مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال بیست و دوم، شماره اول (پیاپی ۸۴)، بهار ۰۴، ص ص ۱۶۷-۱۴۹
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

طراحی سیستم تصمیم‌یار در تشخیص بیماری عفونت استخوان با استفاده از نقشه شناختی فازی

فاطمه صوفی آبادی[۱]، علیرضا شهرکی[۲*]، محبعلی رهدار[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

۲- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

۳-استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان ، زاهدان، ایران

رسید مقاله: ۲ آبان ۱۴۰۳

پذیرش مقاله: ۱۹ اسفند ۱۴۰۳

چکیده

یکی از مسایل مهم برای سلامت جامعه تشخیص درست و به موقع بیماری‌ها است. به همین دلیل تعیین اولویت علایم بیماری و روابط بین آن‌ها امری ضروری و مهم است. با توجه به این‌که روش‌های موجود، قادر به رتبه‌بندی علایم بیماری‌های عفونت استخوان نبوده و و میزان تاثیر علایم بر یکدیگر را اندازه‌گیری نمی‌کنند، باعث می‌شوند که بیماری عفونت استخوان به موقع تشخیص داده نشده و شدت بیماری افزایش و به مراتب درمان آن نیز سخت‌تر شود. در نتیجه برای تسهیل در امر بهبود و درمان بیماری‌ها در پژوهش حاضر ابتدا علایم موثر در وقوع بیماری عفونت استخوان با استفاده از نظر متخصصان شناسایی‌شده، سپس ارتباط علی و معلولی بین این علایم و میزان تاثیر علایم در بهبود بیماری عفونت استخوان با ارایه یک گراف و سناریو جهت کنترل و بهبود علایم بررسی می‌شوند. در همین راستا ابتدا با استفاده از نظر گروهی از متخصصان ستون فقرات و ارتوپد علایم مربوط به بیماری عفونت استخوان شناسایی‌شده، سپس با استفاده از نرم افزارهای *MATLAB* ، *FCMapper* و *pajek* نقشه شناختی فازی طراحی و رسم شده است. با توجه به اینکه کنترل تمام علایم بیماری‌ها غیر ممکن است، می‌توان با کنترل برخی از آنها تاثیر علایم را تا حدی کاهش داد. برای این منظور برای بیماری عفونت استخوان سناریوهای رو به عقب و رو به جلو ارایه و مشخص شده است که چه سناریویی می‌توان ارایه داد تا بیماری عفونت استخوان بهبود یابد. روش پیشنهادی امکان بررسی هم‌زمان و درک بهتر از چندین علایم بیماری داده تا با کمک آن متخصصان بتوانند توصیه‌های پیشگیری و مراقبت خود را بهبود دهند. نتایج نشان داده است که در بیماری عفونت استخوان، قرمزی پوست بر روی استخوان مبتلا به عفونت و تب به عنوان مؤثرترین علایم بیماری عفونت استخوان شناسایی شده است؛ بنابراین کنترل بیشتر این علایم به بهبود بیماری عفونت استخوان کمک خواهد کرد.

کلمات کلیدی: روش‌های تصمیم‌یار، نقشه‌های شناختی فازی، *MATLAB*، *FCMapper*، *Pajek*، عفونت استخوان.

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: Shahrakiar@hamoon.usb.ac.ir

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

۱ مقدمه

درصد بالایی از خطاهای پزشکی که به دلیل عدم تجربه پزشک، حجم عظیم داده‌های قابل تجزیه و تحلیل و عدم دسترسی به سوابق پزشکی بیماران قبلی است را می‌توان با استفاده از تکنیک های کامپیوتری کاهش داد. بنابراین طراحی سیستم‌های پشتیبانی، جهت تصمیم‌گیری کارآمد در پزشکی بسیار مهم است.

پیدایش نقشه های شناختی[1]، ابزاری برای مدل‌سازی رفتار سیستم‌های پیچیده تصمیم‌گیری بوده‌است. نقشه‌های شناختی در سال ۱۹۷۶ توسط اکسلرود معرفی شد. حدود ده سال بعد کوسکو برای افزایش کارایی این روش، شاخه جدیدی با نام نقشه‌های شناختی فازی (FCM)[2] توسعه داده است. نقشه‌های شناختی فازی ابزار محاسباتی هستند که با منطق فازی و شبکه‌های عصبی ترکیب شده‌اند[۱]. نقشه‌های شناختی فازی یکی از جدیدترین، کارآمدترین و قوی‌ترین تکنیک‌های هوش مصنوعی برای مدل‌سازی و کنترل سیستم‌های پیچیده هستند. یکی از فواید این تکنیک ترکیب و انطباق پذیری آن با دانش بشری است [۲].

نقشه‌های شناختی فازی (FCM) به ابزاری ارزشمند برای ارایه‌دهندگان مراقبت های بهداشتی تبدیل‌شده‌اند، زیرا می‌توانند ارتباط‌های پیچیده‌ای را بین متغیرها ثبت کنند و پیش بینی‌های دقیقی ایجاد کنند. نقشه‌های شناختی فازی کاربرد خود را در کاربردهای پزشکی متنوع، از تشخیص بیماری گرفته تا برنامه‌ریزی درمان و پیش‌بینی، نشان داده‌اند. توانایی آن‌ها در مدل‌سازی روابط پیچیده بین علایم، نشانگرهای زیستی، عوامل خطر و درمان‌ها، ارایه‌دهندگان مراقبت‌های بهداشتی را قادر می‌سازد تا تصمیمات آگاهانه بگیرند و منجر به نتایج بهتر بیمار شود [۳].

یکی از مهم‌ترین تصمیم‌گیری‌ها، تصمیم‌گیری در حوزه پزشکی است. در حوزه پزشکی اولویت‌بندی علایم بیماری‌ها جهت بهبود بیماران از اهمیت ویژه برخوردار است؛ زیرا کوچک‌ترین اشتباه در حوزه پزشکی عواقب جبران ناپذیری را به همراه دارد. بنابراین اولویت‌بندی علایم بیماری و روابط بین هر کدام با سایر علایم جهت بهبود بیماری بسیار حایز اهمیت است.

بررسی پژوهش‌های پیشین نشان داده است که تاکنون پژوهشی که به بررسی علایم بیماری ستون فقرات با نقشه شناختی فازی و روابط بین علایم و در نهایت اولویت‌بندی علایم و ارایه سناریو جهت بهبود بیماری عفونت استخوان پرداخته باشد، یافت نشد. در ادامه پیشینه تجربی و برخی از پژوهش‌های پیشین انجام‌شده در این حوزه جمع‌آوری شده است.

در پژوهش حاضر به این سوال پاسخ داده می‌شود که طراحی سیستم تصمیم یار جهت ارزیابی بیماری عفونت استخوان با استفاده از نقشه شناختی فازی به چه صورت است؟ برای این منظور با ترکیب نقشه شناختی فازی و فرایند استنتاج فازی، یک نقشه شناختی برای علایم بیماری ترسیم می‌شود و پس از وزن‌دهی به روابط موجود به تجزیه و تحلیل نتایج پرداخته می‌شود. هدف از این روش جهت تجزیه و تحلیل پارامترهای یک سیستم و تاثیر آن‌ها بر یکدیگر و پیش بینی رفتار یک سیستم می‌باشد؛ بنابراین اهداف اصلی این پژوهش عبارت‌اند از:

[1] Cognitive map
[2] Fuzzy cognitive map (FCM)

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

۱) تشخیص به موقع بیماری عفونت استخوان با استفاده از نقشه شناختی فازی
۲) ارایه گرافی برای علایم موثر بر تجزیه و تحلیل بیماری عفونت استخوان به صورت نقشه شناختی فازی
۳) تعیین روابط علی و معلولی بین علایم بیماری عفونت استخوان
٤) ارایه نظرات خبرگان و وزن دهی به روابط
٥) تجزیه و تحلیل نتایج و بررسی بیماری عفونت استخوان
٦) ارایه سناریو جهت کمک به بهبود بیماری

۲ پیشینه پژوهش

۲-۱ پیشینه نظری

تصمیم‌گیری: انتخاب یک یا چند گزینه از میان مجموعه‌ای از گزینه‌های موجود بر اساس معیار یا معیارهای مدنظر تصمیم‌گیری می‌باشد. تصمیم‌گیری می‌تواند تک‌معیاره یا چندمعیاره باشد [۴، ۵]. در پژوهش حاضر برای نهایی کردن علایم بیماری عفونت استخوان از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره دلفی فازی استفاده می‌شود.

