# شبکه اجتماعی سلامت: یک سیستم توصیه‌گر با رویکرد شبکه‌های اطلاعاتی ناهمگون

**سیدسعید مرتضوی*، فرشته آزادی پرند****

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۲۳

## چکیده

*سلامت، بهداشت و خدمات درمانی قسمت جدایی‌ناپذیر زندگی هر فردی در طول زندگی‌اش است. هر فردی در دوره‌های مختلف زندگی خود به‌نوعی نیازهای متنوعی در حوزه سلامت احساس می‌کند که با استفاده از امکانات موجود، سعی در پاسخ‌گویی به‌این نیازها را دارد. با توجه به استقبال زیاد افراد از شبکه‌های اجتماعی در دو دهه اخیر، یکی از ابزارهایی که می‌تواند امکانات مختلفی را در اختیار افراد در حوزه سلامت بگذارد شبکه‌های اجتماعی است. در این پژوهش یک شبکه اجتماعی سلامت معرفی شده است که بر روی ارتباط کاربران یا بیماران با پزشکان و خدمات درمانی مختلف*

* دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم ریاضی و رایانه دانشگاه علامه طباطبائی.
mortazavi931@atu.ac.ir

** استادیار گروه رایانه دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول). parand@atu.ac.ir

*تمرکز دارد. برای بهبود کارایی این شبکه یک سیستم توصیه‌گر پیشنهاد شده است که می‌تواند به کاربران یک پزشک، یک حوزه تخصصی جهت اخذ مشاوره پزشکی و یا یک مطلب را بر اساس نیازمندی‌های آنان پیشنهاد دهد. از شبکه‌های اطلاعاتی ناهمگون برای مدل‌سازی شبکه اجتماعی سلامت بهره گرفته‌ایم. این شبکه‌ها وجود چندین نوع شیء، مانند پزشک، بیمار و مشاوره، و چندین نوع رابطه، مانند درخواست مشاوره و پاسخ به مشاوره، را در برمی‌گیرند. برای مدل توصیه، با توجه به روش‌هایی که شبکه‌های ناهمگون ارائه می‌دهند، از بازخوردهای ضمنی‌ای که هر فرد در شبکه ثبت می‌کند، استفاده کردیم تا با یافتن شباهت‌های مطابق با این بازخوردها، بهترین پیشنهادها را به وی ارائه دهیم. برای الگوریتم یادگیری مدل توصیه از رتبه‌بندی، شخصی‌سازی شده بیزین استفاده شده است. الگوریتم ارائه شده ترکیبی از روش امتیاز رتبه‌بندی و الگوریتم یادگیری مذکور است. در انتها با اعمال روش پیشنهادی بر روی مجموعه داده، کارایی این شبکه اجتماعی و سیستم توصیه‌گر نشان داده شده است.*

**واژه‌های کلیدی:** *سلامت، سیستم توصیه‌گر، شبکه اطلاعاتی ناهمگون.*

## ۱. مقدمه

هر فردی در هر جامعه و با هر فرهنگ و قومیتی که زندگی کند، در طول زندگی خود نیاز به بهداشت و خدمات درمانی دارد تا بتواند سلامت خود را تضمین کند. در دنیای امروزه با توجه به‌این که استفاده از تکنولوژی بسیار فراگیر شده و قسمتی جدایی‌ناپذیر از زندگی هر فرد شده است، افراد با به‌کارگیری آن در ابعاد مختلف زندگی خود سعی بر بهبود کیفیت زندگی خود دارند. همچنین استفاده به‌جا از این تکنولوژی بسیاری از این ابعاد را برای هر فرد آسان‌تر کرده است. سلامت هم نیز از این قاعده مستثنی نیست و فعالان این حوزه با ارائه خدمات بر روی تکنولوژی‌هایی مانند اینترنت و وب سعی دارند به بهبود سطح سلامت جامعه خود کمک کنند.

ما در این پژوهش با انتخاب حوزه سلامت به‌عنوان یکی از تأثیرگذارترین عوامل زندگی فردی و اجتماعی و انتخاب بستر اینترنت و تکنولوژی‌های مربوط به‌این حوزه قصد داریم که با استفاده از اطلاعاتی که یک فرد در شبکه اجتماعی سلامت به اشتراک می‌گذارد، خدمات درمانی، بهداشتی و سلامتی‌ای که به آن‌ها نیاز دارد را به وی پیشنهاد دهیم. تشخیص این نیازمندی از روی اطلاعات به اشتراک گذاشته شده به‌این صورت خواهد بود که موارد مشابه به آنچه که کاربر قبلاً در شبکه اجتماعی از آن خدمات استفاده کرده است را می‌یابیم. سپس با معنی دادن به‌این شباهت سعی می‌کنیم که یافتن موارد مشابه را بهبود دهیم (Sun, 2011). این تعریف سیستم توصیه‌گر سلامت[1] است. برای روشن‌تر شدن موضوع فرض کنید فردی به دلیل مشکل قند خون در شبکه اجتماعی سلامت در حال جست‌وجو است. مطلبی مرتبط با این موضوع پیدا می‌کند و مشغول مطالعه می‌شود. سیستم توصیه‌گر سلامت با استفاده از این تعامل کاربر با شبکه، مطالب دیگری که درباره قند خون است را به وی پیشنهاد می‌دهد تا مطالعه کند یا این که یک پزشکی که در این حوزه تخصص دارد را به کاربر پیشنهاد می‌دهد تا کاربر از آن پزشک مشاوره‌ای درباره مشکل قند خون خود بگیرد.

دنیای ما شامل انواع مختلفی از اشیا[2] است که‌این اشیا با روابط[3] مختلفی به هم متصل[4] هستند. این اشیا در شبکه اجتماعی سلامت می‌توانند پزشک، بیمار، حوزه تخصصی برای مشاوره پزشکی، مطالب و مراکز خدمات درمانی باشند. همچنین روابط نیز می‌توانند پاسخ به مشاوره بین دوشی پزشک و مشاوره، درخواست مشاوره بین دوشی بیمار و مشاوره و یا انتشار مطلب بین دوشی پزشک و مطلب، باشند. شبکه‌های اطلاعاتی ناهمگون[5] با پوشش همین موضوع، بهترین انتخاب برای مدل‌سازی دنیای

1. Health recommender system
2. Object
3. Relation
4. Link
5. Heterogeneous Information Network (HIN)

واقعی است (Shi, 2017). در این پژوهش با قرار دادن اطلاعات سلامت بر روی این شبکه‌های اطلاعاتی به بهترین نحو افراد، خدمات و سایر اشیا و همچنین ارتباطات و تعاملات بین آنان را مدل‌سازی می‌شوند تا بتوان به‌راحتی اطلاعات مورد نیاز هر فرد را از انبوهی از اطلاعات استخراج کنیم و از آن برای خدمت‌رسانی به فرد استفاده کنیم.

در شبکه اجتماعی سلامت همچنین سعی می‌شود بعضی از مشکلات موجود در حوزه سلامت و مشکلات استفاده افراد از تکنولوژی‌های مختلف در این حوزه، رفع شود. یکی از این مشکلات، اطلاعاتی است که فرد از خیل انبوه اطلاعات موجود در اینترنت برای یک مشکل خاص سلامتی خود به‌دست می‌آورد. اطلاعات به‌دست‌آمده همگی از یک درجه اعتبار و درستی برخوردار نیستند و گهگاه اطلاعات اشتباهی در اختیار فرد قرار می‌گیرد. حال برای حوزه سلامت که در آن اطلاعات منتقل شده از حساسیت بالایی برخوردار هستند و حتماً باید از معتبرترین منابع باشند، این موضوع دوچندان اهمیت پیدا می‌کند. از سوی دیگر حوزه سلامت یک حوزه کاملاً تخصصی است. به همین دلیل افراد عام که تحصیلات پزشکی ندارند، ممکن است نتوانند نکات مورد نیاز خود را از اطلاعات موجود بر روی اینترنت به‌دست بیاورند. یا حتی اگر مطالب سلامتی‌ای برای افراد عام و غیرمتخصص نوشته شده باشد، ممکن است فرد تخصص کافی برای تشخیص مشکل خود را نداشته باشد یا مشکل خود را به‌اشتباه تشخیص دهد و به همین دلیل یا مطلب مورد نظر خود را پیدا نکند و یا مطلب نامرتبطی با مشکل خود را مطالعه کند. و در آخر این که اطلاعات سلامت از اطلاعات محرمانه هر فرد محسوب می‌شوند و این موضوع حتی در سطح‌های بالاتر نیز وجود دارد. کشورها اطلاعات سلامت کلان جامعه خود را جزو اطلاعات محرمانه می‌دانند و آن را در اختیار همگان قرار نمی‌دهند.

تمامی موارد بالا از انگیزه‌ها و ضرورت‌های این پژوهش بشمار می‌آیند. شبکه اجتماعی سلامت سعی دارد با قرار دادن شبکه اطلاعاتی ناهمگون به‌عنوان ساختار داده‌های مورد استفاده و مدل توصیه‌گر به‌عنوان یک سرویس قابل‌ارائه، مشکلات

مذکور را حل نماید (Yu, 2014). همچنین برای نشان دادن کارایی این شبکه، از مجموعه داده‌های سامانه "ابر سلامت[1]" استفاده می‌شود. این سامانه یکی از سامانه‌های فعال در حوزه سلامت است که خدمات مختلفی مانند معرفی پزشکان و مشاوره پزشکی را ارائه می‌دهد. ابتدا با معرفی شبکه اجتماعی سلامت مجموعه داده را به‌صورت مورد انتظار تبدیل می‌کنیم و سپس با اعمال مدل توصیه معرفی شده کارایی شبکه را نشان می‌دهیم.

## ۲. مبانی نظری و مطالعات گذشته درباره سیستم توصیه‌گر سلامت

در این بخش به بیان مبانی نظری مورد استفاده در این پژوهش و بررسی مطالعات گذشته مرتبط با سیستم‌های توصیه‌گر سلامت، پرداخته می‌شود.

