98–107, 2011.

[6]. Brent AC, Rogers DEC, ***"Ramabitsa-Siimane TSM"***. Rohwer MB, Application of the analytical hierarchy process to establish health care waste management systems that minimise infection risks in developing countries. Eur J Oper Res; 181:403–24, 2007.

[7]. Karamouz, M., Zahraie, B., Kerachian, R., Jaafarzadeh, N., Mahjouri, N.***"Developing a master plan for hospital solid waste management: a case study"***. Waste Management 27, 626–638, 2007.

[8]. Hsu, P.F., Wu, C.R., Li, Y.T., ***"Selection of infectious medical waste disposal firms by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis"***. Waste Management 28, 1386–1394, 2008.

[9]. Karagiannidis A, Papageorgiou A, Perkoulidis G, Sanida G, Samaras P. ***"A multi-criteria assessment of scenarios on thermal processing of infectious hospital wastes: a case study for Central Macedonia"***. Waste Manag; 30:251–62, 2010.

[10]. Zadeh LA.***"Fuzzy sets"***. Inform Control;8(3):338–53, 1965.

[11]. Lee, B.K., Ellenbecker, M.J., Moure-Ersaso, R., ***"Alternatives for treatment and disposal cost reduction of regulated medical wastes"***. Waste Management 24, 143–151, 2004.

[12]. Diaz, L. F., Eggerth, L. L., & Savage, G. M. ***"Alternatives for the treatment and disposal of healthcare wastes in developing countries"***. Waste Management, 25, 626–637, 2005.

[13]. Rogers, D.E.C., Brent, A.C., ***"Small-scale medical waste incinerators–experiences and trials in South Africa"***. Waste Management 26, 1229–1236, 2006.

making method". Waste Manag;33:2744–51, 2013.

[23].Gogus, O., & Boucher, T. O. ***"Strong transitivity, rationality and weak monotonicity in fuzzy pairwise comparisons"***. Fuzzy Sets and Systems, 94(1), 133-144, 1998.

[24]. Lin C-L, Wu W-W . ***"A fuzzy extension of the DEMATEL method for group decision making"***. Eur J Oper Res 156:445–455, 2004.

[25].Nakhaei Kamal-abadi A., Bagheri M. ***"Presentation of an outsourcing decision making model of production activities by using ANP and DEMATEI techniques in fuzzy environment"***. Industry Manegment Journal of the Humanities College of Islamic Azad University (Sanandaj Branch), Third year, No. 5 [In Persian], 2008.

[26]. Baykasoğlu, A., KaplanoğLu, V., DurmuşOğLu, Z. D., & ŞAhin, C. ***"Integrating fuzzy DEMATEL and fuzzy hierarchical TOPSIS methods for truck selection"***. Expert Systems with Applications, 40(3), 899-907, 2013.

[27].Dalalah, D., Hayajneh, M., & Batieha, F. ***"A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection"***. Expert systems with applications, 38(7), 8384-8391, 2011.

[28]. Opricovic, S. ***"Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning"***. Expert Systems with Applications, 38(10), 12983–12990. doi:10.1016/j.eswa.2011.04.097.

[29]. Shemshadi, A., Shirazi, H., Toreihi, M., & Tarokh, M. J. ***"A fuzzy VIKOR***

[14]. Zeren BA***."Health-care waste management of the hospitals in the European Side of Istanbul"***. M.S. Thesis, Bogazici University, Istanbul, 2004.

[15]. Tudor TL, Barr SW, Gilg AW. ***"Linking intended behaviour and actions: a case study of healthcare waste management in the Cornwall NHS"***. Resour Conserv Recycl;51:1–23, 2007.

[16]. Alagoz AZ, Kocasoy G. ***"Treatment and disposal alternatives for health-care waste in developing countries—a case study in Istanbul, Turkey"***. Waste Manage Res;25:83–9, 2007.

[17]. Alagoz AZ, Kocasoy G. ***"Determination of the best appropriate management methods for the health-care wastes in Istanbul"***. Waste Manage;28:1227–35, 2008.

[18]. Alagoz AZ, Kocasoy G. ***"Improvement and modification of the routing system for the health-care waste collection and transportation in Istanbul"***. Waste Manage;28:1461–71, 2008.

[20]. Taghipour H, Mosaferi M. ***"Characterization of medical waste from hospitals in Tabriz, Iran"***. Sci Total Environ;407:1527–35, 2009.

[21]. Gai RY, Xu LZ, Li HJ, Zhou CC, He JJ, Shirayama Y, et al. ***"Investigation of health care waste management in Binzhou District"***, China. Waste Manag;30:246–50, 2010.

[22]. Liu HC, Wu J, Li P. ***"Assessment of health-care waste disposal methods using a VIKOR-based fuzzy multi-criteria decision***

method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting". Expert Systems with Applications, 38(10), 12160–12167. doi:10.1016/j.eswa.2011.03.027.

[30]. Safari, H., Faraji, Z., & Majidian, S. ***"Identifying and evaluating enterprise architecture risks using FMEA and fuzzy VIKOR"***. Journal of Intelligent Manufacturing. doi:10.1007/s10845-014-0880-0, 2014.

[31]. Huang, J., Tzeng, G., & Liu, H. "A Revised VIKOR Model for Multiple Criteria Decision Making - The Perspective of Regret Theory", 761–768,2009.

[32]. Chi Sun, Chia***,."A Performance Evaluation Model by Integration Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods"***. Expert Systems With Applications, vol.37, pp 7745-7754, 2010.