بیماری عفونت استخوان: عفونت استخوان میتواند در هر سنی رخ دهد و هر استخوانی را درگیر کند. این عفونت‌ها می‌توانند به دلیل یک نوع یا بسیاری از انواع باکتری‌ها و یا قارچ‌ها باشند.

نقشه‌های شناختی: اولین نقشه‌های شناختی توسط تولمن[1] (۱۹۴۸) معرفی و به نام او ثبت شده‌اند [۶]. نقشه‌های شناختی تولمن، اشکال هندسی[2]همسانی بوده‌اند که با خطوطی شبیه پیکان[3] یا لبه[4] به هم مرتبط شده‌اند. نقشه‌های شناختی اولیه از دو بخش تشکیل شده بود: ۱) بخش اول گره‌ها[5] و یا نقاط بوده‌اند که عوامل تاثیرگذار، مؤلفه‌ها و یا ابعاد یک پدیده را به نمایش گذاشته‌اند و ۲) بخش دوم نیز پیکان‌ها و خطوط [6] بوده‌اند که به نقاط یاد شده متصل شده و روابط حاکم بر ابعاد، عوامل تاثیرگذار یا اجزای پدیده را نشان داده‌اند. هدف نقشه‌های شناختی، به تصویر کشیدن پدیده‌ای است که درباره آن اطلاعات اندکی وجود داشته و این نقشه‌ها، ضمن فراهم آوردن چارچوبی برای تدوین و گردآوری نظرات مختلف درباره آن پدیده، فهم ساده آن را ممکن می‌سازند [۷].

مجموعه‌ها و نظریه فازی: فازی در منطق فازی به انواع مختلف ابهام و عدم قطعیت، به‌ویژه به ابهام در عبارت‌های زبانی و اندیشه انسان گفته می‌شود [۸]. نظریه فازی روشی نو است، که به جای روی آوردن به ریاضیات پیچیده و دشوار به مقادیر زبانی و دانش افراد خبره روی می‌آورد. سیستم‌های فازی بر اساس مدل‌سازی و استدلال تقریبی پایه‌ریزی شده است [۹]. اولین بار در سال ۱۹۶۵ لطفی علی عسکرزاده برای مدل کردن عدم قطعیت و ابهام، مجموعه‌های فازی را مطرح کرد [۱۰]. هدف اعداد فازی بی‌اثر نمودن ابهام‌های کلامی است. اعداد فازی می‌تواند مسایل را در محیط عدم قطعیت حل کند [۱۱].

[1] Tolman
[2] Graph
[3] Arrow
[4] Edge
[5] Nods
[6] Link

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

نقشه‌های شناختی فازی: در نیمه دوم قرن بیستم ریاضی‌دانان نقشه‌های شناختی را توسعه داده و با ترکیب آن با مجموعه‌های فازی، نقشه‌های شناختی (مفهومی) فازی را ارایه داده‌اند. در یک گراف نقشه‌های شناختی (مفهومی) فازی هر مفهوم می‌تواند نشان‌دهنده حالت، متغیر، واقعه، عمل، آرمان، هدف، ارزش و سایر اجزای سیستم باشد [۷]. برای ترسیم یک نقشه شناختی فازی کافی است که مفاهیم و روابط بین این مفاهیم در رابطه با موضوع اصلی شناسایی شوند.

۲-۲ پیشینه تجربی

در این قسمت پیشینه پژوهش با محوریت بیماری عفونت استخوان، نقشه‌های شناختی فازی و موارد کاربرد نقشه‌های شناختی فازی در حوزه سلامت آورده شده است.

آپوستولوپولوس و همکاران[1] (۲۰۲۴) به بررسی سیستماتیک ادبیات مربوطه در دو دهه اخیر پرداخته و کاربردهای متنوع نقشه‌های شناختی فازی در حوزه‌های پزشکی، از جمله تصمیم‌گیری، تشخیص، پیش آگهی، بهینه‌سازی درمان، ارزیابی خطر و مراقبت دارویی را مشخص کرده‌اند. محدودیت‌های ذاتی نقشه‌های شناختی فازی نیز مورد بررسی قرار گرفته و راه‌هایی برای تحقیقات و کاربردهای بالقوه آینده بررسی شده‌اند [۱۲].

لوآنیز و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی علمی-مروری به بررسی کاربردهای نقشه‌های شناختی فازی در زمینه‌های مختلف پرداخته‌اند. طبق بررسی لوآنیز و همکاران از جمله کاربردهای شناخته شده نقشه‌های شناختی فازی عبارتند از: توانایی نقشه‌های شناختی فازی در مدل‌سازی روابط پیچیده بین علایم، نشانگرهای زیستی، عوامل خطر و درمان‌ها، ارایه‌دهندگان مراقبت‌های بهداشتی جهت تصمیم‌گیری آگاهانه برای بهبود بیماری، بهینه‌سازی درمان، ارزیابی خطر و مراقبت دارویی بوده است [۱۳].

کادایفسی و همکاران[2] (۲۰۲۴) به بررسی مدیریت ضایعات دارویی با هدف پایداری زیست محیطی پرداخته‌اند. برای این منظور ابتدا با نظرسنجی از ۸۹۴ شرکت‌کننده معیارهای آگاهی از داروی زباله‌محور مصرف‌کننده شناسایی کرده‌اند. سپس برای بررسی روابط بین معیارها جهت شناسایی مهم‌ترین معیار، رویکرد نقشه شناختی فازی فرمت[3] را با نقشه شناختی فازی کلاسیک مقایسه کرده‌اند تا اثر بخشی رویکرد جدید را بررسی کنند. یافته‌ها به ترتیب نشان داده است که به ترتیب (۱) ایجاد یک سیستم قابل اعتماد برای جمع‌آوری و بازیافت دارو، (۲) اطمینان از قابلیت اطمینان مدل‌های تجاری، و (۳) افزایش آگاهی اجتماعی مهم‌ترین معیارها برای مدیریت ضایعات بوده‌اند [۱۳].

باری و همکاران[4] (۲۰۲۱) در پژوهشی به بررسی تشخیص و درمان بیماری عفونت استخوان پرداخته‌اند. در این مقاله، روش‌های تشخیصی مانند رادیولوژی و MRI برای شناسایی عفونت استخوان مورد بررسی قرار گرفته و به درمان‌های دارویی و جراحی اشاره شده است [۱۴].

[1] Apostolopoulos and et al.
[2] Kadaifci and et al.
[3] Fermatean Fuzzy Cognitive Mapping
[4] Bury and et al.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

ارتقاء سلامت از مهم‌ترین وظایف سیاستگذاران و اهداف توسعه پایدار است. از این‌رو صالح‌نیا و همکاران (۱۴۰۱) پژوهشی با هدف تعیین مهم‌ترین عوامل کلان تعیین کننده سلامت جمعیت در ایران و به تصویر کشیدن روابط علی میان این عوامل انجام داده‌اند. برای این منظور ابتدا بر اساس منابع موجود عوامل کلان تعیین‌کننده سلامت جمعیت راشناسایی کرده سپس با غربالگری عوامل، به روش دلفی فازی و نظرسنجی از ۱۰ نفر از خبرگان عوامل نهایی تعیین شده است. درنهایت روابط علی میان تعیین کننده‌های اجتماعی سلامت در قالب نقشه شناختی فازی نشان داده شده است. تحلیل روابط علی بین عوامل نشان داده است که سیستم اقتصادی مهم‌ترین عامل بوده و بدون در نظر گرفتن روابط علی، نظام سلامت دارای بیشترین اهمیت در سلامت جمعیت است. بنابراین تجزیه و تحلیل نقشه شناختی فازی کمک می‌کند تا بهترین تصمیم‌ها گرفته شوند [۱۵].