### ۲-۱. مطالعات گذشته

یکی از معیارهای سلامتی، تناسب وزن است. چاقی یا اضافه‌وزن اغلب ممکن است به بروز سایر بیماری‌های حاد منجر شود. برای این که کاربران انتخاب‌های غذایی سالم‌تری داشته باشند، سامانه‌های مختلفی توسعه داده شده‌اند تا آن‌ها را از طریق پیشنهادهای غذایی و همچنین دستورات غذایی سالم‌تر بر اساس احتیاجات و علایقشان یاری دهند (Mika, 2011). این پژوهش فقط بر روی این معیار سلامتی تمرکز کرده است؛ حال آن‌که استفاده از چندین سامانه برای کاربران جهت برطرف کردن نیازهای سلامتی خود بسیار دشوار است. پژوهش‌های دیگری مانند سیستم‌های توصیه‌گری برای مشکلات قلبی-عروقی (Kim, 2009)، افزایش رضایت‌مندی بیماران در بیمارستان‌ها (Tabrizi, 2016)، پیوسته بودن فعالیت فیزیکی در اوقات فراغت[2] (Samim 2008)، پیشنهاد پزشک و بیمارستان به بیمار (Narducci, 2015)، ارائه

1. http://abresalamat.ir
2. Leisure-Time Physical Activity (LTPA)

اطلاعات بر اساس پرونده سلامت شخصی[1] بیمار (Wiesner, 2011)، پیشنهاد محصولات سلامتی بر اساس اطلاعات مکانی و سابقه‌های الکترونیکی سلامتی بیماران (Lopez-Nores, 2016)، انجام شده است. با استفاده از اطلاعات موجود در پرونده سلامت شخصی بیماران نیز می‌توان پیشنهادهای متفاوتی را به آن‌ها ارائه کرد و سیستم توصیه‌گر را بر اساس آن تعریف کرد (Morrell and Kerschberg, 2013; Lopez-Nores, 2011; Wiesner and Pfeifer, 2010; Kim, 2015).

استفاده از پژوهش‌های مذکور در کنار هم با توجه به‌این که هرکدام از آن‌ها از روش‌های اختصاصی خود استفاده کرده‌اند و زیرساخت‌های متفاوتی دارند بسیار دشوار است. همچنین پیاده‌سازی جداگانه آن‌ها همان‌گونه که قبلاً هم ذکر شد باعث ایجاد تعدد سیستم‌های مختلف می‌شود که عملاً استفاده از تمامی آن‌ها برای کاربر ناممکن خواهد بود. پژوهش پیش‌رو با ارائه یک شبکه اجتماعی سلامت یکپارچه و یک مدل جامع برای سیستم توصیه‌گر، سعی دارد برای این مسئله راه‌حلی ارائه دهد.

**هر سیستم توصیه‌گری برای استفاده در دنیای واقعی به یک چارچوب نرم‌افزاری نیاز دارد. یک چارچوب توصیه‌گر خدمات بهداشت و سلامت،[2] با قابلیت سنجش وضعیت سلامت و سوابق گوناگون هر کاربر، مطرح شده است.چارچوب توصیه گر خدمات سلامت،** خدمات سلامت را با توجه به شباهت‌های پزشکی کاربر و سرویس تنظیم می‌کند (Lee, 2008). چارچوب دیگری برای سامانه مراقبت‌های بهداشتی مؤثر از طریق به اشتراک‌گذاری مشکلات بیماران توسط (Ambika and Latha, 2015) نیز معرفی شده است.

1. Personal Health Record (PHR)
2. Healthcare Service Recommendation Framework

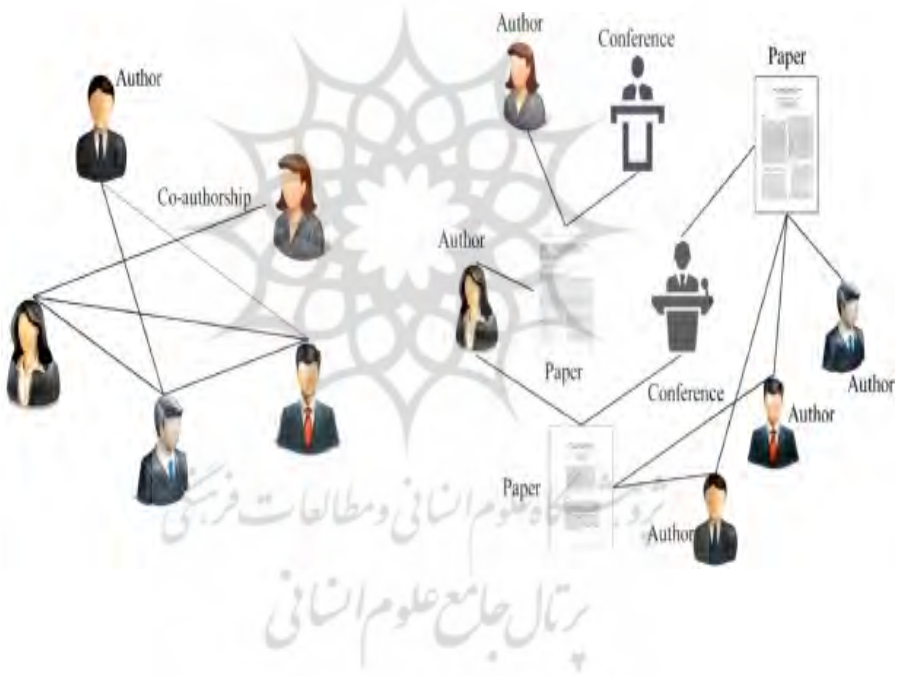
### ۲-۲. شبکه اطلاعاتی

یک شبکه اطلاعاتی، انتزاعی از جهان واقعی را به نمایش می‌گذارد و بر روی اشیا و ارتباط بین آن‌ها تمرکز دارد. شبکه‌های اطلاعاتی در علوم کامپیوتر، علوم اجتماعی و فیزیک کاربرد دارد و می‌تواند برای اهداف مختلفی مانند داده‌کاوی، بازیابی اطلاعات و استخراج الگوهای پنهان در میان ارتباط اشیا، مورد استفاده قرار گیرد. شبکه‌های اطلاعاتی به‌صورت کلی بر پایه یک فرضیه بنانهاده شده‌اند و آن‌هم، یکتا بودن انواع اشیا و انواع ارتباطات است (Shi, 2017).

یک شبکه اطلاعاتی به‌صورت یک گراف جهت‌دار $G = (V, E)$ تعریف می‌شود که یک تابع نگاشت نوع شی[1] به‌صورت $\Phi = V \to A$ و یک تابع نگاشت نوع پیوند[2] به‌صورت $\psi = E \to R$ دارد. هر شی $v \in V$ به یک نوع شی خاص $\Phi(v) \in A$ و هر پیوند $e \in E$ به یک رابطه[3] خاص $\psi(e) \in R$ تعلق دارد. برخلاف تعاریف سنتی شبکه، ما به‌صورت صریح بین انواع روابط و انواع اشیا در شبکه تمایز قائل می‌شویم. باید به‌این نکته توجه داشت که اگر یک رابطه بین شی نوع A و شی نوع B وجود داشته باشد، که به‌صورت A R B نمایش داده می‌شود، رابطه معکوس $R^{-1}$ بین A و B به‌صورت B $R^{-1}$ A نمایش داده می‌شود. در اکثر اوقات R و $R^{-1}$ یکسان نیستند مگر این که نوع شی‌های در ارتباط یکی باشند و R یک رابطه متقارن[4] باشد (Sun, 2011). زمانی که انواع اشیا $|A| > 1$ و یا انواع روابط $|R| > 1$ باشد، به آن شبکه، شبکه اطلاعاتی ناهمگون (HIN)[5] و در غیر این صورت به آن شبکه اطلاعاتی همگون[6] می‌گویند. به عبارتی شبکه اطلاعاتی همگون فقط یک نوع

1. Object type mapping function
2. Link type mapping function
3. Relation
4. Symmetric
5. Heterogeneous Information Network
6. Homogeneous information network

یکسان برای اشیا و پیوندها دارد. این شبکه‌های همگون معمولاً از تعامل با سامانه‌های واقعی استخراج می‌شوند که برای ساده‌سازی با نادیده گرفتن انواع مختلف پیوندها و اشیا، فقط از یک نوع رابطه در میان اشیا فقط با یک نوع استفاده می‌کنند. اگرچه اکثر سامانه‌های واقعی شامل اجزایی[1] با انواع مختلف هستند که در کنار هم در حال تعامل هستند که ما آن‌ها را به‌عنوان شبکه‌های اطلاعاتی ناهمگون با نوع‌های مختلف اشیا و پیوندها مدل‌سازی می‌کنیم. در شکل ۱ نمونه‌هایی از این شبکه‌ها آورده شده است.

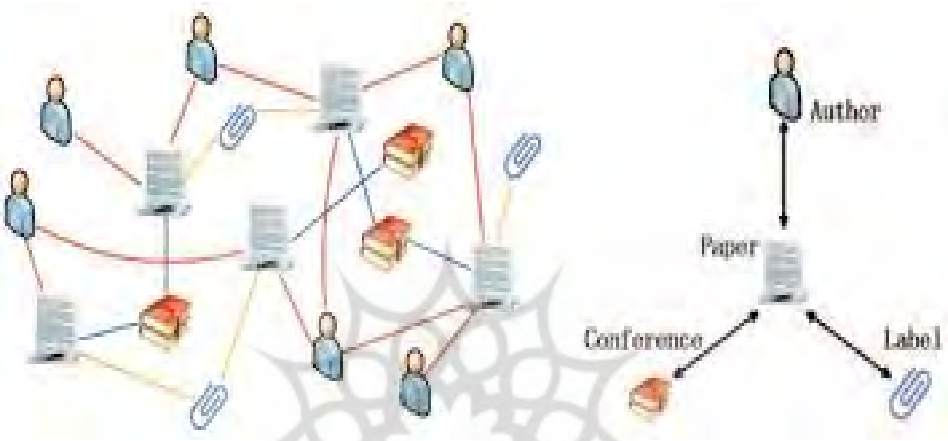



**شکل ۱- تصویر سمت چپ (الف) شبکه اطلاعاتی همگون، تصویر سمت راست (ب) شبکه اطلاعاتی ناهمگون**

1 Component

## ۳-۲. شمای شبکه

به‌منظور درک بهتر انواع شی و انواع پیوند در یک شبکه اطلاعاتی ناهمگون پیچیده، ضروری است که یک تعریف در سطح شما برای این شبکه‌ها داشته باشیم.




**شکل ۲- تصویر سمت چپ (الف) شبکه اطلاعاتی ناهمگون، تصویر سمت راست (ب) شمای شبکه**

بنابراین مفهوم شمای شبکه[1] برای توصیف ساختار شبکه، ارائه می‌شود. شمای شبکه یک قالب برای یک شبکه ناهمگون $G = (V, E)$ با نگاشت نوع شی $\Phi = V \to A$ و نگاشت نوع پیوند $\psi = E \to R$ است که یک گراف جهت‌دار به‌صورت $T_G = (A, R)$ است؛ A به‌عنوان نوع‌های شی و یال‌ها به‌عنوان R، مشخص‌کننده روابط بین شی‌ها، هستند. شمای شبکه یک قالب را برای شبکه نمایش می‌دهد که مشخص‌کننده تعداد نوع‌های اشیای موجود و جای قرار گرفتن پیوند میان آن‌ها است. در شکل ۲ یک شمای شبکه به همراه شبکه اطلاعاتی ناهمگون مربوط آن آورده شده است.

