مدیریت فناوری اطلاعات
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۷، شمارهٔ ۲
تابستان ۱۳۹۴
ص. ۴۲۸- ۴۰۷

اولویت‌بندی کاربردهای سلامت همراه و زیرساخت‌های ارتباطی آن

ملک‌میلاد لیراوی[۱]، اسدالله شاه‌بهرامی[۲]

چکیده: گسترش فناوری‌های همراه در زمینهٔ سلامت، شاخهٔ جدیدی از سلامت الکترونیک به نام سلامت همراه را به‌وجود آورده است. هدف این پژوهش، ارزیابی زیرساخت‌های ارتباطی سلامت همراه است که به روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای مدل‌سازی و رتبه‌بندی معیارها و کاربردها اجرا شده است. سه گروه اصلی در شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه، انتقال داده، خدمات کاربردی و دسترسی به شبکه انتخاب شدند. سپس به‌کمک روش دلفی و دلفی فازی، زیرمعیارهای زیرساخت فناورانه بر اساس سه معیار اصلی طبقه‌بندی شدند و ۱۳ کاربرد سلامت همراه به‌منزلهٔ انتخاب‌ها به آن اضافه شد. نتایج تحلیل سلسله‌مراتبی فازی نشان می‌دهد دسترسی به شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه از بیشترین وزن (۰/۵۶۵۶) و بالاترین اولویت برخوردار است. انتقال داده در شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه (۰/۴۱۸۴) رتبهٔ دوم را دارد و با اختلاف وزن زیادی، خدمات کاربردی در شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه (۰/۰۱۵۹) در رتبهٔ سوم قرار گرفته است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، بسیج جامعه، پروندهٔ الکترونیکی بیمار و پایش بیمار به‌ترتیب با وزن‌های ۰/۰۹۸۱، ۰/۰۸۷۸ و ۰/۰۸۷۶ اولویت برتر کاربردهای سلامت همراه‌اند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژه‌های کلیدی: ارزیابی آمادگی الکترونیکی، تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، تلفن همراه، سلامت همراه.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت فناوری اطلاعات، واحد الکترونیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. دانشیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکدهٔ فنی و مهندسی دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۸/۰۲
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹٤/۰۲/۰۷
نویسندهٔ مسئول مقاله: ملک‌میلاد لیراوی
E-mail: Liravim@gmail.com

مقدمه

کاهش هزینه‌های خدمات بهداشت و درمان و ارائهٔ باکیفیت آن، به اولویتی جهانی تبدیل شده است و فناوری و خودکارسازی، عامل بالقوه‌ای برای کاهش این هزینه‌ها شناخته شده است. امروزه مدیریت بهداشت و سلامت، به‌خصوص افزایش دسترسی اقشار مختلف جامعه در گسترهٔ جغرافیایی گوناگون کشور؛ رساندن خدمات بهداشتی به نقاط دور از دسترس ازجمله روستاها، عشایر و بیمارانی که در راه‌ها دچار حادثه شده‌اند، یا در حال حرکت به خدمات درمانی فوری نیاز پیدا می‌کنند و بیمارانی که نیاز به پیگیری مداوم سلامت خود دارند (مثل بیماران قلبی، دیابتی و...)؛ ازجمله چالش‌های پیش روی سازمان‌های ذی‌ربط است.

توجه به هزینه‌های سرانهٔ بیمارستانی و هزینه‌های جانبی آن (رفت‌وآمد بیماران و...)، تغییر در شیوهٔ ارائهٔ خدمات بهداشتی، درمانی و آموزشی را می‌طلبد. در نقاط توسعه‌یافته، علاوه‌بر تعدد مراکز سلامت و مراجعهٔ حضوری، راه‌های متنوعی برای دسترسی به خدمات وجود دارد که یکی از آنها شبکه‌های ارتباطی الکترونیکی است. با پیشرفت روزافزون فناوری، شبکه‌های ارتباطی و انتقال داده نیز هم از لحاظ کیفیت و هم گستردگی، دچار تحول شگرفی شده‌اند؛ شیوه‌های انتقال خدمات بهداشتی نیز متأثر از آنها تغییرات چشمگیری داشته‌اند که با نام «سلامت الکترونیک» شناخته می‌شود. با وجود این، هنوز خدمات‌رسانی به بیماران در حال حرکت، چالشی جدی است که با توسعهٔ فناوری‌های ارتباطی بی‌سیم، به نظر می‌رسد راه برای مدیریت این چالش فراهم شده است.

در بین فناوری‌های ارتباطی بی‌سیم، شبکهٔ سلولی تلفن همراه به‌مثابهٔ فراگیرترین شبکهٔ ارتباطی و گوشی‌های تلفن همراه به‌منزلهٔ همگانی‌ترین و در دسترس‌ترین ابزار الکترونیکی همراه، با برخورداری از ویژگی‌های مهمی مثل بی‌سیم‌بودن، سیاربودن، وزن کم، قیمت مناسب با قابلیت ارسال متن، تصویر، فیلم، صدا و سایر داده‌ها در کنار ارتباط صوتی معمول، به‌خصوص نسل جدید تلفن‌های همراه یا هوشمند با توان پردازشی و حافظهٔ بالا، صفحهٔ نمایش بزرگ، حسگرهای گوناگون مانند موقعیت‌یاب جهانی (GPS) و قابلیت اتصال به اینترنت، راه را برای تبادل اطلاعات و تعاملات بیشتر بین متخصصان و مردم عادی از طریق شبکه‌های اجتماعی، تالارهای گفت‌وگو و دسترسی به پایگاه‌های دادهٔ گوناگون، فراهم آورده است و استفاده از آن را در هر مکان و زمان که ضروری و لازم باشد، آسان کرده است. از سوی دیگر، پیشرفت‌های شبکه‌های ارتباطی مبتنی بر تلفن همراه برای انتقال داده و نیز، گوشی‌های تلفن همراه هم از لحاظ تنوع و هم کیفیت، گسترهٔ چشمگیری از خدمات ارتباطی و داده‌ای، از پیام متنی و

تصویری گرفته تا اینترنت را در دسترس همگان قرار داده است. استفاده از تلفن همراه با ویژگی‌های ذکرشده، بستر مناسبی را برای توسعه و مدیریت بهداشت و سلامت، از دسترسی به خدمات ضروری تا آموزش و خدمات عمومی، فراهم آورده و مفهوم جدیدی در دنیا با نام «سلامت الکترونیک همراه» یا به اختصار «سلامت همراه» را شکل داده است. درواقع مفهوم سلامت الکترونیک همراه، بیشتر بر تعامل بین بیمار و مراکز پزشکی یا پزشک از طریق فناوری‌های همراه، تأکید دارد.

اغلب مطالعات نظری پیشین در این زمینه، بر آمادگی سلامت الکترونیک تمرکز کرده‌اند و بیشتر آنها فعالیت‌های عملی سلامت همراه را مد نظر قرار داده‌اند و به بررسی زیرساخت‌ها و تحلیل آمادگی پیاده‌سازی سلامت همراه نپرداخته‌اند. از این رو پژوهش حاضر به بررسی زیرساخت فناورانهٔ ارتباطی سلامت همراه تأکید می‌کند و آن را بخش مهمی در راستای ایجاد مدل جامع برای آمادگی سلامت همراه می‌داند.

در پژوهش حاضر ابتدا با استفاده از روش دلفی فازی، معیارهای ارزیابی زیرساخت ارتباطی تلفن همراه استخراج شد. در مرحلهٔ بعد بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت، به تهیهٔ فهرستی از کاربردهای سلامت همراه اقدام شد. پس از ایجاد ماتریس زوجی و تهیهٔ جدول سلسله‌مراتبی برای معیارها، برای نظرسنجی در اختیار خبرگان قرار گرفت. نتایج نظرسنجی با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی (FAHP) تجزیه‌وتحلیل شد. محاسبات روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی به‌کمک نسخهٔ ۲۰۱۰ نرم‌افزار اکسل انجام گرفت. پس از ورود داده‌ها به نرم‌افزار، روابط با استفاده از برنامهٔ ویژوال‌بیسیک کدنویسی شدند و وزن هر یک از معیارها به‌دست آمد. درنهایت با توجه به وزن به‌دست‌آمده، به رتبه‌بندی کاربردها پرداخته شد.

مبانی نظری پژوهش

مفهوم سلامت الکترونیک و سلامت همراه

سلامت الکترونیک مفهوم بسیار گسترده‌ای دارد و شامل فعالیت‌های مختلف استفاده از فناوری‌ها و زیرساخت‌های الکترونیکی می‌شود که مهم‌ترین آنها اینترنت است و برای تسهیل ارائهٔ خدمات بهداشت و درمان به‌کار می‌رود. سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۳، سلامت الکترونیک را این‌گونه تعریف کرده است: «نفوذ فناوری اطلاعات و ارتباطات برای پیوند میان ارائه‌دهندگان خدمات بیماران و دولت‌ها به‌منظور آموزش و اطلاع‌رسانی به متخصصان خدمات بهداشت و درمان، مدیران و گیرندگان خدمات؛ با هدف برانگیختن نوآوری در مراقبت و مدیریت سیستم بهداشتی و بهبود سیستم خدمات بهداشت برای درمان». سلامت الکترونیک به ادغام خدمات

بهداشت و درمان، کسب‌وکار و رویکردهای فنی نیاز دارد، از این رو، سلامت الکترونیک را رشته‌ای در حال ظهور تعریف می‌کنند که اشتراک میان داده‌ورزی پزشکی، فناوری، بهداشت عمومی و کسب‌وکار است. بدین ترتیب، سلامت الکترونیک شامل ارائهٔ خدمات بهداشتی و اطلاعات بهداشتی از طریق اینترنت و دیگر فناوری‌های الکترونیکی مرتبط است.