امیرخانی و همکاران[1] (۲۰۱۷) در پژوهشی مروری به بررسی مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری و کاربردهای نقشه‌های شناختی فازی را در حوزه پزشکی در سال‌های اخیر پرداخته‌اند. بر اساس بررسی امیرخانی و همکاران نقشه‌های شناختی فازی در حوزه پزشکی در چهار حوزه کلیدی تصمیم‌گیری، تشخیص، پیش‌بینی و طبقه‌بندی کاربرد داشته‌اند. همچنین، با توجه به مشکلات مختلف تشخیص و پشتیبانی تصمیم‌گیری که در سال‌های اخیر توسط نقشه¬های شناختی فازی مورد بررسی قرار گرفته‌اند، انواع مختلف نقشه‌های شناختی فازی و تعیین سهم آن‌ها در پیشرفت‌های ایجاد شده در زمینه‌های تشخیص و درمان پزشکی بررسی شده‌اند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داده است که با توجه به مشخصات منحصر به فرد نقشه‌های شناختی فازی در ادغام دانش و تجربه انسانی با تکنیک های کامپیوتری، در آینده ای نه چندان دور نقشه‌های شناختی فازی از جمله ابزارهای کاربردی بوده و نقش بسزایی در علوم پزشکی خواهند داشت [۱۶].

دیوید و همکاران[2] (۱۹۸۷) در پژوهشی به تفاوت‌های بین استئومیلیت حاد و مزمن پرداخته و عواملی که منجر به عفونت استخوان می‌شوند را بررسی کرده‌اند. همچنین، به شیوع این بیماری در گروه‌های سنی مختلف اشاره کرده‌اند [۱۷]. والد[3] (۱۹۸۵) در پژوهشی به بررسی عواملی که خطر ابتلا به عفونت استخوان را افزایش می‌دهند، مانند ضعف سیستم ایمنی و سوء مصرف مواد، می‌پردازد [۱۸].

وابستگی به زمان در تشخیص پزشکی مهم است زیرا اغلب علایم در طول زمان تکامل یافته و با پیشرفت بیماری تغییر می‌کنند. با توجه به اینکه اطلاعات پزشکی ممکن است مبهم، ناپدید و/یا متناقض در طول تشخیص بیماری باشد، ایکوویدیس و پاپاگئورگیو[4] (۲۰۱۰) نوع جدیدی از نقشه‌های شناختی فازی(FCMs) ، تکنیک محاسبات نرم که می تواند عدم قطعیت را برای استنتاج نتیجه مدیریت کند، برای تشخیص پزشکی توسعه داده‌اند. بنابراین روشی برای بهبود نقشه‌های شناختی فازی پیشنهاد داده‌اند که واحدهای زمانی را معرفی کرده‌اند که می‌توانند پیشرفت بیماری را دنبال کنند. در این پژوهش بیماری در زمینه ریوی شرح داده شده است [۱۹].

1 Amirkhani and et al.
2 David and et al.
3 Wald
4 Iakovidis & Papageorgiou

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

۳ روش پژوهش

پژوهش حاضر از نقطه نظر هدف از نوع توسعه ای-کاربردی بوده و مبتنی بر به کارگیری روش‌ها و مفاهیم بهینه‌سازی است. پس از جمع آوری اطلاعات و تهیه فهرستی از علایم و عوامل موثر بر بیماری مورد نظر یک پرسشنامه برای دریافت نظرات خبرگان طراحی و به آن‌ها ارایه شده است. بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده از پرسشنامه علایم بیماری عفونت استخوان مشخص می‌شود. سپس برای ایجاد ماتریس مجاورت روابط علی و معلولی علایم با استفاده از نظر متخصصان مشخص و مبنای نقشه شناختی فازی خواهد بود؛ سپس روابط به‌دست آمده وزن‌دهی می‌شوند و در نهایت با استفاده از روش نقشه شناختی فازی به تحلیل علایم مربوط به بیماری عفونت استخوان پرداخته می‌شود. پس از به دست آوردن ماتریس مجاورت، نقشه مفهومی فازی رسم می‌شود. پس از وارد کردن ماتریس نهایی در نرم افزار FCMapper، از خروجی حاصل به عنوان ورودی نرم افزار Pajekاستفاده می‌شود. در مرحله بعد از رسم گراف، می‌بایست بر روی نقشه مفهومی فازی تحلیل انجام داد.

۳-۱ نقشه‌های شناختی فازی

نقشه شناختی فازی یک گراف جهت‌دار است که در آن مفاهیمی همچون سیاست‌ها، رخدادها و غیره، گره‌های آن و روابط علت و معلولی به‌عنوان یال‌های آن در نظر گرفته شده است. نقشه شناختی فازی نشان‌دهنده رابطه علیت بین دو مفهوم است [۲۰،۲۱].

یک یال در یک نقشه مفهومی فازی ممکن است مقداری در بازه $[-۱,+۱]$ به خود اختصاص دهد. $e_{ij}=۰$ نشان‌دهنده این است که هیچ رابطه علی بین دو مفهوم وجود ندارد. $e_{ij}>۰$ نشان‌دهنده رابطه مستقیم بین دو مفهوم است به این صورت که افزایش در مقدار C_i باعث افزایش در مقدار C_j می‌شود (یا کاهش C_j منطبق با کاهش C_i است). $e_{ij}<۰$ نشان‌دهنده رابطه غیر مستقیم بین دو مفهوم است به این صورت که افزایش در مقدار فازی C_i باعث کاهش در مقدار C_j می‌شود و بالعکس. یک نقشه مفهومی فازی ساده دارای یال‌هایی است که یکی از مقادیر $\{-۱,۰,+۱\}$ را به خود اختصاص می‌دهند. پس تغییرات در سطح نقشه مفهومی به‌صورت حداکثری است. این نوع نقشه‌ها برای بیان مفهوم و در اختیار گذاشتن اطلاعات بسیار پرکاربرد هستند [۲۲].

در جدول ۱ نگاشت مقادیر عددی به مقادیر مفهومی آورده شده است.

جدول ۱. نگاشت مقدار عددی به مقادیر مفهومی[۲۳]

مقدار عددی	مقدار مفهومی
+۱	تاثیر بسیار زیاد
+۰/۵	تاثیر گذار
۰	بدون تاثیر
-۰/۵	تاثیر منفی
-۱	تاثیر بسیار زیاد منفی

طبق جدول ۱، در نقشه‌های مفهومی فازی غیر ساده مقادیر از ۱- به معنای اثر منفی شدید که نشان دهنده تاثیر بسیار زیاد منفی، تا ۱+ به معنای اثر مثبت شدید که نشان دهنده تاثیر بسیار زیاد است، قابل تغییر هستند [۲۳].

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

ساختار یک نقشه شناختی فازی موجود بدون تعداد متغیرها و اتصالات به‌وسیله مقادیری همچون متغیرهای فرستنده و گیرنده قابل تحلیل است. متغیرها به‌وسیله درجه خروجی $od(v_j)$ و ورودی $id(v_j)$ خود مشخص می‌شوند. درجه خروجی جمع سطری یک متغیر در ماتریس مجاورت است که نشان‌دهنده نیروی انباشته اتصالات خروجی آن بوده و با استفاده از فرمول (۱) محاسبه می‌شود.

$$od\left(v_j\right)=\sum_{k=1}^{N}\overline{a}_{jk} \qquad (1)$$

درجه ورودی جمع ستونی یک متغیر در ماتریس مجاورت است که نشان‌دهنده نیروی انباشته اتصالات ورودی به متغیر بوده و با استفاده از فرمول (۲) محاسبه می‌شود[۲۴].

$$id\left(v_j\right)=\sum_{k=1}^{N}\overline{a}_{kj} \qquad (2)$$

دامنه یک متغیر ($\boldsymbol{C_i}$) جمع درجه خروجی و درجه ورودی آن است که به آن مرکزیت گفته می‌شود و با استفاده از فرمول (۳) محاسبه می‌گردد. سهم هر متغیر در نقشه شناختی فازی را بدون توجه به نوع آن می‌توان به‌وسیله مقدار مرکزیت آن سنجید[۲۴].

$$C_i=od\left(v_i\right)+id\left(v_i\right) \qquad (3)$$

متغیرهای فرستنده متغیرهایی هستند که مجموع درجه خروجی آن‌ها مثبت و مجموع درجه ورودی‌شان صفر است. در مقابل متغیرهای ورودی متغیرهایی هستند که جمع درجه ورودی‌شان مثبت و جمع درجه خروجی آن‌ها صفر باشد. بقیه متغیرها متغیرهای معمولی هستند. تعداد متغیرهای گیرنده یک نقشه مفهومی فازی، معیاری برای اندازه‌گیری پیچیدگی آن نقشه است.