1 Network schema

### ۲-۴. نمونه شبکه

یک شبکه اطلاعاتی‌ای که از روی شمای شبکه ساخته می‌شود یک نمونه شبکه[1] برای آن شمای شبکه است. برای یک نوع پیوند R که نوع شی S را به نوع شی T متصل می‌کند، S و T به ترتیب نوع شی مبدأ[2] و نوع شی مقصد[3] برای نوع پیوند R هستند و این ارتباط به‌صورت $S \xrightarrow{R} T$ نمایش داده می‌شود. رابطه معکوس نوع پیوند R به‌صورت $R^{-1}$ نمایش داده می‌شود و این ارتباط نیز به‌صورت $T \xrightarrow{R^{-1}} S$ است.

### ۲-۵. فرا مسیر

برخلاف شبکه‌های همگون، دوشی در شبکه‌های ناهمگون می‌توانند توسط مسیر[4]های متفاوتی به هم متصل شوند که‌این مسیرها معانی متفاوتی نیز دارند. برای مثال دو نویسنده می‌توانند توسط مسیرهای "نویسنده-مقاله-نویسنده" و "نویسنده-مقاله-کنفرانس-مقاله-نویسنده" به هم متصل باشند. مسیر اول بیان‌گر این معنی است که دو نویسنده در یک مقاله مشارکت داشته‌اند و در مسیر دوم دو نویسنده، هر دو در یک کنفرانس مقاله خود را منتشر کرده‌اند.

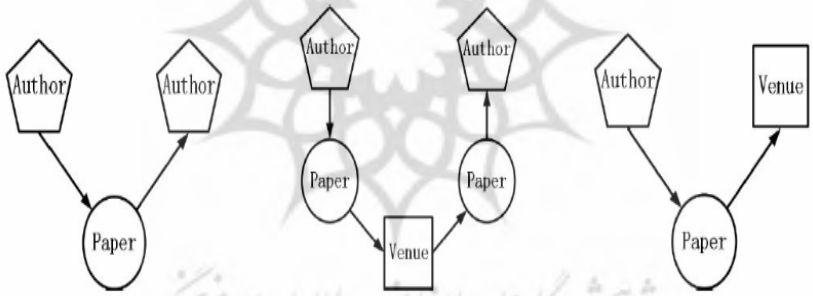
یک فرامسیر[5] P یک مسیر روی گراف شمای شبکه $T_G = (A, R)$ است که به‌صورت $A_1 \xrightarrow{R_1} A_2 \xrightarrow{R_2} \cdots \xrightarrow{R_l} A_{l+1}$ نمایش داده می‌شود. فرا مسیری متقارن است که رابطه R مورد استفاده در آن متقارن باشد. همچنین برای سادگی در نمایش فرامسیر اگر چندین رابطه بین دو نوع یکسان وجود نداشته باشد، فرامسیر را به‌صورت $P = (A_1 A_2 \cdots A_{l+1})$ نمایش می‌دهیم.

---

1. Network instance
2. Source object type
3. Target object type
4. Path
5. Meta-path

برای مثال فرامسیر "نویسنده–مقاله–نویسنده "به‌صورت $A \xrightarrow{writing} P \xrightarrow{written-by} A$ و یا به‌صورت خلاصه به‌صورت APA نمایش داده می‌شود. باید توجه داشت که در این مثال تنها یک نوع رابطه بین نوع شی A و نوع شی P وجود دارد و در نتیجه نماد اختصاری ابهامی نخواهد داشت.

یک مسیر $p = (a_1 a_2 \cdots a_{l+1})$ بین $a_1$ و $a_{l+1}$ روی شبکه G از فرامسیر P به شرطی پیروی می‌کند که $\forall i. \phi(a_i) = A_i$ و هرکدام از پیوندها $e_i = (a_i, a_{i+1})$ به یک رابطه $R_i$ در P تعلق داشته باشد. به‌این مسیرها، نمونه‌های مسیر[1] P گفته می‌شود. فرامسیر $P'$ یک فرامسیر معکوس[2] P است اگر $P'$ مسیر معکوس P در $T_G$ باشد که به‌صورت $P^{-1}$ نمایش داده می‌شود. به همین ترتیب، نمونه مسیر معکوس[3] p را به‌عنوان مسیر معکوس p در G، به‌صورت $p^{-1}$ نمایش می‌دهیم.




**شکل ۳- تصویر سمت چپ (الف) APA، تصویر وسط (ب)APVPA ، تصویر سمت راست (پ) APV**

با توجه به شکل ۳ می‌توان جدول ۱ را استخراج کرد. در این جدول باید ابتدا به فرا مسیرهای معرفی شده توجه کرد. مورد اول مطابق شکل ۳ (الف)، مورد دوم مطابق با شکل ۳ (ب) و مورد سوم مطابق با شکل ۳ (پ) است. معنای هرکدام از این فرا

1. Path instances
2. Reverse meta-path
3. Reverse path instance

مسیرها در ستون مربوطه مشخص شده است. همچنین نمونه واقعی از مسیر مربوط به هر فرامسیر در قسمت مشخص شده، آورده شده است.

**جدول ۱- فرامسیر و نمونه مسیر**

| نمونه مسیر | فرامسیر | معنی |
|---|---|---|
| رضا-PathSim-ایمان<br>رضا-NetClus-حسین | نویسنده-مقاله-نویسنده | نویسندگان روی یک مقاله مشترک همکاری می‌کنند |
| رضا-VLDB-PathSim-ایمان-PathSim<br>رضا-VLDB-PathSim-حسین-NetClus | نویسنده-مقاله-کنفرانس-مقاله-نویسنده | نویسندگان یک مقاله در کنفرانس مشترک منتشر می‌کنند |
| رضا-KDD-NetClus<br>رضا-VLDB-PathSim | نویسنده-مقاله-کنفرانس | نویسندگان در یک کنفرانس مقاله منتشر می‌کنند |

## ۳. روش مدل‌سازی سیستم توصیه‌گر

برای معرفی روش مدل‌سازی سیستم توصیه‌گر، ابتدا ساختار شبکه اجتماعی سلامت به‌عنوان شبکه اطلاعاتی مورد استفاده ارائه می‌شود. هدف از ارائه ساختار این شبکه، معرفی شی‌ها و ارتباطات بین آن‌ها است. در قدم بعدی نحوه محاسبه شباهت دوشی بر اساس فرامسیر بیان می‌شود. از روی این شباهت‌ها، ترجیحات کاربر نسبت به یک شی خاص استخراج می‌شود. به‌این معنی که مشخص می‌شود یک کاربر برای نمونه‌های یک شی خاص چه ترجیحاتی دارد. سپس با استفاده از این داده‌ها امتیاز رتبه‌بندی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی معرفی شده، محاسبه می‌شود و در انتها به کاربر پیشنهادهایی با بیشترین امتیاز ارائه می‌شود.

### ۱-۳. شبکه اجتماعی سلامت

شبکه اجتماعی سلامت به‌منظور ایجاد ارتباط بین کاربران یا بیماران و پزشکان و خدمات بهداشتی و درمانی، تعریف می‌شود. ساختار مجموعه داده‌این شبکه از نوع ساختاریافته[1] است. این داده‌های ساختاریافته از مدل موجودیت-رابطه،[2] استفاده می‌کنند که در آن موجودیت‌ها همان اشیا و رابطه‌ها همان پیوندها در شبکه‌های اطلاعاتی ناهمگون هستند. در ادامه تعاریفی برای موجودیت‌ها و روابط اصلی شبکه اجتماعی سلامت ارائه می‌شود.

## موجودیت‌ها

- **کاربران:** کاربران سامانه نقش اصلی را در این شبکه‌ایفا می‌کنند. هدف این سامانه ارائه خدمات سلامت گوناگون به کاربران است. در بعضی از مواقع کاربران، بیمار هم نامیده می‌شوند.
- **وضعیت سلامت:** به متغیرهایی مانند وزن، قد، جنسیت، سن، شاخص حجم بدن، قند خون و فشارخون اشاره دارد. این متغیرها اطلاعات خام اولیه‌ای راجع به وضعیت سلامت می‌دهند.
- **پزشکان:** بعد از کاربران پزشکان نقش اساسی بعدی را ایفا می‌کنند. در قسمتی از این سامانه سعی می‌شود به پزشکان نیز خدماتی مانند مدیریت مطب و مدیریت زمان‌های ملاقات رزرو شده ارائه شود که در این نوع خدمات پزشک نیز ممکن است کاربر نامیده شود.
- **مراکز خدمات درمانی:** این موجودیت مربوط به هر مرکزی می‌شود که به‌نوعی خدمات سلامتی قابل‌ارائه‌ای به کاربران می‌دهد. بیمارستان‌ها، کلینیک‌ها،

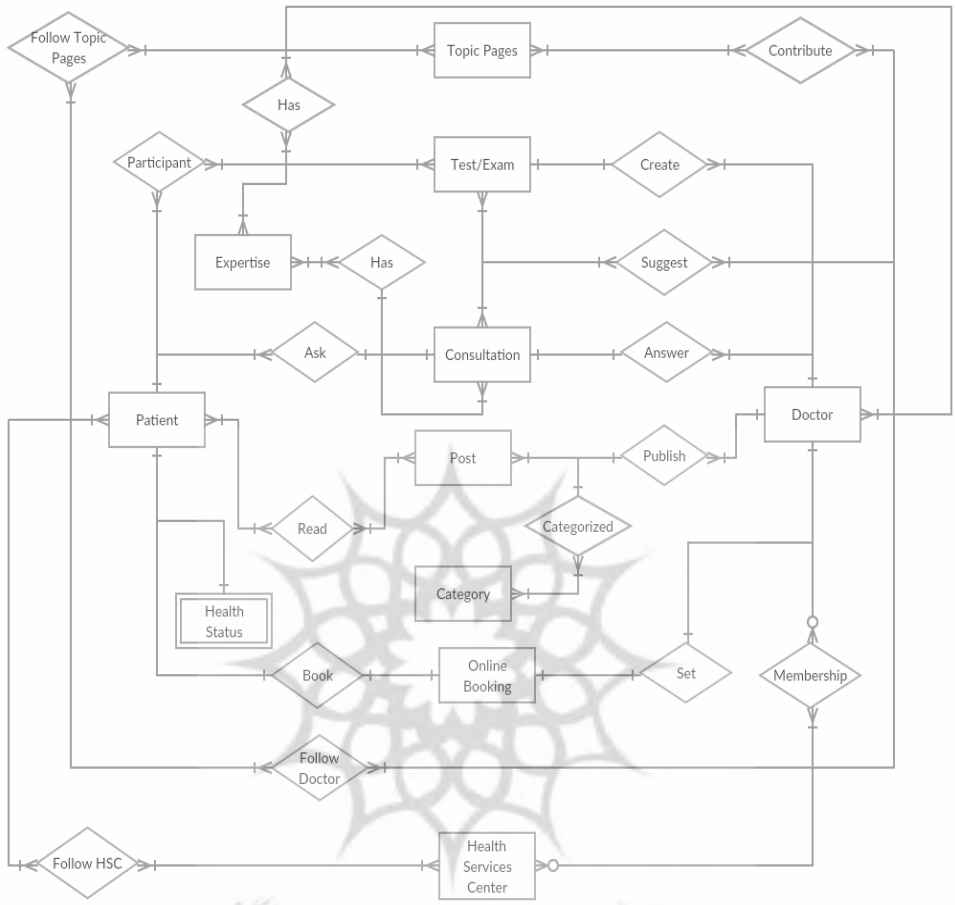
1. Structured
2. Entity-Relation model

پاراکلینیک‌ها و بهداری‌ها جز مراکز خدمات درمانی محسوب می‌شوند. این سامانه به‌این مراکز هم مانند پزشکان خدماتی ارائه می‌شود که در این صورت کاربر هم نامیده می‌شوند.