سلامت همراه بخشی از سلامت الکترونیک است. مرکز دیده‌بانی سلامت الکترونیک[1] سازمان جهانی بهداشت (۲۰۱۱، ژنو)، سلامت همراه را چنین تعریف کرده است: رویهٔ سلامت عمومی و پزشکی که به‌وسیلهٔ ابزارهای همراهی مانند تلفن‌های همراه، ابزارهای پایش بیمار، دستیارهای دیجیتال شخصی[2] و سایر ابزارهای بی‌سیم، پشتیبانی می‌شود.

پیشینهٔ نظری پژوهش

دربارهٔ ارزیابی آمادگی سلامت الکترونیکی در دنیا پژوهش‌های بسیاری انجام گرفته است. در ایران نیز با بررسی مدل‌های بین‌المللی و بومی‌سازی آنها، کارهای ارزشمندی صورت گرفته است؛ از جمله مقاله‌ای با عنوان «چارچوبی برای ارزیابی آمادگی سلامت الکترونیک در ایران» که به بحث و اولویت‌بندی چهار حوزهٔ فنی، هستهٔ مرکزی، ارتباطات اجتماعی و تعهد می‌پردازد و نشان می‌دهد آمادگی فنی بیشترین اولویت را دارد (رضایی‌راد و واعظی و نطاق، ۲۰۱۲).

در پژوهشی دیگر با عنوان «اولویت‌بندی حوزه‌های کاربردی سلامت الکترونیک در ایران بر اساس عوامل مؤثر بر پذیرش تکنولوژی»، عوامل فناورانه در رتبهٔ اول قرار می‌گیرد (صفری‌مهر، ۲۰۰۹).

هرچند پژوهش‌هایی در زمینهٔ آمادگی سلامت الکترونیک انجام گرفته است، طی جست‌وجوهای به‌عمل‌آمده، تحقیقات گسترده‌ای در زمینهٔ استفاده از ظرفیت‌های تلفن همراه برای سلامت، به‌ویژه بررسی زیرساخت‌های لازم در راستای ایجاد مدلی جامع برای ارزیابی آمادگی سلامت همراه در ایران، صورت نگرفته است.

لزوم ارزیابی زیرساخت‌های ارتباطی سلامت همراه (اهداف پژوهش)

اگرچه سامانه‌های سلامت همراه زیرمجموعهٔ سلامت الکترونیک هستند، به‌دلایل مختلفی چون بی‌سیم‌بودن، سیاربودن، همگانی‌بودن و...، از قوانین متفاوتی برخوردارند که به نظر می‌رسد هریک از زیرساخت‌های آنها، از جمله زیرساخت‌های فنی، ارتباطی، امنیتی، حقوقی، اجتماعی،

1. Global Obsevatory for eHealth (GOe)
2. Personal Digital Assistants (PDAs)

فرهنگی، اقتصادی و... باید جدا از سلامت الکترونیک بررسی شود. همان‌طور که قبلاً اشاره شد با اینکه پروژه‌هایی پراکنده‌ای در راستای سلامت همراه اجرا شده است، مطالعه‌ای در زمینهٔ استفاده از ظرفیت‌های تلفن همراه برای سلامت، به‌ویژه بررسی زیرساخت‌های لازم در راستای ایجاد مدلی جامع برای ارزیابی آمادگی سلامت همراه در ایران انجام نشده است. با توجه به اینکه برای آمادگی سلامت الکترونیک، عوامل فناورانه از بیشترین اولویت برخوردارند (رضایی‌راد و همکاران، ۲۰۱۲)،

در پژوهش پیش رو، به بررسی زیرساخت‌های فناورانه، به‌ویژه زیرساخت‌های ارتباطی تلفن همراه و امکان‌سنجی برای توسعه و استفاده از سامانه‌های سلامت همراه با توجه به وضعیت و آیندهٔ فناوری‌های ارتباطی کشور، پرداخته می‌شود.

سؤال‌هایی که در این پژوهش به آنها پاسخ داده می‌شود، به شرح زیر است:

- برای توسعهٔ سلامت همراه، کدام معیارهای ارتباطی شبکهٔ تلفن همراه دخیل‌اند؟
- برای توسعهٔ سلامت همراه، چه کاربردهایی اولویت دارند؟
- برای استفاده از کاربردهای سلامت همراه، کدام معیارها مناسب‌اند؟

پیشینهٔ تجربی پژوهش

در مطالعات گسترده‌ای کاربرد تلفن همراه برای پشتیبانی از مراقبت‌های درمانی و اقدامات سلامت عمومی بررسی شده است که شامل جمع‌آوری و تطبیق داده‌ها برای پژوهش‌های مراقبت‌های درمانی و حمایت از آموزش‌های پزشکی و درمانی و عملیات بالینی جامعه می‌شود. برخی از مطالعات، کاربرد موفق تلفن‌های همراه در پشتیبانی از معاینهٔ تلفنی و مراقبت‌های درمانی از راه دور در کشورهای در حال توسعه را به‌خوبی نشان داده‌اند. برای مثال می‌توان به تشخیص پزشکی خارج از محل و پشتیبانی اطلاعاتی در مراقبت‌های بیماری ایدز در نقاط روستایی دور از دسترس اشاره کرد. اخیراً، عملکردهای گوشی‌های هوشمند در ادبیات این حوزه، در کانون توجه قرار گرفته است و شامل کاربرد پیامک در مدیریت تغییر رفتار، آموزش سلامت جنسی و بهبود بیماران وابسته به داروهای ضد رتر و ویروس‌ها می‌شود (پاپ‌الکاس و همکاران، ۲۰۱۱).

سیستم مکان‌یابی جهانی و گوشی‌های هوشمند برخوردار از این سیستم با فرصت‌های کاربردی دیگر، می‌توانند به زندگی مستقل افراد معلول یا بیمارانی با وضعیت مزمن پیچیده کمک کنند (کوگلن و ماندوچی، ۲۰۰۹ و کامل و همکاران، ۲۰۱۱) و برای شناخت بیماری‌های

واگیردار و مراقبت از سلامت عمومی و همچنین داده‌های اجتماعی، یاری‌رسان باشند (آننسن و همکاران، ۲۰۰۹).

کایلاس و همکاران (۲۰۱۰) ادعا کردند هفت هزار مستند دربارهٔ برنامه‌های سلامت گوشی‌های هوشمند ساخته شده است.

فری و همکاران (۲۰۱۰) چندین ویژگی کلیدی مانند قابلیت جابه‌جایی، جریان پیوسته بدون قطع داده و قابلیت پردازش مناسب برای پشتیبانی از نرم‌افزارهای چندرسانه‌ای را برای برتری تلفن‌های همراه نسبت به فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی دیگر برشمردند. مزیت‌های اقتصادی چشمگیری نیز گزارش شده است که ارتباطات همراه را در راستای فراهم‌آوری مراقبت‌های درمانی و پزشکی از راه دور به‌کار می‌گیرد (نوئل و همکاران، ۲۰۰۴).

در زامبیا با استفاده از پیامک، مناطق بحرانی شروع و گسترش بیماری مالاریا شناسایی و اطلاع‌رسانی شد و به مدیریت بهتر برای پیشگیری از این بیماری منجر شد (کامانگا و همکاران، ۲۰۱۰).

در بخش چشم‌پزشکی بیمارستانی در لندن، از پیامک برای یادآوری قرار ملاقات استفاده شد و کاهش ۳۸ درصدی احتمال عدم حضور بیمار و کاهش چشمگیر هزینه را نسبت به روش سنتی در پی داشت (کوشی و همکاران، ۲۰۰۸).

در استرالیا نیز ارسال پیامک مثبت به جوانان دربارهٔ سلامت جنسی و اطلاعاتی در زمینهٔ کاهش دلهره برای عفونت‌های مقاربتی به‌صورت دوره‌ای، نتایج مثبتی را نشان داد (گلد و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین، اطلاع از کیفیت وضع هوا و میزان آلودگی برای بیماران COPD (نوعی بیماری مزمن انسداد ریه)، به خودمراقبتیِ بیمار منجر شد و نتایج مثبتی در تعاملات اجتماعی و ترک انزوای آنان داشت (واک و هاوشیر، ۲۰۱۱).