۳-۲ تدوین سناریو

در هنگام تدوین سناریوها باید به این نکته توجه کرد که میتوان چه سناریویی ارایه داد تا علایم بیماری عفونت استخوان بهبود داده شود. سپس باید متغیرهایی که اثرگذاری بیشتری بر عامل میگذارند شناسایی شوند. در کل ۲ نوع سناریو وجود دارد، سناریو رو به عقب و سناریو رو به جلو. گام های تدوین هر یک از سناریوها به شرح ذیل می باشد.

۳-۲-۱ سناریو رو به عقب:

در سناریوی رو به عقب هدف پاسخ به این سوال است که چگونه می‌توان یک عامل رابهبود بخشید؟ جهت تدوین این نوع سناریو ابتدا اثرپذیرترین عامل به عنوان عامل هدف مشخص می‌گردد و سپس با بررسی رفتار عوامل اثرگذار بر عامل هدف، مسیر سناریوی مربوطه مشخص می‌گردد و بر اساس آن می‌توان رفتار سیستم را تحلیل کرد.

به منظور تدوین این نوع سناریو گام های ذیل باید انجام گردد:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

گام اول- پیداکردن متغیر لازم برای سناریو:

در این گام مهم‌ترین متغیر شناسایی می‌شود. در سناریو رو به عقب متغیر هدف عاملی است که بیشترین مقدار اختلاف بین اثرپذیری (indegree) و اثر گذاری (outdegree) را دارد که با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$Max\ (indegree - outdegree) \quad (٤)$$

گام دوم:

عوامل اثرگذار بر روی عامل خروجی گام اول را در نظر می‌گیریم و از طریق ثابت نگه داشتن هریک از این عوامل به صورت مجزا در بخش fcm-scenarios نرم افزار fcmapper، عاملی که بیشترین اثرگذاری بر عامل هدف را دارد شناسایی می‌شود.

گام سوم:

عامل خروجی گام دوم به عنوان عامل هدف در نظر گرفته می‌شود و گام های سناریو برای عامل جدید تکرار می‌گردند و به همین ترتیب یک مسیر از عوامل تشکیل خواهد شد. این مسیر تا به وجود آمدن یکی از شروط توقف ادامه خواهد داشت.

شرایط توقف:

۱- عامل اثرگذار بر عامل هدف وجود نداشته باشد.

۲- تشکیل حلقه. یعنی در مسیر تشکیل‌شده پس از انجام گام‌ها در یک مرحله، مجددا به عامل هدف مرحله قبل برسیم.

۳-۲-۲ سناریو رو به جلو:

در سناریوی رو به جلو هدف پاسخ به این سوال است که اگر یک عامل بهبود یابد چگونه می‌تواند بر سیستم اثر گذارد؟ جهت تدوین این نوع سناریو ابتدا اثرگذارترین عامل به عنوان عامل هدف مشخص می‌گردد و سپس عوامل اثرپذیر از عامل هدف مورد بررسی قرار می‌گیرند و مسیر سناریو مشخص می‌گردد و بر اساس آن می‌توان رفتار سیستم را تحلیل کرد.

به منظور تدوین این نوع سناریو گام های ذیل باید انجام گردد:

گام اول- پیداکردن متغیر لازم برای سناریو:

در این گام مهم‌ترین متغیر شناسایی می‌شود. در سناریو رو به جلو متغیر هدف عاملی است که بیشترین مقدار اختلاف بین اثر گذاری (outdegree) و اثرپذیری (indegree) را دارد که با استفاده از رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

$$Max\ (outdegree - indegree) \quad (۵)$$

گام دوم:

عوامل اثرپذیر از عامل خروجی گام اول را در نظر بگیرید و از طریق ثابت نگه داشتن عامل هدف در بخش fcm-scenarios نرم افزار fcmapper، عاملی که بیشترین اثرپذیری از عامل هدف دارد، شناسایی می‌شود.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

گام سوم:

عامل خروجی گام دوم به عنوان عامل هدف در نظر گرفته می‌شود و گام های سناریو برای عامل جدید تکرار می‌گردند و به همین ترتیب یک مسیر از عوامل تشکیل خواهد شد. این مسیر تا به وجود آمدن یکی از شروط توقف ادامه خواهد داشت.

٤ تجزیه و تحلیل نتایج

در این مقاله ابتدا تعداد خبرگان که شامل پزشکان با مدرک دکترای حرفه‌ای، فلوشیپ جراحی ستون فقرات و استخوان و مفاصل (ارتوپدی) بوده و در بیمارستان‌های بم و کلینیک الزهرا (س) مشغول به کار بوده‌اند، بر اساس ویژگی‌های دانش، تجربه، تمایل و زمان کافی برای پاسخ‌دهی به پرسشنامه انتخاب شده‌اند. سپس ابتدا علایم اختلالات نخاع توسط خبرگان شناسایی شده است. پس از جمع‌بندی علایم و ارایه آن به خبرگان، از آن‌ها خواسته شد تا ارتباط بین علایم را مشخص نمایند تا نظرات کلیه خبرگان جمع‌بندی شود.

علایم نهایی بیماری عفونت استخوان در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. علایم بیماری عفونت استخوان

ردیف	نام علامت	نماد
۱	ترشح مزمن چرک از پوست	C۱
۲	تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت	C۲
۳	قرمزی پوست قرار گرفته بر روی استخوان مبتلا به عفونت	C۳
٤	بالا رفتن درجه حرارت بدن یا تب به دلیل فعالیت بیش از حد میکروب‌ها	C۴
٥	درد شدید در استخوان عفونی‌شده	C۵
٦	احساس درد با لمس استخوان آسیب دیده	C۶
۷	اختلال و لنگیدن هنگام راه رفتن	C۷

با توجه به جدول ۲، علایم بیماری عفونت استخوان ۷ مورد هستند که به ترتیب با نماد C1 تا C7 نشان داده شده‌اند. در ادامه منظور از عوامل همان علایم بیماری عفونت استخوان بوده و عامل هر یک از علایم به تنهایی است.

٤-۱ نقشه‌های شناختی فازی و ترسیم آن

متغیرهای زبانی جمع‌بندی‌شده و وزن کلی زبانی از طریق روش فازی زدایی مرکز جرم تولید می‌شود و به مقدار عددی تبدیل می‌شود. سپس ماتریس وزن مربوط به علایم بیماری عفونت استخوان ایجاد می‌شود. بر اساس نظر متخصصان هر وزن نشان‌دهنده یک رابطه علی است که میان مفاهیم وجود دارد. برای ایجاد ماتریس نهایی، ماتریس ارتباطات توسط دو خبره مورد بازنگری قرار گرفت و ارتباطات بی معنا میان علایم این پژوهش حذف گردید و نتیجه نهایی در جدول ۳ نشان داده شده است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

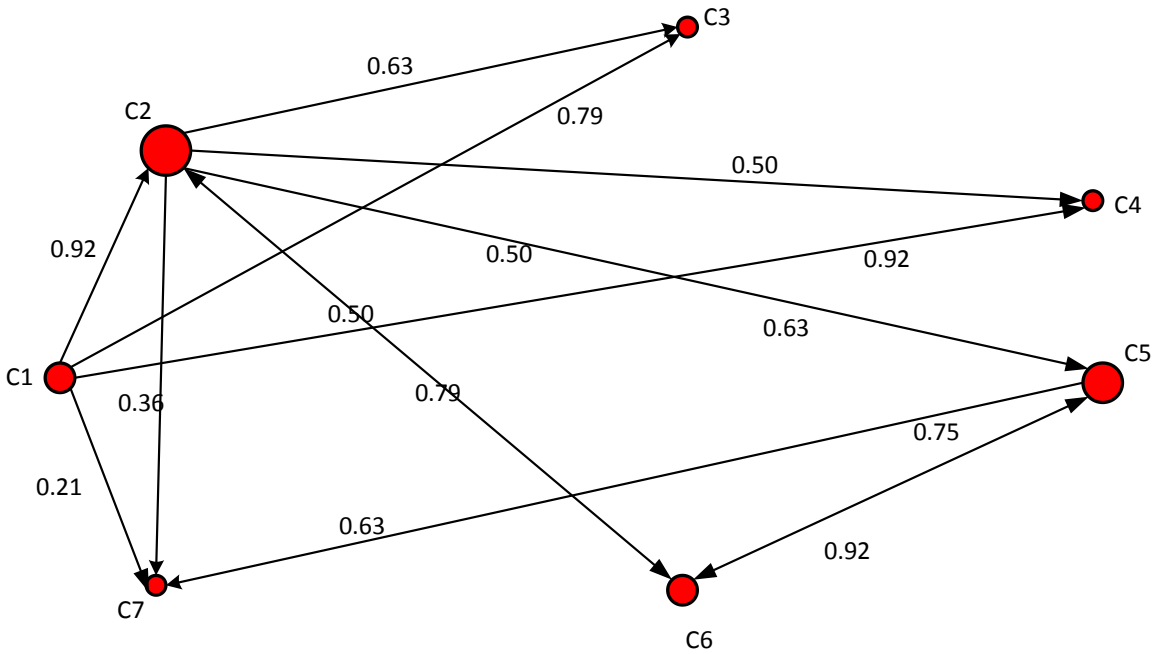
جدول ۳. ماتریس مجاورت مربوط به بیماری عفونت استخوان