- **مطالب:** محتوایی که در سامانه در حوزه سلامت وجود دارد جزو موجودیت مطالب محسوب می‌شود. این مطالب می‌توانند از نوع متن، تصویر، صدا، ویدیو و فایل باشند. مطالب نیز می‌توانند در قالب‌های نکات روزانه، مقاله و لیست‌های قابل انجام[1] باشند.
- **تخصص:** به دسته‌بندی‌هایی که در حوزه سلامت وجود دارد، اشاره می‌کند. برای مثال تخصص‌های عمومی، پوست و مو، تغذیه، روانشناسی و زنان و زایمان در این سامانه وجود دارند.
- **صفحات موضوعی:** این موجودیت درباره یک موضوع خاص در حوزه سلامت اطلاعاتی را ارائه می‌دهد.
- **مشاوره پزشکی:** این موجودیت پرسش و پاسخ‌ها را در برمی‌گیرد.
- **تست یا آزمون:** در حوزه سلامت آزمون‌هایی وجود دارد که می‌توانند تشخیص و توصیه‌هایی را به‌عنوان نتیجه آزمون ارائه دهند. در این سامانه تست‌هایی مانند تست اعتمادبه‌نفس، تست افسردگی و تست سرطان سینه وجود دارد.
- **وقت‌دهی برخط:** این موجودیت در مورد زمان‌های ملاقات حضوری‌ای است که به‌صورت برخط تنظیم می‌شوند.
- **دسته‌بندی و برچسب:** این موجودیت، همان‌طور که از نام این موجودیت‌ها مشخص است برای دسته‌بندی کردن و برچسب‌گذاری کردن دیگر موجودیت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

---

1. To-do list




**شکل ۴- نمودار موجودیت-رابطه مجموعه داده شبکه اجتماعی سلامت**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

**رابطه‌ها**

- **دنبال کردن**[1]: این رابطه به معنای این است که یک موجودیت (دنبال کننده[2])، موجودیت دیگر (دنبال شونده[3]) را رصد می‌کند و در جریان فعالیت‌های موجودیت دنبال شونده قرار می‌گیرد. رابطه معکوس این رابطه **دنبال شدن**[4] است. این رابطه بین موجودیت‌های زیر وجود دارد:
  - کاربر (بیمار) – پزشک
  - کاربر (بیمار) – مراکز خدمات درمانی
  - کاربر (بیمار) – صفحات موضوعی
  - پزشک – صفحات موضوعی
  - پزشک – مراکز خدمات درمانی
- **مشاوره گرفتن (سؤال پرسیدن):** این رابطه به سؤال پزشکی‌ای که کاربر (بیمار) از پزشک می‌پرسد اشاره دارد. رابطه معکوس این رابطه **پاسخ دادن** است. همان‌طور که مشخص است این رابطه بین موجودیت کاربر-پزشک برقرار است. البته در سامانه‌این امکان در نظر گرفته می‌شود که مشاوره در یک تخصص خاص گرفته شود که در این صورت پزشکان آن تخصص سؤال را مشاهده می‌کنند و اولین پزشکی که سؤال را در لیست ببیند به آن پاسخ می‌دهد. همچنین این امکان وجود دارد که کاربر مشاوره خود را از یک مرکز خدمات درمانی بگیرد. در این حالت سؤالات توسط پزشکان آن مرکز پاسخ داده خواهد شد (به رابطه "مشارکت کردن" مراجعه کنید).
- **خواندن:** این رابطه بین موجودیت مطلب و کاربران (چه پزشک و چه بیمار) وجود دارد و به‌این معنی است که کاربر یک مطلب منتشر شده در سامانه را مطالعه

1. Follow
2. Follower entity
3. Following entity
4. Followed by

می‌کند. رابطه‌های **پسندیدن** و **اضافه کردن به علاقه‌مندی‌ها** نیز از دیگر رابطه‌های بین این دو موجودیت است که به ترتیب به پسندیده شدن یک مطلب توسط کاربر و اضافه کردن یک مطلب به علاقه‌مندی‌ها برای مجدداً مطالعه کردن آن مطلب، اشاره دارد.

• **منتشر کردن:** این رابطه بین موجودیت مطلب و یک موجودیت دیگر، که می‌تواند پزشک، مراکز خدمات درمانی و صفحات موضوعی باشد، وجود دارد. البته ماهیت صفحات موضوعی کمی متفاوت‌تر است. صفحات موضوعی به‌صورت خودکار مطالبی که در توسط پزشکان و یا مراکز خدمات درمانی منتشر شده است و مطابق با موضوع صفحه است را جمع‌آوری می‌کنند و نمایش می‌دهند.

• **مشارکت کردن:** این رابطه بین پزشک و یک موجودیت دیگر، که می‌تواند صفحات موضوعی و یا مراکز خدمات درمانی باشد، وجود دارد. یک پزشک می‌تواند با عضویت در یک کلینیک یا بیمارستان در آن مرکز مشارکت کند. این مشارکت می‌تواند با پاسخ دادن به مشاوره‌های پرسیده شده از آن مرکز درمانی و یا انتشار یک مطلب در آن مرکز باشد.

• **دسته‌بندی شدن و برچسب خوردن:** این رابطه بین موجودیت دسته‌بندی و یک موجودیت دیگر، که می‌تواند مطلب، آزمون، مشاوره و صفحات موضوعی باشد، تعریف می‌شود. از این رابطه برای مشخص کردن دسته‌بندی یا برچسب یک موجودیت استفاده می‌شود.

روابط دیگری هم در این سامانه و شبکه وجود دارد که به دلیل عام بودن نام‌گذاری آن‌ها در قالب تعاریف بالا قرار نمی‌گیرند و به شرح زیر هستند:

• یک کاربر (بیمار) وضعیت سلامتی دارد. با توجه به‌این وضعیت سلامتی ممکن است توصیه‌های پزشکی‌ای به‌صورت اختصاصی برای کاربر ارسال شود. برای مثال اگر کاربر اضافه‌وزن داشته باشد مطالبی درباره کنترل اضافه‌وزن برای وی ارسال می‌شود.

- وضعیت سلامتی هر کاربر (بیمار) توسط پزشک جهت پاسخ دادن به مشاوره وی قابل‌مشاهده است.
- یک کاربر (بیمار) می‌تواند در آزمون‌های مختلف شرکت کند. نتیجه آزمون به وی نمایش داده می‌شود و پس‌ازآن در بعضی از آزمون‌ها مطالبی مطابق با نتایج آزمون به وی به‌صورت اختصاصی نمایش داده می‌شود.
- یک پزشک می‌تواند آزمون‌های مختلف را طراحی کند و در سامانه قرار بدهد.
- یک پزشک می‌تواند به کاربر پیشنهاد شرکت کردن در یک آزمون یا گرفتن یک مشاوره در یک تخصص خاص را بدهد.

### نمایش در نمودار موجودیت-رابطه

در شکل ۴ نمودار موجودیت-رابطه مربوط به شبکه اجتماعی سلامت با توجه به موجودیت‌ها و روابط مشخص شده در بالا، قابل‌مشاهده است. باید به‌این نکته توجه کرد که برای خلاصه‌سازی این نمودار از رسم صفات موجودیت‌ها خودداری شده است.

## ۲-۳. روش پیشنهادی مدل‌سازی

با توجه به ساختار داده‌ای که در بخش ۳-۱ معرفی شد، می‌توان اقلام مختلفی را به کاربر (بیمار) پیشنهاد کرد. برای مثال موارد زیر می‌تواند برای کاربر مطرح باشد:

- پیشنهاد یک مطلب
- پیشنهاد یک صفحه موضوعی
- پیشنهاد یک پزشک
- پیشنهاد گرفتن یک مشاوره در یک تخصص
- پیشنهاد یک مرکز درمانی

- پیشنهاد شرکت در یک آزمون سلامتی
- پیشنهاد رزرو وقت ملاقات حضوری با یک پزشک

همان‌طور که مشخص است موارد متنوعی هستند که می‌توانند توسط سیستم توصیه‌گر سلامت به کاربر پیشنهاد داده شوند. در ادامه برای محدود کردن فضای این پیشنهادها و همین‌طور بررسی هرچه دقیق‌تر این روش تنها یکی از این پیشنهادهای مذکور، یعنی پیشنهاد یک پزشک به کاربر، در نظر گرفته می‌شود. بنابراین در تعاریف آتی منظور از کاربر، بیمار و منظور از آیتم یا قلم، پزشک است.

در ادامه‌این بخش، روشی برای مدل توصیه[1] مورد استفاده در سیستم توصیه‌گر سلامت ارائه می‌شود. این روش از شبکه‌های اطلاعاتی که در بخش ۲-۲ معرفی شد و یک مدل یادگیری که در ادامه‌این بخش به شرح آن می‌پردازیم، استفاده می‌کند. این روش با الهام از پژوهش‌هایی بر روی سیستم‌های توصیه‌گر بر مبنای شبکه‌های اطلاعاتی ناهمگون (Yu, 2014; Liang, 2016; Rendle, 2009)، ارائه شده است.