تویجن و همکاران (۲۰۱۱) نوعی سیستم عکس‌برداری بر پایهٔ تلفن همراه متصل به میکروسکوپ در ترکیب با یک بستر انتقال داده و پاسخ ساختند. آنها عملکرد این سیستم را در اوگاندا آزمودند و ادعا کردند، سهامداران خواهان این نوع فناوری‌ها هستند.

از پروژه‌های انجام‌شده در ایران، می‌توان به طرح «مپاد»[1] اشاره کرد. این طرح به همت پژوهشکدهٔ سل و بیماری‌های ریوی وابسته به دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، از سال ۱۳۸۶ با هدف ارائهٔ مشاوره‌های تخصصی به بیماران تصادف جاده‌ای و بیماران بدحال مراجعه‌کننده به بیمارستان‌های امام خمینی فیروزکوه و زعیم پاکدشت راه‌اندازی شد. در این

---

۱. مرکز مراقبت‌های پزشکی از راه دور

پروژه، بیمارستان مسیح دانشوری رابطی است که مشاوره‌های درخواست‌شده از دو مرکز فوق را از سایر بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی دریافت و به آنها منعکس می‌کند (سلیمانیان و آیت، ۱۳۸۹). اگرچه این پروژه در حوزهٔ سلامت الکترونیک تعریف می‌شود، حرکت مثبتی در جهت پیاده‌سازی طرح‌های مشابه و توسعهٔ سلامت الکترونیک همراه به‌شمار می‌رود.

بیشتر مطالعات نظری که تا کنون انجام‌گرفته بر آمادگی سلامت الکترونیک تمرکز کرده‌اند. فعالیت‌های انجام‌گرفته در سلامت همراه، بیشتر پروژه‌ها و سامانه‌های عملی را مد نظر قرار داده‌اند و مطالعهٔ زیرساخت‌ها و تحلیل آمادگی پیاده‌سازی سلامت همراه مشاهده نشده است. از این رو، در پژوهش حاضر بررسی زیرساخت فناورانهٔ ارتباطی سلامت همراه به مثابهٔ بخشی مهم در راستای ایجاد مدلی جامع برای آمادگی سلامت همراه، در کانون توجه قرار گرفته است.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش پیش رو به‌کمک سه روش دلفی فازی، دلفی و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) اجرا شده است. ابتدا با استفاده از روش دلفی فازی، معیارهای ارزیابی زیرساخت ارتباطی تلفن همراه استخراج شد. در مرحلهٔ بعد، کاربردهای سلامت همراه بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت جمع‌آوری شد و پس از ایجاد ماتریس زوجی و جدول سلسله‌مراتبی برای معیارها، به‌منظور نظرسنجی در اختیار خبرگان قرار گرفت. نتایج نظرسنجی با استفاده از روش سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) در محیط نرم‌افزار اکسل تحلیل شدند؛ بدین ترتیب که پس از واردکردن داده‌ها به این نرم‌افزار، با استفاده از برنامهٔ ویژوال بیسیک روابط کدنویسی شدند و وزن هر یک از معیارها به‌دست آمد. درنهایت با توجه به وزن به‌دست‌آمده، به رتبه‌بندی کاربردها اقدام شد.

برای به‌دست‌آوردن معیارها و شاخص‌های اندازه‌گیری وضعیت زیرساخت فناورانهٔ ارتباطی و خدمات مبتنی بر تلفن همراه، مصوبات کمیسیون تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی (شهریور ۱۳۹۰) و مجموعهٔ کلیدی شاخص‌های نظام پایش شاخص‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات کشور (مرداد ۹۲) مطالعه شد و ۲۳ معیار ویژهٔ وضعیت زیرساخت فناورانهٔ ارتباطی و خدمات مبتنی بر تلفن همراه، در سه گروه اصلی «دسترسی به شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه»، «خدمات کاربردی مبتنی بر شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه» و «انتقال داده در شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه» از آنها استخراج شد. پس از آن، پرسشنامه‌ای در مقیاس پنج‌تایی از این معیارها تدوین شد و در

انتهای آن از خبرگان درخواست شد هر معیار یـا شـاخص دیگـری کـه بـرای ارزیـابی وضـعیت زیرساخت فناورانه ارتباطی و خدمات مبتنی بر تلفن همراه مؤثر می‌دانند را ذکر کنند.

پرسشنامهٔ مذکور برای به‌دست‌آوردن اهمیت نسبی هر معیار، در اختیار ۱۱ خبره قرار گرفـت، اما ۷ نفر از آنها پرسشنامهٔ تکمیل‌شده را ارسال کردند. برای تحلیل نتایج نظـر خبرگـان، در ایـن مرحله از روش دلفی فازی استفاده شد.

سو و یانگ (۲۰۰۰) عدد فازی مثلثی را برای دربرگرفتن نظر متخصصان و ایجاد روش دلفی فازی به‌کار بردند. مقادیر بیشینه و کمینهٔ نظر خبرگان، نقاط مرزی اعـداد مثلثـی فـازی در نظـر گرفته شد و میانگین هندسی، به‌منزلهٔ درجهٔ عضویت اعداد مثلثی فازی، بـرای حـذف اثـر نقـاط مرزی به‌کاربرده شد. مزیت روش ابداعی سو و یانگ در سادگی آن است.

روش دلفی فازی، میانگین هندسی را مبنایی بـرای گـروه تصـمیم‌گیرنـده قـرار مـی‌دهـد و به‌منظور غربال عوامل نامناسب و اجتناب از تأثیر مقادیر انتهایی از آن استفاده مـی‌کنـد. پـس از محاسبهٔ میانگین هندسی نظر خبرگان، برای رد یا پذیرش هر معیار باید مقدار آسـتانه‌ای در نظـر گرفت. معمولاً مقدار آستانه با استنباط ذهنی تصمیم‌گیرنده معین می‌شود و تـأثیر مسـتقیمی بـر تعداد عوامل غربال‌شده نمی‌گذارد. هیچ راه ساده یا قانون کلی برای تعیـین مقـدار آسـتانه وجـود ندارد.

در این پژوهش نیز به پیروی از چن و وانگ (۲۰۱۰) عدد ۳ برای مقدار آستانه در نظر گرفته شده است. معیارهایی که میانگین هندسی به‌دست‌آمدهٔ آنها کمتر از ۳ باشد، حذف می‌شوند. بدین ترتیب، در این مرحله از پژوهش و با پیـروی از ایـن روش، کارشناسـان ۱۲ معیـار را رد کردنـد. همچنین چهار معیار دیگر درنتیجهٔ پاسخ خبرگان به سؤال آزاد پرسشنامه به‌دست آمد که از آنهـا برای طراحی پرسشنامهٔ دوم استفاده شد. با توجه به نتایج تحلیل دلفی فازی در مرحلهٔ قبل، برای دسته‌بندی جدید معیارهای نهایی‌شده در قالب سه دستهٔ اصلی اولیه، از روش دلفی اسـتفاده شـد. دلفی روش رسیدن به اجماع گروهی از طریق ارسال چندمرحله‌ای پرسشـنامه بـا حفـظ گمنـامی پاسخ‌دهندگان و بازخورد نظرها به اعضای پانل است (میرو و همکاران، ۲۰۰۷).

فرایند طراحی پرسشنامه و ارسال به خبرگان طی سه مرحله تکرار شد و گـروه‌بنـدی نهـایی به‌دست آمد. همچنین بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشـت، کاربردهـا نیـز اسـتخراج و بـه جدول سلسله‌مراتبی اضافه شد.

در پژوهش حاضر برای وزن‌دهی به گزینه‌ها، از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی بـر اسـاس روش تحلیل گسترش‌یافتهٔ چانگ (۱۹۹۲) اسـتفاده شـده اسـت. ایـن روش مبتنـی بـر میـانگین

حسابی نظر خبرگان و روش نرمالایز ساعتی و با استفاده از اعداد مثلثی فازی، توسعه داده شده است.