Final Matrix	C۱	C۲	C۳	C۴	C۵	C۶	C۷
C۱	۰	۰/۹۱۶۷	۰/۷۹۱۷	۰/۹۱۶۷	۰	۰	**۰/۲۰۸۳**
C۲	۰	۰	۰/۶۲۵	۰/۵	۰/۶۲۵	۰/۷۹۱۷	**۰/۳۶۱**
C۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C۵	۰	۰/۵	۰	۰	۰	۰/۹۱۶۷	**۰/۶۲۵**
C۶	۰	۰/۵	۰	۰	۰/۷۵	۰	۰
C۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

طبق جدول ۳، عنصر Cij نشان دهنده میزان تاثیر معیار i بر j است. به عنوان مثال میزان تاثیر عامل ۲ بر عامل ۳ برابر با مقدار ۰/۶۲۵ است که در جدول ۳ آورده شده است. مقادیر صفر در ماتریس به معنای عدم تاثیر معیارها بر یکدیگر است.

پس از وارد کردن ماتریس نهایی در نرم افزار FCMapper، از خروجی حاصل به عنوان ورودی نرم افزار Pajek استفاده می‌شود.

در گراف نقشه شناختی فازی اندازه دایره‌ها هرچه بزرگتر باشند نشان دهنده مرکزیت بیشتر و یا به عبارتی بیشترین تاثیرگذاری و تاثیرپذیری است و ارتباط بین عوامل به وسیله خطوط نشان داده شده است. گراف موردنظر در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. نقشه شناختی فازی علایم بیماری عفونت استخوان

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

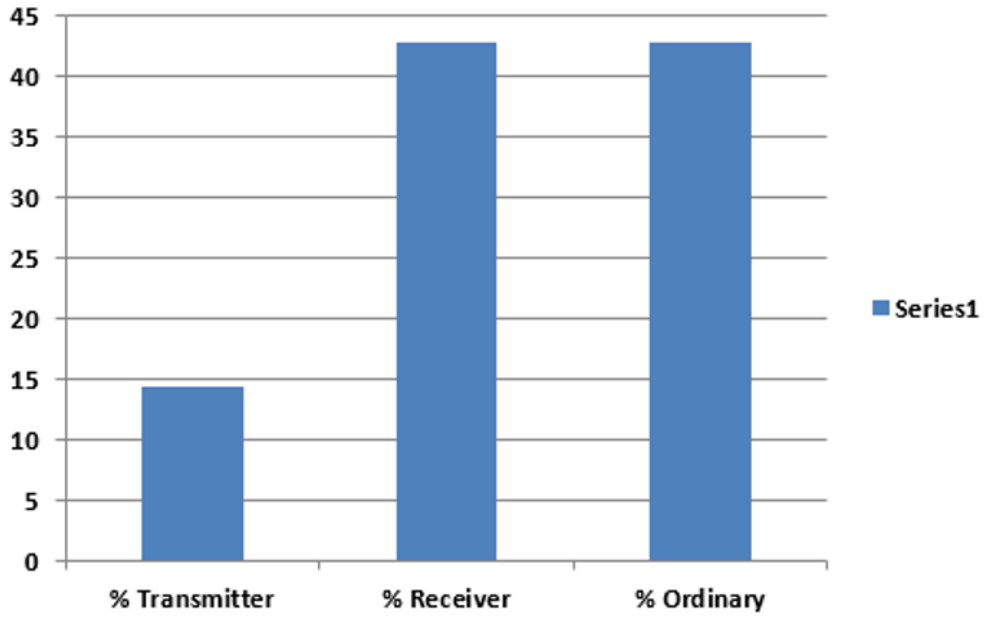
طبق گراف رسم‌شده در شکل ۱ معیار دوم یعنی تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت بیشترین تاثیرگذاری و تاثیرپذیری را دارد. اطلاعات کلی گراف نقشه شناختی فازی رسم‌شده در شکل ۱، در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ٤. اطلاعات کلی گراف نقشه شناختی فازی

تعداد عدم اتصالات	تعداد معمولی	تعداد گیرنده	تعداد فرستنده	تعداد کل اتصالات	تعداد کل علایم	دانسیته
۰	۳	۳	۱	۱۴	۷	۰/۲۸۶

طبق جدول ۴ در پژوهش حاضر چگالی نقشه شناختی متخصصان (دانسیته) برابر مقدار ۰/۲۸۶ است که نشان‌دهنده این است که ۲۸/۶ درصد از تمام مسیرهای ممکن در نقشه موجود است؛ تعداد کل علایم ۷ مورد، تعداد کل اتصالات ۱۴ مورد، تعداد فرستنده‌ها، ۱ مورد، تعداد گیرنده‌ها و تعداد روابط معمولی ۳ عدد و تعداد عدم اتصالات صفر است.

گراف رسم شده طبق شکل ۱ از ۷ علایم تشکیل شده که ۱۴ ارتباط بین آن‌ها مشاهده می‌شود. نمودار کلی توزیع علایم در شکل ۲ نشان داده شده است.



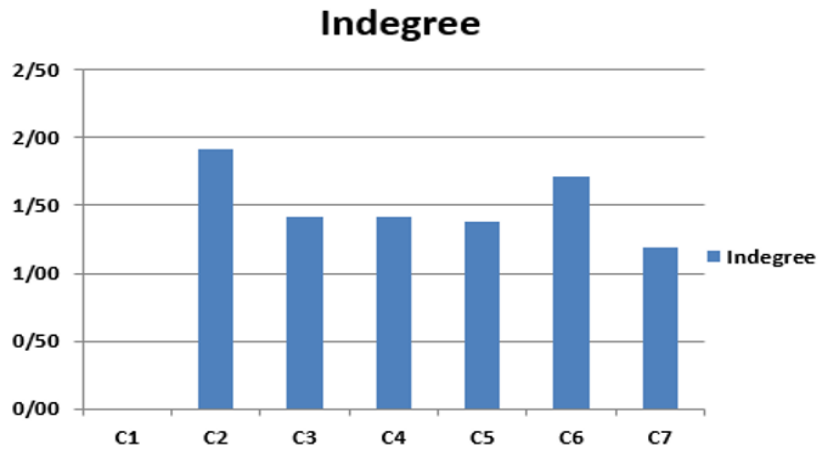
شکل ۲. توزیع علایم بیماری عفونت استخوان

طبق شکل ۲، ۳ مورد یا ۴۳ درصد از علایم از نوع ordinary و ۱ مورد از نوع transmitter هستند.