## شباهت بر اساس فرامسیر

بینش موجود در این شباهت به‌این نکته اشاره دارد که شباهت میان دوشی تنها زمانی که به‌صورت قوی به هم متصل هستند، اتفاق نمی‌افتد بلکه باید قابل‌رؤیت بودن این دوشی نسبت به هم را نیز در نظر گرفت. در این روش تنها فرا مسیرهای متقارن در نظر گرفته می‌شود. فرا مسیرهای متقارن به‌صورت $P = (P_l P_l^{-1})$ نمایش داده می‌شوند. برای یک فرامسیر P، PathSim (Sun, 2011) بین دوشی با نوع یکسان به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$s(x,y) = \frac{2\times|\{p_{x\rightsquigarrow y}: p_{x\rightsquigarrow y}\in P\}|}{|\{p_{x\rightsquigarrow x}: p_{x\rightsquigarrow x}\in P\}|+|\{p_{y\rightsquigarrow y}: p_{y\rightsquigarrow y}\in P\}|} \quad (۱)$$

1. Recommendation model

که در این رابطه $p_{x\to y}$ یک نمونه مسیر بین x و y است، $p_{x\to x}$ یک نمونه مسیر بین x و x است و $p_{y\to y}$ یک نمونه مسیر بین y و y است. به‌بیان‌دیگر، برای فرامسیر مشخص شده P، $s(x,y)$ با دو قسمت زیر تعریف می‌شود:

۱) اتصال[1] بین x و y: که با تعداد مسیرهای بین آن‌ها روی P تعریف می‌شود.

۲) تعادل قابل‌رؤیت بودن x و y: که‌این قابل‌رؤیت بودن با تعداد نمونه‌های مسیر بین خودشان (یعنی، x به x و y به y) تعریف می‌شود.

## بازخورد دودویی کاربر

با تعداد m کاربر $\mathbf{U}=\{u_1,\cdots,u_m\}$ و تعداد n قلم (آیتم)[2] $\mathbf{I}=\{e_1,\cdots,e_m\}$، ماتریس بازخورد ضمنی کاربر $R\in\mathbb{R}^{m\times n}$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R_{ij}=\begin{cases}1, & if\ (u_i,e_j)\ interaction\ is\ observed;\\ 0, & otherwise\end{cases} \quad (۲)$$

باید به‌این نکته توجه داشت که مقدار ۱ در R به معنی وجود یک تعامل بین کاربر و آیتم است. برای مثال کاربری یا صفحه یک پزشک را در وب‌سایت مشاهده کرده یا از یک پزشک مشاوره گرفته است. مقدار ۱ در داده‌های بازخورد ضمنی به معنای رضایت کاربر از آن آیتم نیست. ممکن است یک کاربر از یک پزشک مشاوره دریافت کند اما پس‌ازآن از آن مشاوره رضایت نداشته باشد. به همین صورت مقدار صفر در R به‌این معنی است که کاربر آن آیتم را نپسندیده است که‌این نپسندیدن می‌تواند نشانه بازخورد منفی (عدم رضایت از مشاوره گرفته شده) و یا عدم وجود تعامل با آیتم (عدم اطلاع کاربر از وجود پزشک) باشد. فرضیات دیگری نیز برای

1. Connectivity
2. Item

بازخورد ضمنی کاربر مانند تکرار تعامل کاربر با یک آیتم و یا مقدار زمان گذشته از یک تعامل، وجود دارند که در تعریف فوق در نظر گرفته نشده‌اند.

## انتشار ترجیحات کاربر

با توجه به تعریف‌های داده‌های بازخورد ضمنی کاربر و فرامسیر در بخش ۲-۵ پردازش انتشار ترجیحات کاربر[1] روی فرا مسیرهای مختلف قابل‌تعریف است. همان‌گونه که قبلاً هم ذکر شد، بازخورد ضمنی تعامل کاربر با آیتم‌ها را نشان می‌دهد. مقدار ۱ در بازخور ضمنی نمایانگر این موضوع است که کاربر به آن آیتم نسبت به آیتم‌های دیگر علاقه بیشتری نشان داده است. ما از عبارت "ترجیحات کاربر" برای نشان دادن علایق کاربر در داده‌های بازخورد ضمنی استفاده می‌کنیم. اگر بتوان معنای ترجیحات کاربر را فهمید و آیتم‌های مشابه به آیتمی که کاربر به آن علاقه داشته را پیدا کرد، با استفاده از معانی یافته شده می‌توان موجودیت‌های مختلف را به کاربر پیشنهاد کرد.

با توجه به یکی از اهداف این پژوهش که پیشنهاد یک دکتر به کاربر (بیمار) است، از فرامسیرهایی با قالب "کاربر-دکتر-*-دکتر" برای ساختن مدل توصیه استفاده می‌کنیم. هدف این است که با انتشار ترجیحات مشاهده شده کاربر در داده‌های بازخورد ضمنی روی فرا مسیرهای مختلف، بتوانیم کاربر را به پزشکان دیگر متصل کنیم. با تعریف امتیاز انتشار ترجیحات کاربر بین کاربر هدف و تمام پزشکان موجود در سامانه روی فرا مسیرهای مختلف، می‌توان احتمال یک تعامل مشاهده نشده کاربر-پزشک را در شبکه اطلاعاتی محاسبه کرد. این احتمال بر روی فرضیه‌های معنایی مختلفی محاسبه می‌شود.

برای یک فرامسیر مشخص $P = R_1 R_2 \cdots R_k$ با $\mathrm{dom}(\mathrm{P}) = \mathrm{user}$ و $\mathrm{range}(\mathrm{P}) = \mathrm{doctor}$، $P' = R_2 \cdots R_k$ با $\mathrm{dom}(\mathrm{P}') = \mathrm{doctor}$ و

1 user preference diffusion

$\mathrm{range}(\mathrm{P}') = \mathrm{range}(\mathrm{P}) = \mathrm{doctor}$، امتیاز انتشار ترجیحات کاربر با روش PathSim معرفی شده در رابطه (۱)، بین کاربر i و پزشک j و روی فرامسیر P به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$s(u_i, e_j|P) = \sum_{e \in l} \frac{2 \times R_{u_i,e} \times |\{p_{e \to e_j} : p_{e \to e_j} \in P'\}|}{|\{p_{e \to e} : p_{e \to e} \in P'\}| + |\{p_{e_j \to e_j} : p_{e_j \to e_j} \in P'\}|} \quad (۳)$$

با محاسبه امتیازهای انتشار میان تمام کاربران و پزشکان روی فرامسیر P، می‌توان ماتریس انتشار ترجیحات کاربر $\tilde{R} \in \mathbb{R}^{m \times n}$ را ایجاد کرد. $\tilde{R}_i$ ترجیحات ممکن کاربر $u_i$ را نمایش می‌دهد که وی شبکه را برای پیدا کردن یک پزشک جدید روی فرامسیر P جست‌وجو کرده است. برای مثال کاربر مذکور یا مشاوره‌ای در تخصص خاصی گرفته است یا مطلبی در یک حوزه خاص مطالعه کرده است. با تکرار این روند برای تعداد L فرامسیر مختلف، می‌توان تعداد L ماتریس انتشار ترجیحات مختلف مطابق با فرامسیر مرتبط ایجاد کرد. این ماتریس‌ها را به‌صورت $\tilde{R}^{(1)}, \tilde{R}^{(2)}, \cdots, \tilde{R}^{(L)}$ نمایش می‌دهیم. از این امتیازات انتشار برای تعریف مدل توصیه استفاده خواهد شد.

## امتیاز رتبه‌بندی پیش‌بینی شده

امتیازات انتشار ترجیحات کاربر ممکن است برای فرا مسیرهای مختلف از درجه اهمیت متفاوتی برخوردار باشند. برای مثال ممکن است پزشکانی که به دلیل گرفتن یک مشاوره در تخصص خاص به کاربر پیشنهاد می‌شوند از پزشکانی که به دلیل خواندن یک مطلب به کاربر پیشنهاد می‌شوند از درجه اهمیت بالاتری برخوردار باشند. با توجه به‌این موضوع و رابطه (۳)، رتبه‌بندی پیش‌بینی شده بر روی تمام فرا مسیرها به‌صورت زیر خواهد بود:

$$r(u_i, e_j) = \sum_{l=1}^{L} \Theta^{(l)} \cdot s^{(l)}(u_i, e_j) \quad (۴)$$

که در اینجا $s^{(l)}(u_i, e_j)$ امتیاز انتشار ترجیحات کاربر و $\Theta^{(l)}$ وزن این امتیاز بر روی فرامسیر $l$ ام است.

## بهینه‌سازی بر اساس رتبه‌بندی بیزین

از $p(e_a \succcurlyeq_u e_b|\Theta)$ برای بیان این احتمال که کاربر u، پزشک a را به پزشک b ترجیح می‌دهد استفاده می‌کنیم. فرمول بیزین[1] پیدا کردن رتبه‌بندی شخصی‌سازی شده[2] برای تمام پزشکان $i \in I$، بیشینه کردن احتمال مؤخر[3] زیر است که در آن $\Theta$ بردار پارامتر فاکتورگیری ماتریس $\Theta = \{\theta_1, \cdots, \theta_L\}$ است.

$$p(\Theta| \succcurlyeq_u) \propto p(\succcurlyeq_u |\Theta)\, p(\Theta)$$

در اینجا، $\succcurlyeq_u$ ساختار ترجیحات کاربر u است و نشان‌دهنده رتبه‌بندی تمام پزشکان برای کاربر u است. $p(\succcurlyeq_u |\Theta)$ احتمال این که هر جفت پزشک برای کاربر u به‌درستی رتبه‌بندی شود، است. به‌این معنی که برای هر کاربر، پزشکانی با بازخورد ۱ در ماتریس بازخوردهای ضمنی پیش از پزشکانی با بازخورد صفر قرار بگیرند. این‌طور فرض می‌شود که تمام کاربران به‌صورت مستقل از هم در شبکه فعالیت می‌کنند.

همچنین فرض می‌شود که رتبه‌بندی هر جفت پزشک (i,j) برای یک کاربر خاص مستقل از رتبه‌بندی هر جفت پزشک دیگری باشد. بنابراین، تابع درست‌نمایی[4] مختص کاربر $p(\succcurlyeq_u |\Theta)$ می‌تواند به‌صورت حاصل‌ضرب این تابع برای تمام کاربران $u \in U$ بازنویسی شود.

$$\prod_{u \in U} p(\succcurlyeq_u |\Theta) = \prod_{u \in U} \prod_{(e_a \succcurlyeq e_b) \in R_i} p(e_a \succcurlyeq_u e_b|\Theta)$$

---

1. Bayesian
2. Personalized Ranking
3. Posterior probability
4. Likelihood function

در اینجا $(e_a \succ e_b) \in R_i$ به تمام جفت پزشکانی اشاره می‌کند که رتبه‌های درستی با توجه به بازخورد ضمنی کاربر u، دارند.