یافته‌های پژوهش

ابتدا با استفاده از روش دلفی فازی و نظرسنجی از خبرگان، پرسشنامه‌ای تهیه شد و معیارهای ارزیابی زیرساخت ارتباطی تلفن همراه از آن به‌دست آمد. در مرحلهٔ بعد کاربردهای سلامت همراه بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت استخراج شد. جدول سلسله مراتبی معیارها و زیرمعیارهای زیرساخت‌های ارتباطی شبکهٔ تلفن همراه با توجه به فرایندها و آزمون‌های اجراشده در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. سلسله‌مراتب نهایی زیرساخت‌های فناورانهٔ ارتباطی تلفن همراه مرتبط با سلامت همراه و کاربردهای آن

هدف	معیار	زیر معیار	کاربرد
معیارهای ارزیابی شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه و خدمات مبتنی بر آن برای توسعهٔ سلامت همراه	(C۳)	C۳۱- کیفیت مکالمه C۳۲- میزان برقراری موفق ارتباط C۳۳- میزان قطعی ناخواسته C۳۴- میزان جابه‌جایی موفق بین سلول‌ها C۳۵- کیفیت پوشش سیگنال رادیویی C۳۶- سطح پوشش سیگنال رادیویی C۳۷- مشترکان موبایل به ازای هر ۱۰۰ نفر جمعیت C۳۸- مشترکان باند پهن موبایل به ازای هر ۱۰۰ نفر جمعیت C۳۹- جمعیت روستایی تحت پوشش شبکهٔ تلفن سیار به کل جمعیت روستایی	A۱: پروندهٔ بیمار A۲: سیستم‌های پشتیبان اطلاعات و تصمیم‌گیری A۳: نظارت A۴: پایش بیمار A۵: نظرسنجی A۶: اورژانس A۷: درمان از راه دور A۸: افزایش پیش‌آگاهی A۹: بسیج جامعه A۱۰: یادآوری قرار ملاقات A۱۱: پیروی از درمان A۱۲: خدمات تلفن اضطراری A۱۳: مراکز تماس/ مراقبت بهداشتی مبتنی بر تلفن
	(C۲)	C۲۱- میزان ارسال موفق پیامک متنی C۲۲- میزان ارسال موفق پیامک چندرسانه‌ای	
	(C۱)	C۱۱- سرعت انتقال داده در شبکه‌های نسل دوم تلفن همراه C۱۲- سرعت انتقال داده در شبکه‌های باند پهن تلفن همراه C۱۳- میزان دسترسی به شبکهٔ داده در شبکه‌های نسل دوم تلفن همراه C۱۴- میزان دسترسی به شبکهٔ داده در شبکه‌های باند پهن تلفن همراه	

برای محاسبهٔ اعداد فازی و تعیین وزن‌ها به روش چانگ، ابتدا مقدار دلخواهی کوچک‌تر از ۱ (δ =۰/۶۷) در نظر گرفته شد. در این حالت، تنها معیار «دسترسی به شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه» وزن مثبت (غیرصفر) دارد؛ وزن دو معیار دیگر صفر است (جدول ۲). این وضعیت برای شاخص‌ها در سطح زیرمعیار و کاربرد نیز، صدق می‌کند.

جدول ۲. وزن ترجیحی نهایی کاربردها با توجه به وزن معیارها در درجهٔ فازی ۰/٦۷

	معیار	C۱	C۲	C۳	وزن ترجیحی
	وزن معیار	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	*
	کاربرد			**وزن کاربرد**	
A۱	پروندهٔ بیمار	۰/۱۲۸	۰/۱۵۱	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶
A۲	سیستم‌های پشتیبان اطلاعات و تصمیم‌گیری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱
A۳	نظارت	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
A۴	پایش بیمار	۰/۱۴۱	۰/۰۰۰	۰/۱۲۴	۰/۱۲۴
A۵	نظرسنجی	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹
A۶	اورژانس	۰/۰۰۰	۰/۰۱۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
A۷	درمان از راه دور	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵
A۸	افزایش پیش‌آگاهی	۰/۰۵۶	۰/۳۹۹	۰/۱۳۳	۰/۱۳۳
A۹	بسیج جامعه	۰/۴۱۲	۰/۴۳۴	۰/۳۶۲	۰/۳۶۲
A۱۰	یادآوری قرار ملاقات	۰/۰۶۸	۰/۰۰۰	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰
A۱۱	پیروی از درمان	۰/۱۷۶	۰/۰۰۰	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱
A۱۲	خدمات تلفن اضطراری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
A۱۳	مراکز تماس/ مراقبت بهداشتی مبتنی بر تلفن	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

C۱: انتقال دادهٔ شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه C۲: خدمات کاربردی شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه
C۳: دسترسی به شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه

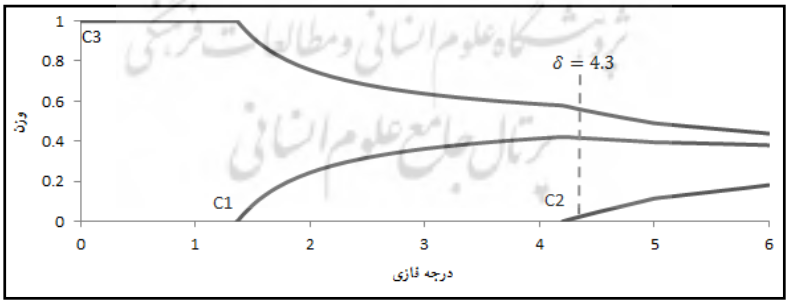
در اینجا دو سؤال اساسی مطرح می‌شود: یکی اینکه معیارهایی که وزن صفر دارند، چگونه توجیه می‌شوند؟ و دوم، با توجه به اینکه مقدار درجهٔ فازی در محاسبهٔ وزن مؤثر است، مقدار بهینه در تشکیل ماتریس قضاوت فازی چگونه مشخص می‌شود؟ ظهیر (۱۹۹۹) این مفهوم را با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی سنتی این‌گونه توضیح می‌دهد: منظور این نیست که تصمیم‌گیرندگان تنها به یک معیار توجه دارند و از بقیه صرف نظر می‌کنند، بلکه یک معیار را در مقیاس‌های متفاوت به‌طور نسبی بر معیارهای دیگر ترجیح می‌دهند. علاوه‌بر این، وقتی مقایسه‌های زوجی بین معیارها انجام می‌شود، انتظار می‌رود همه وزن‌ها مثبت باشد (غیر صفر)؛

بنابراین بهتر است یک مقدار «کمینهٔ درجهٔ فازی کارا[1]» انتخاب شود. عبارت «کمینهٔ درجهٔ فازی کارا»، بزرگ‌ترین مقدار درجهٔ حساسیتی است که در آن همهٔ معیارها وزن مثبت غیرصفر دارند (تنگ و لین، ۲۰۱۱). لذا برای این منظور آزمون تحلیل حساسیت اجرا می‌شود.

آزمون تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت یکی از مفاهیم اساسی برای استفادهٔ مؤثر و پیاده‌سازی مدل‌های تصمیم‌گیری کمّی است. با اجرای تحلیل حساسیت مشخص می‌شود داده‌های ورودی (اولویت‌ها و درجهٔ فازی) با مقادیر جدید در چه زمانی تغییر می‌کنند و نتایج رتبه‌بندی تصمیم‌گیرندگان چگونه خواهد بود.

مقدار درجهٔ حساسیت، به نقطه‌ای با وزن مثبت (غیر صفر) اطلاق می‌شود. به‌منظور تحلیل حساسیت برای اندازه‌گیری درجهٔ فازی باید نمودار تغییر وزن متغیر برحسب درجهٔ فازی (δ) بررسی شود. شکل ۱ حساسیت تغییر در درجهٔ فازی را برای داده‌های مقایسه‌شدهٔ زوجی هر سه معیار اصلی نشان می‌دهد. محور افقی درجهٔ فازی و محور قائم وزن هر معیار است. در شکل ۱ درجهٔ فازی با مقدار ۱/۳۶، اولویت غالب و مطلق معیار دسترسی به شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه را نشان می‌دهد (حداقل درجهٔ فازی)؛ به این معنا که خبرگان معیار دسترسی به شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه را بسیار مهم دانسته‌اند، بنابراین برای این معیار وزن ۱ در نظر گرفته می‌شود. زمانی که مقدار حساسیت به ۱/۳۶ می‌رسد، انتقال داده در شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه، در مرتبهٔ دوم قرار می‌گیرد و به همین ترتیب رتبهٔ سوم به خدمات کاربردی در شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه با درجهٔ حساسیت ۴/۳ اختصاص می‌یابد.



شکل ۱. تغییرات وزن هر معیار برحسب درجهٔ فازی

1. Minimum workable degree of fuzziness

وزن ترجیحی نهایی کاربردها با توجه به وزن معیارها

زمانی که درجهٔ حساسیت بزرگ‌تر از ۴/۳ است، هر سه معیار وزن مثبتی دارند؛ به این معنا که اگر درجهٔ حساسیت کوچک‌تر از این مقدار باشد، برخی از معیارها وزن مثبتی به‌دست نمی‌آورند. در جدول ۳، وزن ترجیحی نهایی کاربردها با توجه به وزن معیارها در درجهٔ فازی ۴/۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. وزن ترجیحی نهایی کاربردها با توجه به وزن معیارها در درجهٔ فازی ٤/۳