درجه id مربوط به علایم بیماری عفونت استخوان که تاثیرپذیری علایم را نشان می دهد، در شکل ۳ رسم شده است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

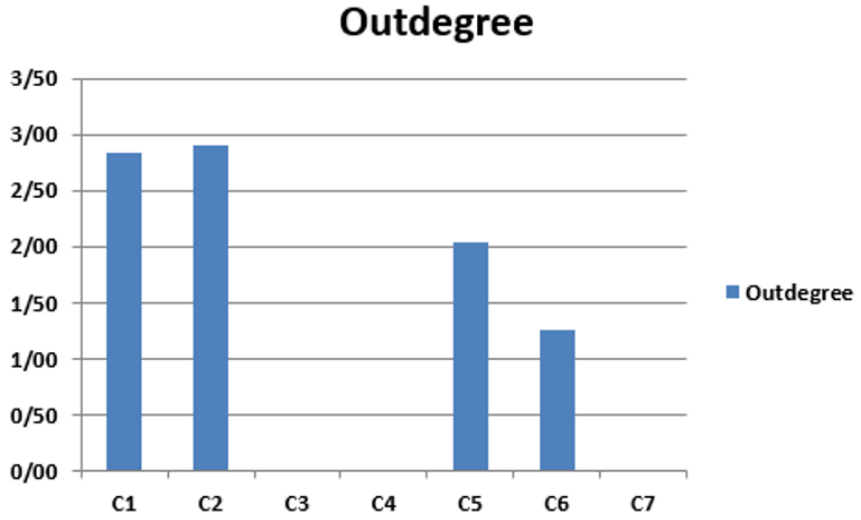


شکل ۳. نمودار درجه id مربوط به میزان تاثیرپذیری علایم

طبق شکل ۳ میزان تاثیرپذیری معیار اول یعنی ترشح مزمن چرک از پوست صفر بوده و معیار دوم یعنی تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت بیشترین میزان تاثیرپذیری را از سایر علایم دارد.

هرچه یک عامل درجه od بیشتری داشته باشد نشان‌دهنده تاثیرگذاری بیشتر آن عامل در کل سیستم خواهد بود [۲۴].

در شکل ۴ درجه Outdegree که نشان‌دهنده میزان تاثیرگذاری علایم بیماری عفونت استخوان است، رسم شده است.



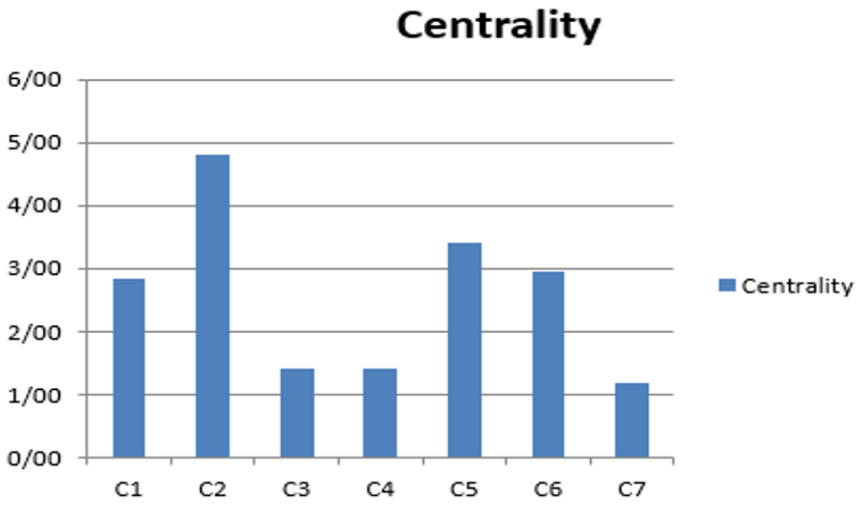
شکل ٤. درجه od مربوط به میزان تاثیرگذاری علایم بیماری عفونت استخوان

با توجه به شکل ۴ ابتدا معیار دوم یعنی تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت سپس معیار اول یعنی ترشح مزمن چرک از پوست بیشترین میزان تاثیرگذاری را بر سایر علایم دارد.

Centrality یا درجه مرکزیت جمع دو درجه id و od است. هر عامل با درجه مرکزیت بالاتر در واقع یا od بالاتر و یا id بالاتری نسبت به دیگر علایم داشته و در هر دو حالت عامل مورد نظر در سیستم یک عامل مهم تلقی میشود و باید مورد توجه قرار گیرد. در این پژوهش از خروجی های نگاشت مانند مرکزیت، درونگرایی و برونگرایی استفاده شده است. در نمودار شکل ۵ درجه مرکزیت مربوط به علایم رسم شده است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]



شکل ۵. درجه مرکزیت مربوط به علایم

با توجه به شکل ۵ علایم دوم و پنجم یعنی تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت و درد شدید در استخوان عفونی شده به ترتیب بیشترین درجه مرکزیت را دارند.

مقادیر شاخص‌های نقشه شناختی فازی که در شکل‌های ۳ تا ۵ رسم شده، و نوع متغیر علایم در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵. نتایج حاصل از تکنیک های نقشه شناختی فازی

ردیف	علایم	درجه بیرونی (نفوذ)	درجه درونی (وابستگی)	مرکزیت	نوع متغیر
۱	ترشح مزمن چرک از پوست	۲/۸۳۳۴	۰	۲/۸۳۳۴	فرستنده
۲	تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت	۲/۹۰۲۷	۱/۹۱۶۷	۴/۸۱۹۴	معمولی
۳	قرمزی پوست قرار گرفته بر روی استخوان مبتلا به عفونت	۰	۱/۴۱۶۷	۱/۴۱۶۷	گیرنده
٤	بالا رفتن درجه حرارت بدن یا تب به دلیل فعالیت بیش از حد میکروب ها	۰	۱/۴۱۶۷	۱/۴۱۶۷	گیرنده
٥	درد شدید در استخوان عفونی شده	۲/۰۴۱۷	۱/۳۷۵۰	۳/۴۱۶۷	معمولی
٦	احساس درد با لمس استخوان آسیب دیده	۱/۲۵۰۰	۱/۷۰۸۴	۲/۹۵۸۴	معمولی
۷	اختلال در هنگام راه رفتن	۰	۱/۱۹۴۳	۱/۱۹۴۳	گیرنده

طبق جدول ۵ میزان درجه بیرونی، درونی، مرکزیت و نوع متغیر علایم مشخص شده است.

با توجه به اهمیت تاثیرگذاری علایم، رتبه بندی علایم بیماری عفونت استخوان به صورت جدول ۶ است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

جدول ٦. رتبه‌بندی علایم بیماری عفونت استخوان

رتبه	علایم	درجه بیرونی	نوع متغیر
۱	تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت	۲/۹۰۲۷	معمولی
۲	ترشح مزمن چرک از پوست	۲/۸۳۳۴	فرستنده
۳	درد شدید در استخوان عفونی شده	۲/۰۴۱۷	معمولی
٤	احساس درد با لمس استخوان آسیب دیده	۱/۲۵۰۰	معمولی
٥	قرمزی پوست قرار گرفته بر روی استخوان مبتلا به عفونت	۰	گیرنده
٦	بالا رفتن درجه حرارت بدن یا تب به دلیل فعالیت بیش از حد میکروب ها	۰	گیرنده
۷	اختلال در هنگام راه رفتن	۰	گیرنده

طبق جدول ۶ معیار تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت بیشترین مقدار درجه بیرونی را کسب کرده و در رتبه اول قرار دارد.

٤-۱-۱ تدوین سناریو بیماری عفونت استخوان

باتوجه به جدول ۵ بیشترین اختلاف درجه درونی و بیرونی برای متغیر ۳ و ۴ بوده که برابر با ۱/۹۱۶۷ شده است. حال برای نوشتن سناریو برای چند متغیر، برای علایمی که اثرپذیری بالایی دارند سناریو رو به عقب و برای متغیرهایی که اثرگذاری بالایی دارند، سناریو رو به جلو تدوین می‌شود.

٤-۱-۲ سناریو رو به عقب بیماری عفونت استخوان

٤-۱-۲-۱ سناریو شماره۱

علایم اثرگذار بر معیار قرمزی پوست قرار گرفته بر روی استخوان مبتلا به استئومیلیت علایم ترشح مزمن چرک از پوست و تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت است که نتایج حاصل از صفر کردن این علایم در نرم‌افزار fcmapper در جدول ۷ نشان داده شده‌اند.