$p(e_a \succ_u e_b|\Theta)$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$p(e_a \succ_u e_b|\Theta) = \sigma(r(u,e_a) - r(u,e_b))$$

که در اینجا $\sigma$ تابع لاجستیک سیگموید[1] با تعریف زیر است:

$$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

با فرض این که $p(\Theta)$ توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس-کواریانس ماتریس $\sum_\Theta = \lambda I$ باشد، بر اساس تابع درست‌نمایی و احتمال صحبت شده، تابع هدف[2] زیر به‌دست می‌آید:

$$OPT = -\ln p(\Theta|\succ_u) = -\ln p(\succ_u|\Theta)\, p(\Theta) \quad (۵)$$
$$= -\sum_{u\in U}\sum_{(e_a \succ e_b)\in R_i} \ln p(e_a \succ_u e_b|\Theta) + \lambda\|\Theta\|_2^2$$
$$= -\sum_{u\in U}\sum_{(e_a \succ e_b)\in R_i} \ln \sigma(r(u,e_a) - r(u,e_b)) + \lambda\|\Theta\|_2^2$$

که در اینجا $\lambda\|\Theta\|_2^2$ نشان‌دهنده تنظیم[3] $L_2$ است. با کمینه کردن تابع هدف OPT، پارامتر توصیه $\Theta$ با استفاده از داده‌های بازخورد ضمنی تخمین زده می‌شود.

## الگوریتم بهینه‌سازی

با توجه به مشتق‌پذیری تابع هدف رابطه (۵)، روش‌های بهینه‌سازی متفاوتی برای تخمین پارامتر $\Theta$ می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. مشتق تابع هدف مذکور نسبت به $\Theta$ به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

1. Logistic sigmoid
2. Objective function
3. Regularization

$$\frac{\partial OPT}{\partial \Theta} = -\sum_{u \in U} \sum_{(e_a \succ e_b) \in R_i} \frac{\partial}{\partial \Theta} \sigma(r_{i,ab}) + \frac{\lambda}{2} \frac{\partial}{\partial \Theta} \|\Theta\|_2^2$$

$$= -\sum_{u \in U} \sum_{(e_a \succ e_b) \in R_i} \frac{e^{-r_{i,ab}}}{1+e^{-r_{i,ab}}} \frac{\partial}{\partial \Theta} r_{i,ab} + \lambda \Theta \quad (۶)$$

که در اینجا $r_{i,ab} = \mathrm{r}(u, e_a) - \mathrm{r}(\mathrm{u}, e_b)$ با توجه به حجم داده‌ها در شبکه‌های اطلاعاتی ناهمگون و سامانه‌های توصیه‌گر در دنیای واقعی، برای تخمین پارامترها از روش فرود با شیب تصادفی [1] (SGD) استفاده می‌شود.

تمام مراحل پردازش این الگوریتم به شرح زیر است:

۱) شبکه اطلاعاتی آماده می‌شود و داده‌های بازخورد ضمنی مانند رابطه (۲) آماده می‌شود.

۲) تعداد L فرامسیر برای اجرای الگوریتم تهیه می‌شود.

۳) برای تمام L فرامسیر موجود دو مرحله زیر انجام می‌شود:

۱) مقدار $s^{(l)}$ با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

۲) مقدار $r^{(l)}$ با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

۴) $\Theta$ مقداردهی اولیه می‌شود.

۵) تا زمانی که به همگرایی نرسیدیم و یا به تعداد خاصی از دفعات اجرا نرسیدیم، مراحل زیر تکرار می‌شوند:

۱) برای هر کاربر i و هر جفت پزشک (a, b)، مقدار $\frac{\partial OPT}{\partial \Theta}$ با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

۲) مقدار $\Theta$ به $\Theta - \alpha \frac{\partial OPT}{\partial \Theta}$ به‌روزرسانی می‌شود.

۶) با آخرین مقادیر $\Theta$ رابطه (۴) به‌روزرسانی می‌شود.

۷) برای هر کاربر و پزشکی که به‌عنوان ورودی به‌این الگوریتم داده شود با استفاده از به رابطه (۴) به‌روزرسانی شده، امتیاز رتبه‌بندی مربوطه قابل‌محاسبه خواهد بود.

---

1. Stochastic Gradient Descent

با مرتب‌سازی پزشکان بر اساس امتیاز توصیه هر مورد، می‌توان تعداد k پزشک اول که $u_i$ با آن‌ها قبلاً تعاملی نداشته را به‌عنوان خروجی توصیه، محاسبه کرد. برای این مورد الگوریتمی با مراحل زیر باید انجام شود.

۱) الگوریتم مذکور اجرا می‌شود تا در نهایت رابطه (۴) به‌روزرسانی شده که در مرحله (۶) به آن اشاره شده است به دست آید.

۲) برای تمام کاربران و به ازای تمام پزشکان ماتریسی با استفاده از محاسبه رابطه (۴) تشکیل شود. سطر i ام این ماتریس، امتیاز رتبه‌بندی تمامی پزشکان سامانه را برای کاربر $u_i$ مشخص می‌کند.

۳) ماتریس بازخورد ضمنی را از ماتریس حاصل از مرحله ۲ تفریق می‌کنیم تا پزشکانی که کاربر نسبت به آن‌ها بازخورد مثبت، یعنی مقدار ۱، داشته است از ماتریس امتیاز رتبه‌بندی‌ها حذف شود.

۴) برای هر کاربر $u_i$ که به‌عنوان ورودی به‌این الگوریتم داده شود، سطر i ام ماتریس حاصل از مرحله (۳) را بر اساس امتیاز زیاد به کم مرتب می‌کنیم و k پزشکی که بیشترین امتیاز را داشته‌اند به‌عنوان خروجی نمایش می‌دهیم.

## ۴. نتایج و تحلیل داده‌ها

در این بخش ابتدا مجموعه داده مورد استفاده در این پژوهش به‌صورت کامل بررسی می‌شود. همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد این مجموعه داده مربوط به سامانه "ابر سلامت" است. سپس با توجه به بخش ۳-۱ که ساختار شبکه اجتماعی سلامت در آن معرفی شده است، مجموعه داده مذکور را با ساختار شبکه‌های اطلاعاتی ناهمگون منطبق می‌کنیم تا بتوانیم از روش پیشنهادی برای مدل توصیه معرفی شده در بخش ۳-۲ استفاده کنیم. این نکته قابل‌ذکر است که روش پیشنهادی برای مدل توصیه برای پیشنهاد تمامی خدمات حوزه سلامت با تعریف فرا مسیرهای مختلف امکان‌پذیر است. در این بخش برای نمونه تنها پیشنهاد یک پزشک به کاربر در نظر گرفته می‌شود. بدیهی

است با تکرار همین روند برای هر شی دیگری در شبکه می‌توان پیشنهادهای دیگری را به کاربر ارائه کرد.

### ۱-۴. بررسی داده‌ها

همان‌طور که در بخش ۳-۱ نیز اشاره شد، مجموعه داده مورد استفاده از نوع ساختاریافته است. این مجموعه داده بر روی پایگاه داده MySQL ذخیره شده‌اند. ازآنجایی‌که داده‌های سلامت جزو داده‌های محرمانه است و مجموعه "ابرسلامت" این تعهد را به کاربران خود داده است که محرمانگی اطلاعات آن‌ها حفظ کند، در این پژوهش فقط از داده‌هایی استفاده شده است که هیچ‌گونه اطلاعاتی از هویت کاربران آن سامانه را فاش نمی‌کند. جداولی که در این پیاده‌سازی از داده‌های آن استفاده می‌شوند به شرح زیر است:

- **جدول مشاوره:** تمامی مشاوره‌های پزشکی که کاربران در این سامانه گرفته‌اند در این جدول ذخیره می‌شوند. ساختار این جدول در شکل ۵ (الف) قابل‌مشاهده است. این جدول شامل صفات زیر است:
  - شناسه کاربر: کلید خارجی به کاربری که درخواست مشاوره کرده است.
  - شناسه پزشک: کلید خارجی به پزشکی که مشاوره را پاسخ داده است.
  - شناسه تخصص: کلید خارجی به تخصصی که مشاوره در آن تخصص درخواست شده است. تنها پزشکانی که تخصصی برابر با تخصص مشاوره درخواست شده را دارند می‌توانند به آن پاسخ دهند.
  - زمان ایجاد: تاریخ و زمانی که مشاوره درخواست داده شده است.
- **جدول مطالب:** مطالبی که توسط پزشکان در سامانه انتشار می‌یابد در این جدول ذخیره می‌شوند. ساختار این جدول در شکل ۵ (ب) قابل‌مشاهده است. این جدول شامل صفات زیر است:

- شناسه پزشک: کلید خارجی به پزشکی که مطلب را در سامانه منتشر کرده است.
- شناسه دسته‌بندی: کلید خارجی به دسته‌بندی یا موضوعی که پزشک مطلب را در آن منتشر کرده است.

• **جدول تخصص‌ها:** تخصص یا تخصص‌هایی که هر پزشک دارد، در این جدول ذخیره می‌شوند. ساختار این جدول در شکل ۵ (پ) قابل‌مشاهده است. این جدول شامل صفات زیر است:

- شناسه پزشک: کلید خارجی به پزشک دارای آن تخصص است.
- شناسه تخصص: کلید خارجی به تخصصی که پزشک آن تخصص را دارد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

| # | Name | Type | Collation | Attributes | Null | Default |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | id | int(11) | | | No | None |
| 2 | user_id | int(11) | | | No | None |
| 3 | expertise_id | int(11) | | | No | None |
| 4 | doctor_id | int(11) | | | No | None |
| 5 | created | datetime | | | No | None |

(الف) جدول مشاوره

| # | Name | Type | Collation | Attributes | Null | Default |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | id | int(11) | | | No | None |
| 2 | doctor_id | int(11) | | | No | None |
| 3 | category_id | int(11) | | | No | None |

(ب) جدول مطالب

| # | Name | Type | Collation | Attributes | Null | Default |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | id | int(11) | | | No | None |
| 2 | doctor_id | int(11) | | | No | None |
| 3 | expertise_id | int(11) | | | No | None |

(پ) جدول تخصص

**شکل ۵- ساختار جداول مجموعه داده**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

با توجه به نمودار موجودیت-رابطه در شکل ۴، رابطه‌های زیر مشخص است:

- هر کاربر می‌تواند چندین مشاوره درخواست دهد.
- هر مشاوره تنها یک تخصص دارد.
- هر مشاوره توسط تنها یک پزشک پاسخ داده می‌شود.
- هر پزشک می‌تواند چندین تخصص داشته باشد.
- هر مطلب تنها توسط یک پزشک منتشر می‌شود.