معیار		C۱	C۲	C۳	وزن ترجیحی
	وزن معیار	۰/۴۱۸	۰/۰۱۶	۰/۵۶۶	*
کاربرد		وزن کاربرد			
A۱	پروندهٔ بیمار	۰/۰۸۸	۰/۰۹۰	۰/۰۸۸	۰/۰۸۸
A۲	سیستم‌های پشتیبان اطلاعات و تصمیم‌گیری	۰/۰۷۷	۰/۰۷۶	۰/۰۸۰	۰/۰۷۹
A۳	نظارت	۰/۰۵۸	۰/۰۵۳	۰/۰۵۷	۰/۰۵۷
A۴	پایش بیمار	۰/۰۸۹	۰/۰۸۱	۰/۰۸۷	۰/۰۸۸
A۵	نظرسنجی	۰/۰۸۳	۰/۰۵۴	۰/۰۷۹	۰/۰۸۰
A۶	اورژانس	۰/۰۷۱	۰/۰۸۳	۰/۰۶۸	۰/۰۶۹
A۷	درمان از راه دور	۰/۰۶۶	۰/۰۷۷	۰/۰۷۳	۰/۰۷۰
A۸	افزایش پیش‌آگاهی	۰/۰۸۴	۰/۰۹۶	۰/۰۸۸	۰/۰۸۶
A۹	بسیج جامعه	۰/۰۹۶	۰/۰۹۹	۰/۰۹۹	۰/۰۹۸
A۱۰	یادآوری قرار ملاقات	۰/۰۸۱	۰/۰۷۹	۰/۰۸۱	۰/۰۸۱
A۱۱	پیروی از درمان	۰/۰۸۶	۰/۰۸۰	۰/۰۸۶	۰/۰۸۶
A۱۲	خدمات تلفن اضطراری	۰/۰۶۳	۰/۰۶۵	۰/۰۶۰	۰/۰۶۱
A۱۳	مراکز تماس/ مراقبت بهداشتی مبتنی بر تلفن	۰/۰۵۹	۰/۰۶۶	۰/۰۵۶	۰/۰۵۷

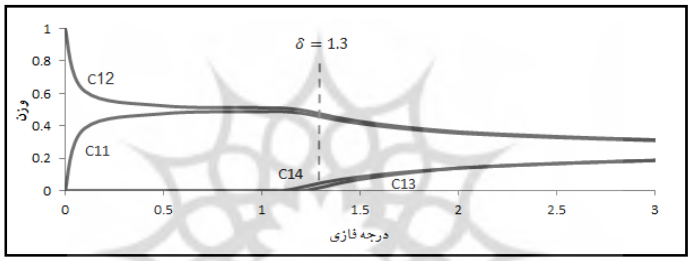
C۱: انتقال دادهٔ شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه
C۲: خدمات کاربردی شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه
C۳: دسترسی به شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه

با مقایسهٔ زوجی بین معیارها، انتظار می‌رود همهٔ وزن‌ها مثبت باشد (غیر صفر). بنابراین بهتر است مقداری برای «کمینهٔ درجهٔ فازی کارا» انتخاب شود که با توجه به شکل ۱، کمینهٔ درجهٔ فازی اعمال‌شدنی میان این سه معیار، ۴/۳ در نظر گرفته شده است.

به‌طورکلی، دامنهٔ درجهٔ حساسیت اعمال‌شدنی مطابق رابطهٔ ۱ با δ_T نشان داده می‌شود و نشان‌دهندهٔ بیشینهٔ «کمینهٔ درجهٔ فازی کارا»های مختلف در مسئله است. اندیس T نیز بیشینهٔ کمینه‌های مقدار درجهٔ حساسیت کارا (δ) در $n+1$ ماتریس زوجی فازی را نشان می‌دهد (تنگ و لین، ۲۰۱۱). به‌منظور محاسبهٔ مقدار δ_T، نمودار تغییر وزن برحسب درجهٔ فازی برای همهٔ مقایسه‌های زوجی رسم می‌شود.

$$\delta_T = \max(\delta_{T_c}, \delta_{T_1}, \delta_{T_2}, ..., \delta_{T_{n-1}}, \delta_{T_n}) \quad \text{رابطهٔ ۱)}$$

در شکل ۲ تغییرات زیرمعیارهای شاخص انتقال داده در شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه (C۱) نشان داده شده است. مقدار همهٔ زیرمعیارها در δ =۱/۳ بیشتر از صفر است. قبل از این مقدار، زیرمعیارهای C۱۱ (سرعت انتقال داده در شبکه‌های نسل دوم تلفن همراه) و C۱۲ (سرعت انتقال داده در شبکه‌های باند پهن تلفن همراه) مقدار مثبتی دارند و حتی در مقادیر بزرگ‌تر از δ =۱/۳ نیز وزن بیشتری نسبت به زیرمعیارهای دیگر به‌دست آورده‌اند که نشان می‌دهد از نظر خبرگان، سرعت انتقال داده اهمیت بیشتری دارد. جدول ۴ وزن ترجیحی نهایی کاربردها با توجه به وزن زیرمعیار (C۱) در درجهٔ فازی ۴/۳ را نشان می‌دهد.

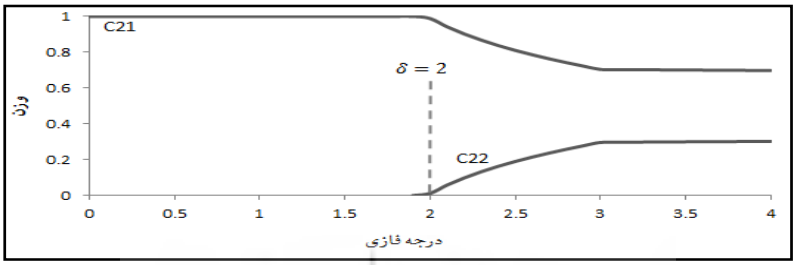


شکل ۲. تغییرات وزن زیرمعیارهای شاخص (C۱) برحسب درجهٔ فازی

جدول ٤. وزن ترجیحی نهایی کاربردها با توجه به وزن زیرمعیار (C۱) در درجهٔ فازی ٤/۳

	زیرمعیار	C۱۱	C۱۲	C۱۳	C۱٤	وزن ترجیحی
	وزن زیرمعیار	۰/۲۹۶	۰/۲۹۹	۰/۲۰۳	۰/۲۰۲	*
	کاربرد			**وزن کاربرد**		
A۱	پروندهٔ بیمار	۰/۰۸۷	۰/۰۸۹	۰/۰۸۷	۰/۰۸۸	۰/۰۸۸
A۲	سیستم‌های پشتیبان اطلاعات و تصمیم‌گیری	۰/۰۷۱	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۸۰	۰/۰۷۷
A۳	نظارت	۰/۰۵۳	۰/۰۴۴	۰/۰۷۳	۰/۰۷۱	۰/۰۵۸
A۴	پایش بیمار	۰/۰۸۸	۰/۰۹۰	۰/۰۸۷	۰/۰۹۱	۰/۰۸۹
A۵	نظرسنجی	۰/۰۸۴	۰/۰۸۳	۰/۰۸۷	۰/۰۸۶	۰/۰۸۳
A۶	اورژانس	۰/۰۶۳	۰/۰۷۰	۰/۰۸۰	۰/۰۷۵	۰/۰۷۱
A۷	درمان از راه دور	۰/۰۶۹	۰/۰۷۲	۰/۰۶۰	۰/۰۵۸	۰/۰۶۶
A۸	افزایش پیش‌آگاهی	۰/۰۸۹	۰/۰۷۸	۰/۰۸۶	۰/۰۸۳	۰/۰۸۴
A۹	بسیج جامعه	۰/۱۰۰	۰/۰۹۷	۰/۰۹۶	۰/۰۸۹	۰/۰۹۶
A۱۰	یادآوری قرار ملاقات	۰/۰۹۰	۰/۰۸۲	۰/۰۷۸	۰/۰۶۹	۰/۰۸۱
A۱۱	پیروی از درمان	۰/۰۹۱	۰/۰۹۰	۰/۰۷۴	۰/۰۸۳	۰/۰۸۶
A۱۲	خدمات تلفن اضطراری	۰/۰۶۴	۰/۰۶۳	۰/۰۶۱	۰/۰۶۲	۰/۰۶۳
A۱۳	مراکز تماس/ مراقبت بهداشتی مبتنی بر تلفن	۰/۰۵۱	۰/۰۶۳	۰/۰۶۰	۰/۰۶۵	۰/۰۵۹

شکل ۳، زیرمعیارهای شاخص خدمات کاربردی در شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه (C۲) را نمایش می‌دهد و جدول ۵ وزن ترجیحی نهایی کاربردهای آنها را در درجهٔ فازی ۴/۳ نشان می‌دهد. میزان ارسال موفق پیامک متنی (C۲۱) تا قبل از $\delta = 2$ اولویت مطلق برخوردار است و در مقادیر بزرگ‌تر از آن نیز وزن بیشتری نسبت به ارسال موفق پیامک چندرسانه‌ای (C۲۲) دارد.