جدول ۷. میزان اثرگذاری علایم اول و دوم بر معیار قرمزی پوست قرار گرفته بر روی استخوان مبتلا به استئومیلیت

انتخاب عوامل	میزان اثرگذاری بر متغیر هدف
ترشح مزمن چرک از پوست (عامل شماره ۱)	-۰/۱۰۱۹۸۲۱۴
تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت (عامل شماره ۲)	-۰/۱۰۸۸۷۲۴۵

همان‌طور که از جدول ۷مشخص است، معیار شماره ۲ (تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت) بیشترین تاثیرگذاری را بر متغیر هدف دارد؛ بنابراین این معیار به عنوان متغیر هدف در نظر گرفته می شود. عوامل اثرگذار بر معیار تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت ۱، ۵ و ۶ می‌باشند که میزان اثرگذاری آن‌ها بر معیار شماره دوم (تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت) در جدول ۸ آورده شده است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

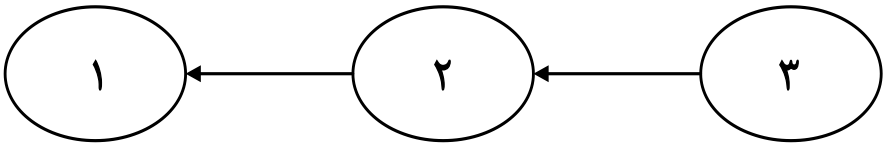
[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

جدول ۸. میزان اثرگذاری علایم اول، پنجم و ششم بر معیار تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت

انتخاب عوامل	میزان اثرگذاری بر متغیر هدف
ترشح مزمن چرک از پوست (عامل شماره ۱)	-۰/۱۰۱۹۸۲۱۴
درد شدید در استخوان عفونی شده (عامل شماره ۵)	-۰/۰۸۸۱۴۷۳۲
احساس درد با لمس استخوان آسیب دیده(عامل شماره ۶)	-۰/۰۹۱۱۰۷۹۶

باتوجه به جدول ۸ معیار ترشح مزمن چرک از پوست بیشترین میزان تاثیرگذاری را بر متغیر شماره ۲ یعنی تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت دارد.

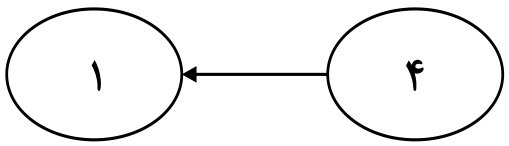
انجام مجدد گام های سناریو نشان داد که هیچ عاملی روی عامل شماره ۱ تاثیر نمیگذارد، درنتیجه سناریوسازی متوقف میشود. مسیر مربوط به سناریو رو به عقب بیماری عفونت استخوان در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ٦. مسیر مربوط به سناریو اول رو به عقب بیماری عفونت استخوان

٤-۱-۲-۲ سناریو شماره ۲

علایم اثرگذار بر معیار بالا رفتن درجه حرارت بدن یا تب به دلیل فعالیت بیش از حد میکروب ها، علایم اول و دوم هستند که نتایج حاصل از صفر کردن این علایم در نرم افزار fcmapper در جدول ۷ نشان داده شده‌اند. همان‌طور که از جدول ۷ مشخص است، عامل شماره ۱ (ترشح مزمن چرک از پوست) بیشترین تاثیرگذاری را بر متغیر هدف دارد. حال عامل شماره ۱ به عنوان متغیر هدف در نظر گرفته می‌شود. انجام مجدد گام های سناریو نشان داد که هیچ عاملی روی عامل شماره ۱ تاثیر نمی‌گذارد درنتیجه سناریوسازی متوقف می‌شود. مسیر مربوط به سناریو رو به عقب بیماری عفونت استخوان در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷. مسیر مربوط به سناریو دوم رو به عقب بیماری عفونت استخوان

٤-۱-۳ سناریو رو به جلو بیماری عفونت استخوان

با توجه به جدول ۹ عامل شماره ۱ (ترشح مزمن چرک از پوست) که بیشترین اثرگذاری را داشته به عنوان متغیر هدف درنظرگرفته شده و میزان اثرپذیری علایم اول، سوم، چهارم و هفتم از آن در جدول ۹ آورده شده است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

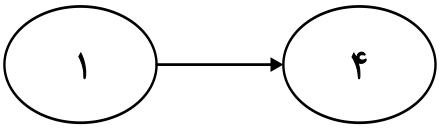
[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

جدول ۹. میزان اثرگذاری عامل ترشح مزمن چرک از پوست

انتخاب عوامل	میزان تغییر(اثرگذاری)
تورم و گرم شدن استخوان مبتلا به عفونت (عامل شماره ۲)	-۰/۰۹۳۲۹۶۱۰
قرمزی پوست قرار گرفته بر روی استخوان مبتلا به عفونت (عامل شماره۳)	-۰/۱۰۱۹۸۲۱۴
بالا رفتن درجه حرارت بدن یا تب به دلیل فعالیت بیش از حد میکروب ها (عامل شماره ۴)	-۰/۱۱۵۳۳۷۰۹
اختلال در هنگام راه رفتن(عامل شماره ۷)	-۰/۰۳۱۵۵۸۲۴

با توجه به جدول ۹ عامل ترشح مزمن چرک از پوست بیشترین اثرگذاری را روی عامل شماره ۴ یعنی بالا رفتن درجه حرارت بدن یا تب به دلیل فعالیت بیش از حد میکروب‌ها داشته است.

پس از هدف قرار دادن عامل ۴ و تکرار مراحل فوق سناریو متوقف می شود که مسیر مربوط به سناریو رو به جلو بیماری عفونت استخوان در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸. مسیر مربوط به سناریو رو به جلو بیماری عفونت استخوان

۵ بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر ابتدا با استفاده از نظر گروهی از متخصصان ستون فقرات و ارتوپد شهرستان بم علایم مربوط به بیماری مشخص شده است. سپس علایم نهایی تعیین‌شده توسط خبرگان جهت ارایه نقشه شناختی فازی مورد استفاده قرار گرفته است. برای این منظور جهت رسم نقشه شناختی فازی ابتدا روابط بین علایم با استفاده از روش استنتاج فازی ممدانی و نرم افزار MATLAB مشخص شده است؛ سپس با استفاده از روش فازی زدایی مرکز جرم، ماتریس ارتباطات مربوط به علایم بیماری تشکیل شده است. در نهایت برای ایجاد ماتریس نهایی، ماتریس ارتباطات که بر اساس نظر دو خبره تشکیل‌شده مورد بازنگری قرار گرفته و بعضی از روابط بی‌معنا حذف شده‌اند. با وارد کردن ماتریس نهایی در نرم افزار FCMapper، از خروجی حاصل به عنوان ورودی نرم افزار Pajek استفاده شده و گراف مربوط به نقشه شناختی فازی علایم بیماری عفونت استخوان رسم شده است. خروجی نقشه شناختی فازی شامل درجه بیرونی (تاثیرگذاری)، درجه درونی (اثرپذیری) و مرکزیت هریک از متغیرها است که بر اساس سه شاخص مذکور تاثیر علایم بر یکدیگر رتبه‌بندی شده است.

پژوهش حاضر به متخصصان راهکاری جهت تشخیص به موقع بیماری عفونت استخوان ارایه داده و موجب شده تا درک بهتری از چندین علایم داشته باشند تا با کمک آن متخصصان بتوانند توصیه‌های پیشگیری و مراقبت خود را بهبود دهند.

برای ارایه تجزیه و تحلیل سناریوها و پیشنهاد اقدامات پیشگیرانه و محافظتی در برابر بیماری عفونت استخوان باید وزن علایم را تغییر داده و رفتار سیستم را بررسی و شناسایی کرد. در مطالعه حاضر برای شبیه‌سازی تغییرات سیستم در طول زمان از ابزار FCMapper و جهت مقایسه تاثیر علایم بر بیماری عفونت استخوان از

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

سوالات What-if استفاده شده است. در روش ارایه شده نقش انسان و خطاهای انسانی کمتر شده است. باید در نظر داشت که کنترل همه علایم بیماری عفونت استخوان غیر ممکن است اما می‌توان با کنترل برخی از آنها تاثیر علایم و به مراتب شدت بیماری عفونت استخوان را تا حدی کاهش داد. در تدوین سناریو این نکته در نظر گرفته می‌شود که چه سناریویی می توان ارایه داد تا علایم بیماری عفونت استخوان بهبود داده شود. در پژوهش حاضر دو نوع سناریوی رو به عقب و رو به جلو برای بیماری عفونت استخوان ارایه داده شده است.