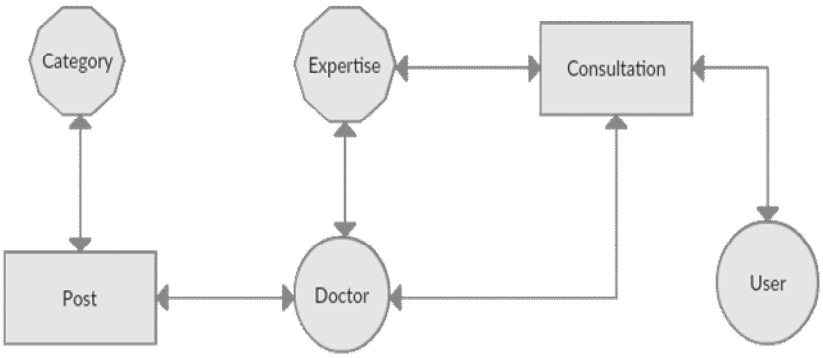
- هر مطلب تنها یک دسته‌بندی می‌تواند داشته باشد.

حجم داده‌ها موجود در جدول مشاوره بیش از ۳۰ هزار مشاوره است که‌این مشاوره‌ها توسط بیش از ۱۴ هزار کاربر درخواست شده‌است و توسط ۶۶ پزشک پاسخ داده شده است. در جدول مطالب نزدیک به ۲۰۰۰ مطلب وجود دارد که توسط ۴۱ پزشک در ۴۰ دسته‌بندی مختلف ایجاد شده است. در جدول تخصص‌ها ۶۲۸ پزشک تخصص‌هایی از ۵۱ حوزه را انتخاب کرده‌اند. قسمتی از این مجموعه داده برای یادگیری الگوریتم و قسمتی دیگر برای تست استفاده خواهد شد که در ادامه به آن اشاره خواهیم کرد.

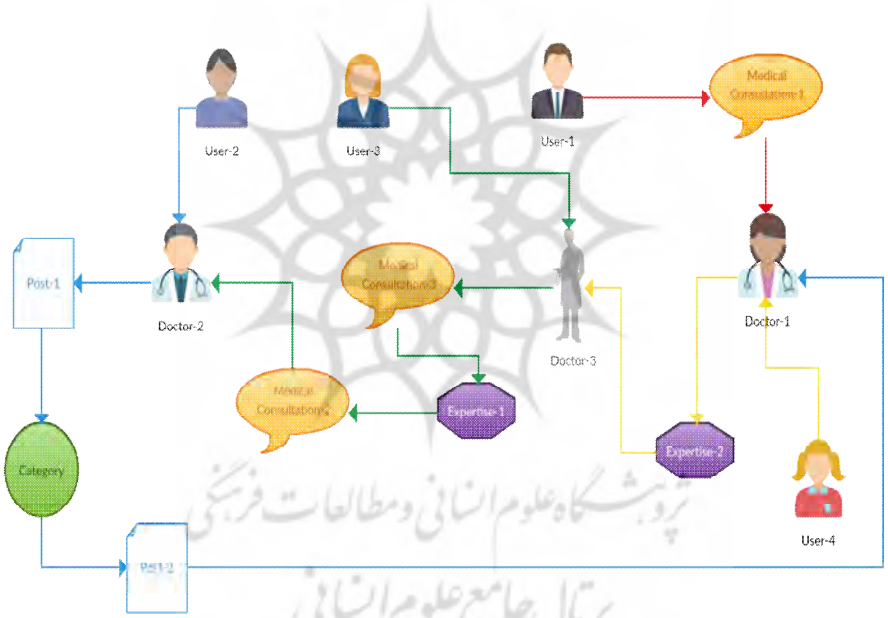
### ۲-۴. معرفی فرا مسیرهای مورد استفاده

در اولین قدم فرا مسیرهای مورد نیاز برای استفاده در روش معرفی شده، با توجه به ساختار داده‌ای که در بخش ۴-۱ توضیح داده شد، باید مشخص بشوند. در جدول ۲ این فرا مسیرها معرفی شده‌اند. نمونه مسیرهای موجود در این جدول با توجه به نمونه شبکه‌ای که در شکل ۷ قابل مشاهده است، مشخص شده‌اند. همچنین در شکل ۶ شمای شبکه مشخص شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی




شکل ۶- شمای شبکه سامانه سلامت




شکل ۷- نمونه شبکه سامانه سلامت

**جدول ۲- فرا مسیرهای مورد استفاده**

| شناسه | meta-path | نمونه مسیر | معنی |
|---|---|---|---|
| $p_1$ | کاربر-مشاوره-پزشک | user_1-consultation_1-doctor_1 | پزشکی که پاسخ مشاوره کاربر را داده است |
| $p_2$ | کاربر-پزشک-مطلب-دسته‌بندی-مطلب-پزشک | user_2-doctor_2-post_1-category-post_2-doctor_1 | پزشکی که یک مطلب در دسته‌بندی مشترک با مطلب پزشکی که کاربر با وی‌درارتباط بوده است، منتشر کرده است |
| $p_3$ | کاربر-پزشک-مشاوره-تخصص-مشاوره-پزشک | user_3-doctor_3-consultation_3-expertise_1-consultation_2_doctor_2 | پزشک پاسخ‌دهنده به یک مشاوره در تخصص مشترک با تخصص مشاوره‌ای که کاربر با پزشک پاسخ‌دهنده آن در ارتباط بوده است |
| $p_4$ | کاربر-پزشک-تخصص-پزشک | user_4-doctor_1-expertis_2-doctor_3 | پزشکی که هم تخصص با پزشکی است که کاربر با وی در ارتباط بوده است |

فرا مسیرهای موجود در جدول ۲ به‌صورت زیر نیز نمایش داده می‌شوند. در این نشانه‌گذاری[1] روابط بین هر دوشی نیز مشخص شده است.

$$p_1 = \text{user} \xrightarrow{asked} \text{consultation} \xrightarrow{answerd^{-1}} \text{doctor}$$

$$p_2 = \text{user} \xrightarrow{connected} \text{doctor} \xrightarrow{published} \text{post} \xrightarrow{categorized} \text{category} \xrightarrow{categorized^{-1}} \text{post} \xrightarrow{published^{-1}} \text{doctor}$$

$$p_3 = \text{user} \xrightarrow{connected} \text{doctor} \xrightarrow{answerd} \text{consultation} \xrightarrow{expertized} \text{expertise} \xrightarrow{expertized^{-1}} \text{consultation} \xrightarrow{answerd^{-1}} \text{doctor}$$

$$p_4 = \text{user} \xrightarrow{connected} \text{doctor} \xrightarrow{expertized} \text{expertise} \xrightarrow{expertized^{-1}} \text{doctor}$$

1. Notation

در فرا مسیرهای بالا روابط زیر دیده می‌شود:

- $\boldsymbol{asked}$: درخواست یک مشاوره. بین دوشی کاربر و مشاوره وجود دارد.
- $\boldsymbol{answered}$: پاسخ به یک مشاوره. بین دوشی پزشک و مشاوره وجود دارد. رابطه معکوس آن $\boldsymbol{answerd^{-1}}$ است که پاسخ داده شدن یک مشاوره توسط پزشک را نشان می‌دهد.
- $\boldsymbol{connected}$: این رابطه به وجود یک بازخورد ضمنی مثبت از پزشک توسط کاربر اشاره می‌کند.
- $\boldsymbol{published}$: انتشار مطلب در سامانه. بین دوشی پزشک و مطلب وجود دارد. رابطه معکوس آن $\boldsymbol{published^{-1}}$ است که به منتشر شدن یک مطلب توسط پزشک اشاره دارد.
- $\boldsymbol{categorized}$: دسته‌بندی شدن مطلب. بین دوشی مطلب و دسته‌بندی وجود دارد. رابطه معکوس آن $\boldsymbol{categorized^{-1}}$ است که به استفاده از یک دسته‌بندی در یک مطلب اشاره می‌کند.
- $\boldsymbol{expertized}$: تخصص پزشک. بین دوشی پزشک و تخصص وجود دارد. رابطه معکوس آن $\boldsymbol{expertized^{-1}}$ است که به‌این معنی است که یک تخصص را یک پزشک دارد.

## ۳-۴. استخراج پیوندها و بازخورد ضمنی کاربر

بازخورد ضمنی کاربر یکی از عوامل تأثیرگذار برای محاسبه انتشار ترجیحات بر اساس یافتن شباهت‌ها است. برای استخراج این بازخوردها از پایگاه داده از فرامسیر $\boldsymbol{p_1}$ معرفی شده در جدول ۲ استفاده می‌شود. به‌عبارت‌دیگر با توجه به رابطه (۲)، اگر کاربر $u_i$ در سامانه مشاوره‌ای درخواست دهد و پزشک $e_j$ پاسخ آن مشاوره را داده باشد، مقدار $R_{ij}$ برابر با یک در نظر گرفته می‌شود. برای سایر پزشکانی که پاسخی به

هیچ‌کدام از مشاوره‌های درخواست شده کاربر نداده‌اند، این مقدار برابر با صفر در نظر گرفته می‌شود.

رابطه (۳) برای محاسبه امتیاز انتشار به تمام اطلاعات پیوندهای موجود فرامسیر P در مجموعه داده نیاز دارد. فرامسیر P می‌تواند هرکدام از فرا مسیرهای $p_2$، $p_3$ و $p_4$ معرفی شده در جدول ۲ باشد. تمامی این فرا مسیرها با شی کاربر شروع می‌شوند اما برای استفاده از آن‌ها در پیاده‌سازی، بایدشی کاربر را از ابتدای آن‌ها جدا کرد. بنابراین خواهیم داشت:

$$p'_2 = \text{doctor} \xrightarrow{published} \text{post} \xrightarrow{categorized} \text{category} \xrightarrow{categorized^{-1}} \text{post} \xrightarrow{published^{-1}} \text{doctor}$$

$$p'_3 = \text{doctor} \xrightarrow{answerd} \text{consultation} \xrightarrow{expertized} \text{expertise} \xrightarrow{expertized^{-1}} \text{consultation} \xrightarrow{answerd^{-1}} \text{doctor}$$

$$p'_4 = \text{doctor} \xrightarrow{expertized} \text{expertise} \xrightarrow{expertized^{-1}} \text{doctor}$$

این نکته قابل‌توجه است که ما نوع ارتباط $connected$ را حذف نکردیم و این ارتباط را از طریق بازخورد ضمنی هر کاربر که به آن اشاره شد، به‌دست خواهد آمد. تمامی نمونه مسیرهای منطبق با فرا مسیرهای فوق با استفاده از انجام پرس‌وجو[1] بر روی پایگاه داده و با توجه به جداول معرفی شده در بخش ۴-۱ قابل‌استخراج هستند. این فرا مسیرها و نمونه مسیرهای متناظرشان به‌عنوان پارامترهای ورودی الگوریتم بهینه‌سازی معرفی شده هستند.