شکل ۳. تغییرات وزن زیرمعیارهای شاخص (C۲) برحسب درجهٔ فازی

جدول ۵. وزن ترجیحی نهایی کاربردها با توجه به وزن زیرمعیار (C۲) در درجهٔ فازی ٤/۳

	زیرمعیار	C۲۱	C۲۲	وزن ترجیحی
	وزن زیرمعیار	۰/۶۹۶	۰/۳۰۴	*
کاربرد		وزن کاربرد		
A۱	پروندهٔ بیمار	۰/۰۹۰	۰/۰۹۰	۰/۰۹۰
A۲	سیستم‌های پشتیبان اطلاعات و تصمیم‌گیری	۰/۰۷۷	۰/۰۷۵	۰/۰۷۶
A۳	نظارت	۰/۰۵۵	۰/۰۵۰	۰/۰۵۳
A۴	پایش بیمار	۰/۰۸۱	۰/۰۸۰	۰/۰۸۱
A۵	نظرسنجی	۰/۰۵۳	۰/۰۵۸	۰/۰۵۴
A۶	اورژانس	۰/۰۸۵	۰/۰۷۸	۰/۰۸۳
A۷	درمان از راه دور	۰/۰۷۵	۰/۰۸۳	۰/۰۷۷
A۸	افزایش پیش‌آگاهی	۰/۰۹۹	۰/۰۹۰	۰/۰۹۶
A۹	بسیج جامعه	۰/۱۰۰	۰/۰۹۸	۰/۰۹۹
A۱۰	یادآوری قرار ملاقات	۰/۰۸۲	۰/۰۷۳	۰/۰۷۹
A۱۱	پیروی از درمان	۰/۰۷۷	۰/۰۸۶	۰/۰۸۰
A۱۲	خدمات تلفن اضطراری	۰/۰۶۵	۰/۰۶۷	۰/۰۶۵
A۱۳	مراکز تماس/ مراقبت بهداشتی مبتنی بر تلفن	۰/۰۶۳	۰/۰۷۱	۰/۰۶۶

C۲۱: میزان ارسال موفق پیامک متنی C۲۲: میزان ارسال موفق پیامک چندرسانه‌ای

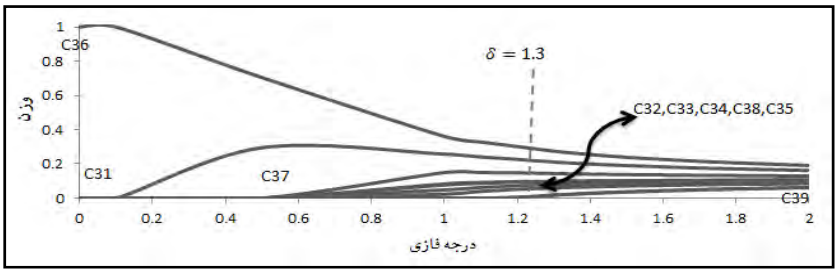
شکل ۴، زیرمعیارهای شاخص دسترسی به شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه (C۳) را به نمایش گذاشته است و جدول ۶ وزن ترجیحی نهایی کاربردهای آنها را در درجهٔ فازی ۴/۳ نشان

می‌دهد. بر اساس شکل ۲، دسترسی به شبکهٔ ارتباطی بیشترین وزن را دارد و زیرمعیارهـایش در δ =۱/۳ همگی به وزن بزرگ‌تر از صفر می‌رسند. در مقادیر کوچک‌تر از δ =۱/۳، مشترکان تلفن همراه به ازای هر ۱۰۰ نفر (C۳۶)، میزان کیفیت مکالمه (C۳۱) و مشترکان باند پهن تلفن همراه به ازای هر ۱۰۰ نفر (C۳۷) به‌ترتیب بیشترین وزن‌ها را کسب می‌کنند.

جدول ٦. وزن ترجیحی نهایی کاربردها با توجه به وزن زیرمعیار (C۳) در درجهٔ فازی ٤/۳

زیرمعیار		C۳۱	C۳۲	C۳۳	C۳٤	C۳٥
	وزن زیرمعیار	۰/۱۳۲	۰/۱۱۱	۰/۱۰۹	۰/۱۰۰	۰/۰۸۸
کاربرد						
A۱	پروندهٔ بیمار	۰/۰۸۱	۰/۰۸۸	۰/۰۹۲	۰/۰۹۳	۰/۰۸۷
A۲	سیستم‌های پشتیبان اطلاعات و تصمیم‌گیری	۰/۰۸۹	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۷۶	۰/۰۷۹
A۳	نظارت	۰/۰۷۲	۰/۰۵۸	۰/۰۴۲	۰/۰۶۸	۰/۰۴۴
A۴	پایش بیمار	۰/۰۹۰	۰/۰۸۹	۰/۰۹۰	۰/۰۷۷	۰/۰۸۷
A۵	نظرسنجی	۰/۰۶۹	۰/۰۷۷	۰/۰۷۹	۰/۰۷۸	۰/۰۸۴
A۶	اورژانس	۰/۰۷۲	۰/۰۷۹	۰/۰۷۲	۰/۰۶۲	۰/۰۶۰
A۷	درمان از راه دور	۰/۰۶۱	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۳	۰/۰۷۴
A۸	افزایش پیش‌آگاهی	۰/۰۸۸	۰/۰۸۴	۰/۰۸۷	۰/۰۸۹	۰/۰۹۱
A۹	بسیج جامعه	۰/۱۰۴	۰/۰۹۵	۰/۱۰۲	۰/۱۰۱	۰/۱۰۷
A۱۰	یادآوری قرار ملاقات	۰/۰۶۷	۰/۰۷۴	۰/۰۷۹	۰/۰۸۳	۰/۰۸۹
A۱۱	پیروی از درمان	۰/۰۹۳	۰/۰۸۴	۰/۰۸۴	۰/۰۸۵	۰/۰۹۲
A۱۲	خدمات تلفن اضطراری	۰/۰۵۶	۰/۰۶۳	۰/۰۵۸	۰/۰۶۲	۰/۰۶۰
A۱۳	مراکز تماس/ مراقبت بهداشتی مبتنی بر تلفن	۰/۰۵۶	۰/۰۴۵	۰/۰۵۳	۰/۰۵۳	۰/۰۴۸

زیرمعیار		C۳٦	C۳۷	C۳۸	C۳۹	وزن ترجیحی
	وزن زیرمعیار	۰/۱۴۲	۰/۱۲۰	۰/۱۰۸	۰/۰۸۹	*
کاربرد						
A۱	پروندهٔ بیمار	۰/۰۸۸	۰/۰۸۶	۰/۰۸۹	۰/۰۸۶	۰/۰۸۸
A۲	سیستم‌های پشتیبان اطلاعات و تصمیم‌گیری	۰/۰۷۷	۰/۰۷۸	۰/۰۸۱	۰/۰۷۳	۰/۰۸۰
A۳	نظارت	۰/۰۵۵	۰/۰۵۷	۰/۰۵۲	۰/۰۶۳	۰/۰۵۷
A۴	پایش بیمار	۰/۰۸۷	۰/۰۸۳	۰/۰۹۳	۰/۰۸۴	۰/۰۸۷
A۵	نظرسنجی	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۷۸	۰/۰۸۶	۰/۰۷۹
A۶	اورژانس	۰/۰۷۱	۰/۰۷۱	۰/۰۴۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸
A۷	درمان از راه دور	۰/۰۸۰	۰/۰۶۶	۰/۰۷۲	۰/۰۷۰	۰/۰۷۳
A۸	افزایش پیش‌آگاهی	۰/۰۸۹	۰/۰۷۹	۰/۰۹۳	۰/۰۹۲	۰/۰۸۸
A۹	بسیج جامعه	۰/۰۹۲	۰/۰۹۹	۰/۱۰۰	۰/۰۹۵	۰/۰۹۹
A۱۰	یادآوری قرار ملاقات	۰/۰۷۵	۰/۰۹۱	۰/۰۸۵	۰/۰۸۹	۰/۰۸۱
A۱۱	پیروی از درمان	۰/۰۸۸	۰/۰۸۰	۰/۰۸۵	۰/۰۸۱	۰/۰۸۶
A۱۲	خدمات تلفن اضطراری	۰/۰۵۵	۰/۰۶۳	۰/۰۵۹	۰/۰۶۴	۰/۰۶۰
A۱۳	مراکز تماس/ مراقبت بهداشتی مبتنی بر تلفن	۰/۰۶۱	۰/۰۶۵	۰/۰۶۷	۰/۰۴۹	۰/۰۵۶

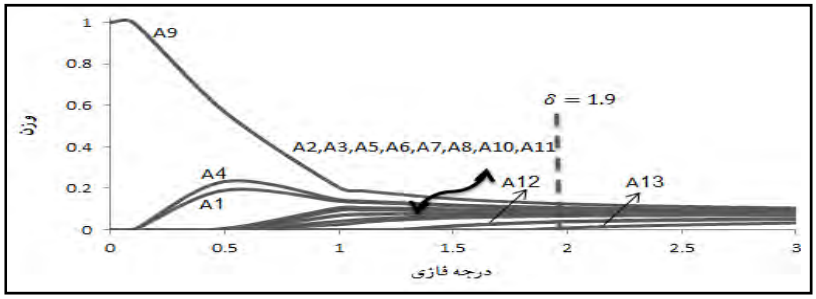


شکل ٤. تغییرات وزن زیرمعیارهای شاخص (C۳) برحسب درجهٔ فازی

جدول ۷ رتبه‌بندی نهایی کاربردهای سلامت همراه مبتنی بر تلفن همراه و وزن آنها را نشان می‌دهد. شکل ۵ نیز مقادیر وزن کاربردها نسبت به درجهٔ فازی را برای تمام زیرمعیارها مشخص می‌کند. نمودار به‌خوبی نشان می‌دهد اولویت غالب و مشهود در کاربردها، بسیج جامعه (A۹) است. کاربردها در جایی که وزن بزرگ‌تر از صفر می‌گیرند، وزنی نزدیک به هم دارند و با افزایش δ همگرا می‌شوند.

جدول ۷. رتبه‌بندی کاربردهای سلامت همراه مبتنی بر تلفن همراه

ردیف		کاربرد	وزن
۱	A۹	بسیج جامعه	۰/۰۹۸۱
۲	A۱	پروندهٔ بیمار	۰/۰۸۷۸
۳	A۴	پایش بیمار	۰/۰۸۷۶
۴	A۸	افزایش پیش‌آگاهی	۰/۰۸۶۲
۵	A۱۱	پیروی از درمان	۰/۰۸۵۸
۶	A۱۰	یادآوری قرار ملاقات	۰/۰۸۰۷
۷	A۵	نظرسنجی	۰/۰۸۰۳
۸	A۲	سیستم‌های پشتیبان اطلاعات و تصمیم‌گیری	۰/۰۷۸۶
۹	A۷	درمان از راه دور	۰/۰۶۹۷
۱۰	A۶	اورژانس	۰/۰۶۹۲
۱۱	A۱۲	خدمات تلفن اضطراری	۰/۰۶۱۱
۱۲	A۳	نظارت	۰/۰۵۷۴
۱۳	A۱۳	مراکز تماس/ مراقبت بهداشتی مبتنی بر تلفن	۰/۰۵۷۴



شکل ۵. تغییرات وزن کاربردها برحسب درجهٔ فازی

بنابراین مقدار بیشینهٔ «کمینهٔ درجهٔ فازی کارا» ۴/۳ است. انتظار می‌رود نتایج وزن‌ها در ناحیهٔ بزرگ‌تر از ۴/۳ چشمگیر باشد. «کمینهٔ درجهٔ فازی کارا» مقادیری از δ را که در آن کاربردها وزن مثبتی ندارند، دخالت نمی‌دهد.

از نظر خبرگان، دسترسی به شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه بیشترین وزن را دارد (۵۶۵۶ /۰) که این نتیجه با تجربهٔ سایر کشورها در زمینهٔ کاربردهای منتخب سلامت همراه همخوانی دارد. زیرمعیارهایی مانند مشترکان تلفن همراه به ازای ۱۰۰ نفر (زیرمعیار با وزن ۰/۱۲۰۳)، سطح پوشش و کیفیت پوشش شبکه (وزن‌های ۰/۱۴۲۱ و ۰/۰۸۷۸) در این دسته قرار دارند.

آمارهای شرکت مخابرات ایران حاکی از رشد پوشش جمعیتی و جاده‌ای است. افزایش تعداد مشترکان و ضریب نفوذ تلفن همراه و سطح پوشش جاده‌ای و جمعیتی، در ارتقای کاربردهای سلامت همراه مانند بسیج جامعه (برای بلایای طبیعی و شیوع بیماری‌ها)، یادآوری قرار ملاقات، افزایش پیش‌آگاهی (برای تنظیم خانواده، ترک سیگار و...)، خدمات تلفن اضطراری، سیستم‌های پشتیبان اطلاعات (ارتباط جاده‌ای آمبولانس با مراکز درمانی) و اورژانس، می‌تواند بسیار تأثیرگذار باشد. از زیرمعیارهای دیگر دسترسی به شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه که وزن بالایی در نتایج دارند، کیفیت مکالمه، میزان برقراری ارتباط موفق و میزان قطعی ناخواسته است. وضعیت این زیرمعیارها در کاربردهایی مانند اورژانس، بسیج جامعه، یادآوری قرار ملاقات، خدمات تلفن اضطراری و مراکز تماس/ مراقبت‌های بهداشتی بسیار مؤثر است.

انتقال داده در شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه با وزن ۴۱۸۴ /۰ در مرتبهٔ دوم اهمیت قرار دارد. زیرمعیارهای سرعت انتقال داده در شبکه‌های نسل دوم و سرعت انتقال در شبکه‌های باند پهن، به‌ترتیب با مقدارهای ۲۹۵۷ /۰ و ۲۹۸۹ /۰ بیشترین وزن را دارند. در این زمینه، یکی از معیارهای بسیار مهم در ارتقای سلامت همراه، ضریب نفوذ اینترنت تلفن همراه است. همهٔ کاربردها به نوعی وابسته به اینترنت‌اند. رشد و اجرایی‌شدن کاربردهایی مانند پروندهٔ بیمار،

سیستم‌های پشتیبان اطلاعات، پایش بیمار و نظرسنجی، درمان از راه دور و بسیج جامعه، وابسته به سرعت و کیفیت اینترنت تلفن همراه است. سرعت و امکان دسترسی به پروندهٔ بیمار، سیستم‌های پشتیبان اطلاعاتی برای برقراری ارتباط با آمبولانس، پایش بیمار در مواقع ارسال اطلاعات حسگرهای تشخیصی، طرح‌های نظارت در مواقع شیوع یا پایش بیماری‌های مسری و بالقوه، جمع‌آوری داده و نظرسنجی، امکان استفاده از برنامه‌های درمان از راه دور برای ارسال اطلاعات به مراکز درمانی و رایزنی با متخصصان این مراکز و امکان استفاده از برنامه‌های تحت وب بر گوشی همراه، در کاربردی مانند افزایش پیش‌آگاهی، همگی به زیرساخت‌های فناوری پرسرعت باند پهن نسل‌های سوم و چهارم و بالاتر برای انتقال داده مبتنی بر تلفن همراه نیاز دارند.

آمار و ارقام فاوا در سال ۲۰۱۳، حاکی از رشد مداوم و توسعهٔ باند پهن همراه در کشورهای جهان است. در کشورهای در حال توسعه، تعداد اشتراک‌های باند پهن همراه از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳ میلادی به بیش از ۲ برابر رسیده است (از ۴۷۲ میلیون به ۱/۱۶ میلیارد). در کنار دستیابی به شبکه‌های باند پهن، باید قیمت این خدمات را هم در نظر داشت. در کشورهای در حال توسعه قیمت باند پهن همراه بسیار زیاد است. در اوایل سال ۲۰۱۳ میلادی، در کشورهای توسعه‌یافته، قیمت باند پهن همراه در بدو ورود با توجه به نوع خدمات، بین ۲/۲–۱/۲ درصد سرانهٔ ماهانهٔ درآمد ناخالص ملی و در کشورهای در حال توسعه بین ۲۴/۷–۱۱/۳ درصد بوده است (آمار و ارقام فاوا، جهان در سال ۲۰۱۳). بنابراین به نظر می‌رسد چالش‌های پیاده‌سازی و دستیابی به هر یک از کاربردهای سلامت همراه، تنها زیرساخت فنی و پوشش‌دهی آن نیست، بلکه هزینهٔ استفاده از این خدمات به‌ویژه در مناطق روستایی و دورافتاده است.

آخرین اولویت در معیارها، به خدمات کاربردی در شبکهٔ تلفن همراه با وزن ۰/۰۱۵۹۰ اختصاص دارد. میزان ارسال موفق پیامک در استفاده از تمام کاربردها مشهود است. با وجود محدودیت‌هایی در زمینهٔ طول کاراکترهای پیامک، روش مذکور می‌تواند ساده‌ترین و پرکاربردترین روش باشد. انتظار می‌رود با روی کار آمدن تلفن‌های هوشمند و افزایش سرعت اینترنت همراه، روش‌های جدید و کاراتری در زمینهٔ سلامت همراه جایگزین شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌کمک هفت نفر از خبرگان، معیارهای مؤثر بر زیرساخت فناورانهٔ ارتباطی سلامت همراه، در سه دستهٔ اصلی انتقال داده در شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه، خدمات کاربردی در شبکهٔ ارتباطی تلفن

همراه و دسترسی به شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه، در قالب پرسشنامه‌ای به روش دلفی فازی تعیین و نتایج نهایی طبقه‌بندی شد.

با بهره‌مندی از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، کاربردها، معیارها و زیرمعیارها، رتبه‌بندی شدند و پرسشنامه‌ای در اختیار خبرگان قرار گرفت و از آنها درخواست شد مطابق با جدول مقیاس‌گذاری ساعتی، به‌صورت زوجی به معیارها، زیرمعیارها و کاربردها امتیاز دهند. برای وزن‌دهی معیارها، زیرمعیارها و کاربردها، آزمون تحلیل حساسیت به اجرا درآمد و δ = ۴/۳ برای کمینهٔ درجهٔ فازی کارا انتخاب شد.

با استفاده از روش چانگ (۱۹۹۶) در تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، وزن هریک از معیارها، زیرمعیارها و کاربردها بر اساس δ = ۴/۳ به‌دست آمد و درنهایت کاربردها رتبه‌بندی شدند. دسترسی به شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه با کسب بیشترین وزن، در رتبهٔ اول جای گرفت و پس از آن به‌ترتیب انتقال داده در شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه و خدمات کاربردی در شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه، رتبه‌های دوم و سوم را کسب کردند.

وزن ۱۳ کاربرد سلامت همراه نیز محاسبه و رتبه‌بندی شد. بسیج جامعه با بیشترین وزن (۰/۰۹۸۱) در رتبهٔ اول قرار گرفت و اولویت‌های بعدی به‌ترتیب به پروندهٔ بیمار (۰/۰۸۷۸)، پایش بیمار (۰/۰۸۷۶)، افزایش پیش‌آگاهی (۰/۰۸۶۲)، پیروی از درمان (۰/۰۸۵۸) و... اختصاص یافت. وزن‌های معیارها به هم نزدیک بود که دلیل آن را می‌توان ناشی از اعمال کمینهٔ درجهٔ فازی کارا دانست. در مقادیر کمتر از δ = ۴/۳ نیز، هرچند وزن کاربردها متفاوت و اختلاف بیشتری وجود دارد، به الگوی ترتیب نهایی بسیار نزدیک است.

پیشنهادهای کاربردی

با توجه به نتایج این پژوهش، انتظار می‌رود سازمان‌های مسئول در راستای بهبود وضعیت سلامت جامعه، برای استفاده از سامانه‌های سلامت همراه، تصمیم‌های کارسازی اتخاذ کنند. با شناسایی وضع هریک از معیارهای یادشده در این مطالعه، سازمان‌های مرتبط با سلامت می‌توانند کاربردهای متناظر را ارتقا دهند و از آن بهره‌مند شوند. برای نمونه، چنانچه آمار سازمان‌های ذی‌صلاح، وضعیت مطلوب معیار دسترس‌پذیری به شبکهٔ ارتباطی تلفن همراه را گزارش دهند، از کاربردهای متناظر با آن، مانند بسیج جامعه (برای بلایای طبیعی و شیوع بیماری‌ها)، یادآوری قرار ملاقات و افزایش پیش‌آگاهی (برای تنظیم خانواده، ترک سیگار و...) می‌توان به نحو مطلوب استفاده کرد. همچنین سازمان‌های مسئول می‌توانند از طریق رویکردی آینده‌نگرانه و راهبردی، کاربردهای سلامت جامعه را شناسایی و اولویت‌بندی کنند و در راستای ارتقای زیرساخت‌های ارتباطی و معیارهای آن، همت گمارند. برای نمونه، در صورتی که سیاست

سازمان‌های مرتبط با سلامت در راستای توسعهٔ سامانه‌ها و کاربردهای پایش بیمار، درمـان از راه دور یا سیستم‌های پشتیبان اطلاعات باشد، باید برای ارتقای زیرمعیار سرعت انتقال در شبکه‌های باند پهن، سرمایه‌گذاری کرد.

پیشنهادهای پژوهشی

اجرای این پژوهش با مشکلاتی مانند نداشتن مـدل مفهـومی بـرای تعریـف معیـارهـا، تعـاریف نامشخص و مبهم از شاخص‌های ملی و دسترسی نداشتن به داده‌های دقیق و به‌روز، مواجه بـود. رفع هریک از مشکلات یادشده، برای بررسـی وضـعیت زیرسـاخت فناورانـهٔ سـلامت همـراه در دستیابی به نتایج دقیق‌تر، بسیار مؤثر است؛ نتایجی که می‌تواند در تهیه مدل‌های ارزیابی آمادگی راهگشا باشد.

با توجه به پژوهش انجام‌شده، ظرفیت فنی کشور و اهمیت سلامت همـراه در دنیـای امـروز، تحقیق و مطالعه برای تکمیل مدل ارزیابی آمادگی برای پیاده‌سازی سلامت همـراه در کشـور در زمینه‌هایی مانند مباحث امنیتی، حقوقی، اجتماعی، فرهنگـی یـا سـایر زیرسـاخت‌هـای فناورانـه، پیشنهاد می‌شود.

References

Aanensen, DM., Huntley, DM., Feil, EJ., al-Own, F. & Spratt, BG. (2009). EpiCollect: linking smartphones to web applications for epidemiology, ecology and community data collection. *PLoS One,* 4(9): e6968. www.plosone.org.

Chang, D.Y. (1992). Extent Analysis and Synthetic Decision, Optimization Techniques and Applications. *World Scientific, Singapore*, 1: 352

Chen, M. K. & Wang, S. C. (2010). The use of a hybrid fuzzy-Delphi-AHP approach todevelop global business intelligence for information service firms. *Expert Systems with Applications*. 37(11): 7394–7407.

Coughlan, J. & Manduchi, R. (2009). A Mobile Phone Wayfinding System for Visually Impaired Users. *Assistive technology research*, 25: 849.

Evaluation of Information and Communication Technology Factors, including in 5th development plan of Islamic Republic of Iran, August 2013. Available in: http://www.itc.ir/ictmi (*in Persian*)

Fava Statistic and Report, World in 2013, Provided in Iran University of Science and Technology. Available in: http://www.itc.ir/ (*in Persian*)

Free, C. Phillips, G. Felix, L. Galli, L. Patel, V. & Edwards, P. (2010). The effectiveness of M-health technologies for improving health and health services: a systematic review protocol. *BMC Research Notes*, 3: 250. doi:10.1186/1756-0500-3-250.

Gold, J., Lim, M., Hellard, M., Hocking, J. & Keogh, L. (2010). What's in a message Delivering sexual health promotion to young people in Australia via text messaging. *BMC Public Health*, 10: 792. doi:10.1186/1471-2458-10-792.

Hsu, T.H. & Yang, T.H. (2000). Application of fuzzy analytic hierarchy process in the selection of advertising media, *Journal of Management and Systems*, 7(1): 40–19.

Kailas, A. Chong, CC. & Watanabe, F. (2010). From mobile phones to personal wellness dashboards. *IEEE Pulse*, 1(1): 57-63.

Kamanga, A., Moono, P., Stresman, S., Mharakurwa, S. & Shiff, C. (2010). Rural health centres, Communities and malaria case detection in Zambia using mobile telephones: A means to detect potential anisetreservoirs of infection in unstable transmission conditions. Malaria Journal, 9: 96. doi: 10.1186/ 1475-2875-9-96.

Kamel Boulos, M.N., Anastasiou, A., Bekiaris, E. & Panou, M. (2011). Geo-enabled technologies for independent living: examples from four European projects. *Technology and Disability*, 23(1): 7-17.

Koshy, E., Josip, C. Majeed, A. (2008). Effectiveness of mobile-phone short message service (SMS) reminders for ophthalmology outpatient appointments: Observational study. *BMC Ophthalmology*, 8:9. doi: 10.1186/ 1471-2415-8-9.

Miró, J., Nieto, R. & Huguet, A. (2008). Predictive factors of chronic pain and disability in whiplash: a Delphi poll. *European Journal of Pain*, 12(1): 30-47.

Noel, H.C. Vogel, D.C., Erdos, J.J., Cornwall, D. & Levin, F. (2004). Home telehealth reduces healthcare costs. *Telemedicine Journal and e-Health*, 10(2):170-183.

Pop-Eleches, C., Thirumurthy, H., Habyarimana, JP., Zivin, JG., Goldstein, MP., de Walque, D., Mackeen, L., Haberer, J., Kimaiyo, S., Sidle, J., Ngare, D., Bangsberg, DR. (2011). Mobile phone technologies improve adherence to antiretroviral treatment in aresource-limited setting: a randomized controlled trial of text message reminders. *AIDS*. 25(6): 825–834.

Rezai-Rad, M. & Vaezi, R. & Nattagh, F., (2012). E-Health Readiness Assessment Framework in Iran. *Iranian Journal of Public Health*, 41(10): 43-51.

Safari Mehr, E. (2009). *Prioritizing eHealth applications with respect to technology acceptance factors*, Tehran: Department of Industrial Engineering School of Engineering Tarbiat Modares University. (*in Persian*)

Salimian, F. (2010). *Designing web-based telemedicine, to facilitate the diagnosis and treatment of chronic diseases*. Information Technology Management Payame Noor University (*in Persian*)

Services and Licensing of Communications Regulatory Authority. (September/ 2011). No. 119. Available in: http://www.cra.ir (*in Persian*)

Tang, Y. & Lin, T. W. (2011). Application of the Fuzzy Analytic Hierarchy Process to the Lead-Free Equipment Selection Decision, *International Journal of Business and Systems Research*, 5(1): 35-56

Tuijn, C.J., Hoefman, BJ., Beijma, H., Oskam, L. & Chevrollier, N. (2011). Data and Image Transfer Using Mobile Phones to Strengthen Microscopy-Based Diagnostic Services in Low and Middle Income Country Laboratories. *PLOS One*, 6(12), www.plosone.org.

Vital Wave Consulting, Washington, D.C. and Berkshire, UK: UN Foundation-Vodafone Foundation Partnership. (2009). *M-health for development: The opportunity of mobile technology for healthcare in the developing world.*

Wac, K. & Hausheer, D. (2011). From Future Internet Technologies to Health Telemonitoring and Teletreatment Application. *Proceedings of the 12th IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management*, IM 2011, Dublin, Ireland: 812 - 826

World Health Organization, (2011). *M-health new horizon for health through mobile technologies*, Geneva. Available in: http://www.uniteforsight.org/global-health - university/mhealth.

Zahir, S. (1999). Geometry of Decision Making and the Vector Space Formulation of the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 112 (2): 373-396.