مسیر سناریو سازی رو به عقب برای عامل "قرمزی پوست قرار گرفته بر روی استخوان مبتلا به استئومیلیت" نشان داده است که عامل "ترشح مزمن چرک از پوست" برای بهبود بیماری عفونت استخوان به عنوان اولین اقدام شناسایی شده است و توجه و بهبود آن منجر به بهبود عامل قرمزی پوست شده و در نهایت منجر به بهبود بیماری عفونت استخوان می‌گردد. همچنین مسیر سناریو سازی رو به عقب برای "بالا رفتن درجه حرارت بدن یا تب به دلیل فعالیت بیش از حد میکروب‌ها" نشان داده است که عامل "ترشح مزمن چرک از پوست" برای بهبود بیماری عفونت استخوان به عنوان شروع کننده مسیر بهبود شناسایی شده است. در نتیجه جهت بهبود بیماری ابتدا باید ترشح مزمن چرک از پوست مورد توجه بیشتری قرار گیرد.

نتایج حاصل از انجام سناریوی رو به عقب برای بیماری عفونت استخوان نشان داده است که علایم "قرمزی پوست قرار گرفته بر روی استخوان مبتلا به استئومیلیت" و "بالا رفتن درجه حرارت بدن یا تب به دلیل فعالیت بیش از حد میکروب‌ها" بیشترین اثر پذیری را از سایر علایم به ویژه "ترشح مزمن چرک از پوست" داشته است؛ بنابراین جهت بهبود تب و قرمزی پوست، باید به ترشحات مزمن چرک از پوست توجه کرد که در نهایت توجه بیشتر به این عامل میتواند به تشخیص و بهبود بیماری عفونت استخوان کمک کند.

نتایج حاصل از انجام سناریوی رو به جلو برای بیماری عفونت استخوان نشان داده است که عامل "ترشح مزمن چرک از پوست" بیشترین تاثیرگذاری را بر سایر علایم به ویژه تب دارد و در صورت بهبود "ترشح مزمن چرک از پوست"، عامل "بالا رفتن درجه حرارت بدن یا تب به دلیل فعالیت بیش از حد میکروب ها" بهبود می‌گردد. در نتیجه توجه به ترشح مزمن چرک از پوست و بهبود آن، منجر به بهبود بیماری عفونت استخوان می‌شود.

پژوهش حاضر به نوعی توجیه کننده روابط علایم بیماری عفونت استخوان است و خوانندگان را قادر می‌سازد تا بین سناریوهای تدوین شده و علایم بیماری‌ها تحلیل حساسیت انجام دهند.

۵-۱ پیشنهادات برای تحقیقات آتی

در این پژوهش از اعداد فازی مثلثی استفاده شد و در پژوهش‌های آتی می‌توان از اعداد فازی ذوزنقه‌ای و ... استفاده کرد.

استفاده از سایر روش‌های استنتاج فازی

انجام روش فوق جهت بررسی سایر بیماری‌ها

انجام پژوهش در سایر زمینه‌ها غیر از پزشکی

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

استفاده از روش‌های دیگر جهت شناسایی فاکتورهای موثر

اسنفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری جهت تحلیل نقشه شناختی فازی.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع-بهینه‌سازی سیستم‌ها در دانشگاه سیستان و بلوچستان با عنوان «طراحی سیستم تصمیم یار در تشخیص اختلالات ستون فقرات با استفاده از نقشه شناختی فازی» است. بدین وسیله از تمام افرادی که در تکمیل پرسشنامه‌ها همکاری کرده و نویسندگان را از اطلاعات لازم بهره‌مند نمودند تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

[1] Papageorgiou, E., Stylios, C., & Groumpos, P. (2006, August). A combined fuzzy cognitive map and decision trees model for medical decision making. In 2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society . 6117-6120. IEEE.

[2] Parsopoulos, K. E., Papageorgiou, E. I., Groumpos, P. P., & Vrahatis, M. N. (2003, December). A first study of fuzzy cognitive maps learning using particle swarm optimization. In The 2003 Congress on Evolutionary Computation, 2003. CEC'03. 2, 1440-1447. IEEE.

[3] Feleki, A., Apostolopoulos, I. D., Papageorgiou, K., Papageorgiou, E. I., Apostolopoulos, D. J., & Papandrianos, N. I. (2023, August). A fuzzy cognitive map learning approach for coronary artery disease diagnosis in nuclear medicine. In Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology. 14-25. Cham: Springer Nature Switzerland.

[4] Khalifa A. (2018). A review of decision making and multi-criteria decision making, Quarterly Journal of Management and Accounting Studies (Special Issue, Fourth International Conference on Management, Entrepreneurship and Economic Development). 217-232. (In Persian).

[5] Nikouei M A, Amiri M. (2022). Application of experimental design methods and fuzzy multi-criteria decision making in the determination of the optimal reliability of the two-stage assembly flow shop scheduling system, Journal of Operational Research and its Applications (journal of Applied mathematics), 19 (3), 45-62. (In Persian).

[6] Maniee, R., Farasatkhah, M., & Lucas, C. (2009). Investigating the relation between “information and communication technology” and knowledge production by cognitive map the lessons for iran. In EDULEARN09 Proceedings. 5710-5719. IATED.

[7] Marchant, T. (1999). Cognitive maps and fuzzy implications. European Journal of Operational Research, 114(3), 626-637.

[8] Sakhaei B., Vahidian Kamiad A. (2012). Using Type-2 Fuzzy Sets in the Analytic Hierarchy Process Method: Ranking Distributed Generation Power Plants, (Master's Thesis, Ferdowsi University of Mashhad).

[9] Ataei M. (2010). Fuzzy multi-criteria decision making, 1st edition, Shahrood University of Technology, Shahrood.

[10] Moradi Farahani H., Asgari J., Zekri M. (2013). A review of type-2 fuzzy logic: from origin to application, Scientific-Promotional Journal of Soft Computing, 3, 22-43.

[11] Bahman F, Shahraki A, Banihashemi S A. (2024). Evaluating the resilience performance of the pharmaceutical industry supply chain under conditions of uncertainty: a fuzzy multi-criteria decision-making approach; Journal of Operational Research and its Applications, 21 (2), 91-108. (In Persian).

[12] Apostolopoulos, I. D., Papandrianos, N. I., Papathanasiou, N. D., & Papageorgiou, E. I. (2024). Fuzzy cognitive map applications in Medicine over the last two decades: a review study. Bioengineering, 11(2), 139.

[13] Kadaifci, C., Karadayi-Usta, S., & Yanmaz, O. (2024). An analysis of consumer opinions on waste medicine management utilizing fermatean fuzzy cognitive mapping. Environmental Development, 49, 100961.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]

[14] Bury, D. C., Rogers, T. S., & Dickman, M. M. (2021). Osteomyelitis: diagnosis and treatment. American family physician, 104(4), 395-402.
[15] Salehnia, N., Asari Arani, A., Sadeghi Saqdal, H., and Oliaei Manesh, A. (2014). Fuzzy cognitive map of macro determinants of population health in Iran. Iranian Journal of Epidemiology, 18(4), 255-269. SID. https://sid.ir/paper/1131306/fa
[16] Amirkhani, A., Papageorgiou, E. I., Mohseni, A., & Mosavi, M. R. (2017). A review of fuzzy cognitive maps in medicine: Taxonomy, methods, and applications. Computer methods and programs in biomedicine, 142, 129-145.
[17] David, R., Barron, B. J., & Madewell, J. E. (1987). Osteomyelitis, acute and chronic. Radiologic Clinics of North America, 25(6), 1171-1201.
[18] Wald, E. R. (1985). Risk factors for osteomyelitis. The American journal of medicine, 78(6), 206-212.
[19] Iakovidis, D. K., & Papageorgiou, E. (2010). Intuitionistic fuzzy cognitive maps for medical decision making. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 15(1), 100-107.
[20] Talebpour, A., and Ahmadi, S. (2009). Intelligent evaluation of fuzzy cognitive map (FCM). Business Management Perspective (Management Perspective (Management Message)), 8(30), 9-28. SID. https://sid.ir/paper/115588/fa
[21] Kandasamy, W. V., & Smarandache, F. (2003). Fuzzy cognitive maps and neutrosophic cognitive maps. Infinite Study.
[22] Huerga, A. V. 2002. A Balanced differential learning algorithm in fuzzy cognitive maps. In Proceedings of the 16th International Workshop on Qualitative Reasoning.
[23] Aguilar, J. 2005. A survey about fuzzy cognitive maps papers. International journal of computational cognition, 3(2), 27-33.
[24] Mullen, P. M. (2003). Delphi: myths and reality. Journal of health organization and management, 17(1), 37-52.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2266]