1 Query

## ۴-۴. نتایج

متغیر نرخ یادگیری $\alpha$ در الگوریتم یادگیری بخش ۳-۲ پارامتر کلیدی است که به‌صورت تجربی می‌تواند تعیین بشود. در این پژوهش این مقدار برابر با ۰,۰۰۱ انتخاب شده است. برای داده‌های یادگیری، در رابطه (۶) مقدار پارامتر $\lambda$ برابر ۰,۰۰۱ و تعداد تکرار[1]ها برابر با ۱۵ در نظر گرفته شده است و الگوریتم مذکور برای ۵۰ کاربری که بیشترین تعداد مشاوره را در سامانه درخواست کرده بودند، اجرا شده است. نمونه خروجی این الگوریتم به شرح زیر است:

user_id: (doctor_id, score), (doctor_id, score), …
user_32: (doctor_14, 4.32), (doctor_10, 3.21), (doctor_5, 0.53)
user_12: (doctor_17, 2.12), (doctor_5, 1.31)
user_41: (doctor_8, 6.14)

برای هر کاربر $u_i$، تعدادی پزشک $e_j$ به همراه امتیاز آن پزشک آورده شده است. برای مثال به کاربر user_32 به ترتیب امتیاز، doctor_14، doctor_10 و doctor_5 پیشنهاد می‌شود.

## ۵. نتیجه‌گیری

با مشخص کردن ساختار داده و تعیین انواع موجودیت‌ها و روابط موجود بین آن‌ها، شبکه اجتماعی سلامت معرفی شد. سپس با قرار دادن داده‌های این شبکه اجتماعی بر روی شبکه اطلاعاتی ناهمگون جهت بهبود کارایی این شبکه اجتماعی، مدل سیستم توصیه‌گر سلامت ارائه شد که قادر است با استفاده از فرا مسیرهای مختلف، پیشنهادهای مختلفی را در حوزه سلامت به کاربر ارائه دهد. در این پژوهش برای نشان دادن کارایی شبکه اجتماعی معرفی شده و سیستم توصیه‌گر قسمتی از مجموعه داده سامانه "ابرسلامت" بر روی ساختار معرفی شده قرار گرفت و سیستم توصیه‌گر برای

1. Iteration

پیشنهاد پزشک به کاربران تنظیم شد. در نهایت مشخص گردید که روش معرفی شده برای تمامی کاربران می‌تواند پزشکانی را بر اساس علایق کاربر پیشنهاد دهد.

با حفظ این ساختار و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز فرا مسیرهای دیگر و تکرار روند ارائه شده در این پژوهش، می‌توان هرگونه پیشنهاد دیگری، مانند پیشنهاد یک بیمارستان، پیشنهاد یک تخصص برای مشاوره پزشکی و یا پیشنهاد یک مطلب، را به کاربر ارائه کرد. بدین منظور مراحل زیر باید انجام شوند:

۱) آیتم و یا شی‌ای (شی هدف) که قرار است به کاربر پیشنهاد شود، مشخص می‌شود.

۲) مجموعه داده مورد استفاده بررسی می‌شود و مطابق با آن فرا مسیرهای مربوطه مشخص می‌شوند. این فرا مسیرها باید به‌صورت "کاربر-شی هدف-*-شی هدف" باشند.

۳) با مشخص شدن فرا مسیرها و با توجه به مجموعه داده که ساختاریافته است، جداول مربوطه در پایگاه داده مشخص می‌شوند.

۴) با انجام پرس‌وجو بر روی پایگاه داده و با توجه به جداول متناظرشان در پایگاه داده، تمامی نمونه مسیرهای فرا مسیرها استخراج می‌شوند.

۵) با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده، الگوریتم بهینه‌سازی اجرا می‌شود.

۶) نتیجه الگوریتم بهینه‌سازی نمونه‌های شی هدف به همراه امتیازات آن‌ها است که بر اساس بازخورد ضمنی کاربران است.

۷) با مرتب‌سازی این نمونه‌های استخراج شده بر اساس امتیاز، بهترین پیشنهادهای شی مشخص شده به کاربر ارائه می‌شود.

در این پژوهش برای مثال، شی هدف پزشک انتخاب شد و تمامی ۷ مرحله فوق به‌صورت کامل تشریح شد. با انتخاب شی هدف بیمارستان، تخصص پزشکی و یا مطلب می‌توان برای کاربر پیشنهادهای دیگری را فراهم کرد.

## ۶. پیشنهادها و کارهای آتی

طراحی یک شبکه اجتماعی و پیاده‌سازی آن در صنعت دارای پیچیدگی‌های اجرایی متفاوتی است. از سوی دیگر ایجاد تغییرات به‌منظور اضافه کردن ویژگی‌های کارکردی جدید پس از فاز پیاده‌سازی، همواره پرهزینه است. به همین دلیل برای کاهش این پیچیدگی و هزینه، پیشنهاد می‌شود قبل از فاز پیاده‌سازی مدل توصیه معرفی شده به‌صورت یک سرویس طراحی شود. سپس شی‌هایی که قرار است به کاربر پیشنهاد داده شوند مشخص شوند و ساختار داده مطابق با این شی‌ها و ارتباطات مورد نیاز بین آن‌ها طراحی شود. داده‌ها منبع تغذیه اصلی سامانه‌های توصیه‌گر هستند به همین دلیل وجود یک ساختار داده کامل در هنگام ارائه خدمات توسط شبکه اجتماعی سلامت یک ضرورت محسوب می‌شود.

برای بهبود سرعت و عملکرد سامانه توصیه‌گر می‌توان از خوشه‌بندی[1] استفاده کرد. به‌این صورت که ابتدا کاربران بر اساس ترجیحات آن‌ها خوشه‌بندی می‌شوند و سپس روش پیشنهادی، برای هر خوشه اجرا می‌شود. سپس هر کاربر جدید ابتدا در خوشه‌ای قرار می‌گیرد و در انتها بر اساس خوشه کاربر، به وی پیشنهادهایی ارائه می‌شود. با استفاده از خوشه‌بندی، محاسبات تکراری مربوط به امتیاز رتبه‌بندی کاهش پیدا می‌کند و در نتیجه روش پیشنهادی با سرعت بهتری عمل می‌کند. اعمال این مورد بر روی پژوهش انجام شده می‌تواند یکی از کارهای آتی این پژوهش باشد.

## منابع

- Ambika, M. and Latha, K. 2015. "Intelligence Based Recommendation System for Healthcare: a Patient centred Framework," in *CAASR International Conference on Innovative Engineering and Technologies*.

1. Clustering

- Kim, G.W. Park, K.W. and Lee, D.H. 2015. "A Semantic-Based Health Advising System Exploiting Web-Based Personal Health Record Services," in *2015 IEEE 39th Annual Computer Software and Applications Conference*, Taichung.
- Kim, J. Lee, J. Park, J. Lee, Y. and Rim, K. 2009. "Design of Diet Recommendation System for Healthcare Service Based on User Information," in *IEEE Fourth International Conference Computer Sciences and Convergence Information Technology*, Seoul, South Korea.
- Lee, Ch. Lee, M. Han, D. Jung, S. and Cho, J. 2008. "A framework for personalized Healthcare Service Recommendation," in *HealthCom 2008 - 10th International Conference on e-health Networking, Applications and Services*, Singapore.
- Liang, T. Chen, L. Wu, J. and Bouguettaya, A. 2016. "Meta-Path Based Service Recommendation in Heterogeneous Information Networks," in *Service-Oriented Computing. ICSOC 2016. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 9936, Cham, Springer, pp. 371-386.
- López-Nores, M. Blanco-Fernández, Y. Pazos-Arias, J.J. Garcia-Duque, J. and Martin-Vicente, M.I. 2011. "Enhancing Recommender Systems with Access to Electronic Health Records and Groups of Interest in Social Networks," in *Proceedings of 7th International Conference on Signal-Image Technology and Internet-Based Systems*.
- López-Nores, M. Blanco-Fernández, Y. Pazos-Arias, J.J. and Martín-Vicente, M.I. 2013. "Context-Aware Recommender Systems Influenced by the Users' Health-Related Data," in *User Modeling and Adaptation for Daily Routines. Human–Computer Interaction Series*, London, Springer, pp. 153-173.

- Mika, S. 2011. "Challen‌ges for Nutrition Recommender Systems," in *Proceedings of the 2nd Workshop on Context Aware Intel*, Berlin, Germany.
- Morrell, T.G. and Kerschberg, L. 2012. "Personal Health Explorer: A Semantic Health Recommendation System," in *Proceedings of the 28th International Conference on Data Engineering Workshops*.
- Narducci, F. Musto, C. Polignano, M. Gemmis, M. Lops, P. and Semeraro, G. 2015. "A Recommender System for Connecting Patients to the Right Doctors in the HealthNet Social Network," in *Proceedings of the 24th International Conference on World Wide Web (WWW '15 Companion)*, New York, NY, USA.
- Rendle, S. Freudenthaler, Ch. Gantner, Z. and Schmidt-Thieme, L. 2009. "BPR: Bayesian Personalized Ranking from Implicit Feedback," in *Proceedings of the Twenty-Fifth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI '09)*, Arlington, Virginia, USA.
- Sami, A. Nagatomi, R. Terabe, M. and Hashimoto, K. 2008. "Design of Physical Activity Recommendation System," in *Proceedings of IADIS International Conference on e-Learning*, Amsterdam, Netherlands.
- Shi, C. Li, Y. Zhang, J. Sun, Y. and Yu, P.S. 2017. "A Survey of Heterogeneous Information Network Analysis," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 29, no. 1, pp. 17-37.
- Sun, Y. Han, J. Yan, X. Yu, P.S. and Wu, T. 2011. "PathSim: Meta Path-Based Top-K Similarity Search in Heterogeneous Information Networks," in *Proceedings of the VLDB Endowment*.
- Tabrizi, T.S. Khoie, M. Sahebkar, E. Rahimi, Sh. and Marhamati, N. 2016. "Towards a patient satisfaction based hospital recommendation

system," in *IEEE International Joint Conference Neural Networks (IJCNN)*, Vancouver, BC, Canada.

- Wiesner, M. and Pfeifer, D. 2010. "Adapting recommender systems to the requirements of personal health record systems," in *Proceedings of the 1st ACM International Health Informatics Symposium (IHI '10)*, New York, NY, USA.
- Wiesner, M. Rotter, S. and Pfeifer, D. 2011. "Leveraging semantic networks for personalized content in health recommender systems," in *Computer-Based Medical Systems (CBMS), 2011 24th International Symposium on Computer-Based Medical Systems*.
- Yu, X. Ren, X. Sun, Y. Gu, Q. Sturt, B. Khandelwal, U. Norick, B. and Han, J. 2014. "Personalized Entity Recommendation: A Heterogeneous Information Network Approach," in *Proceedings of the 7th ACM international conference on Web search and data mining (WSDM '14)*, New York, NY, USA.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی