

توسعه‌ی یک مدل دیمتل فازی برای شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر پذیرش فناوری‌های مخابراتی در ایران- مورد مطالعاتی: نسل چهارم شبکه‌های موبایل

حسین سبزیان^۱، محمد علی شفیعا^۲، مهدی غضنفری^۳

۱- دانشجوی دکتری مدیریت فناوری، دانشگاه علم و صنعت ایران

hossein_sabzian@pgre.iust.ac.ir

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

نویسنده مسئول: Omidshafia@iust.ac.ir

تلفن: (+98)9121327677

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

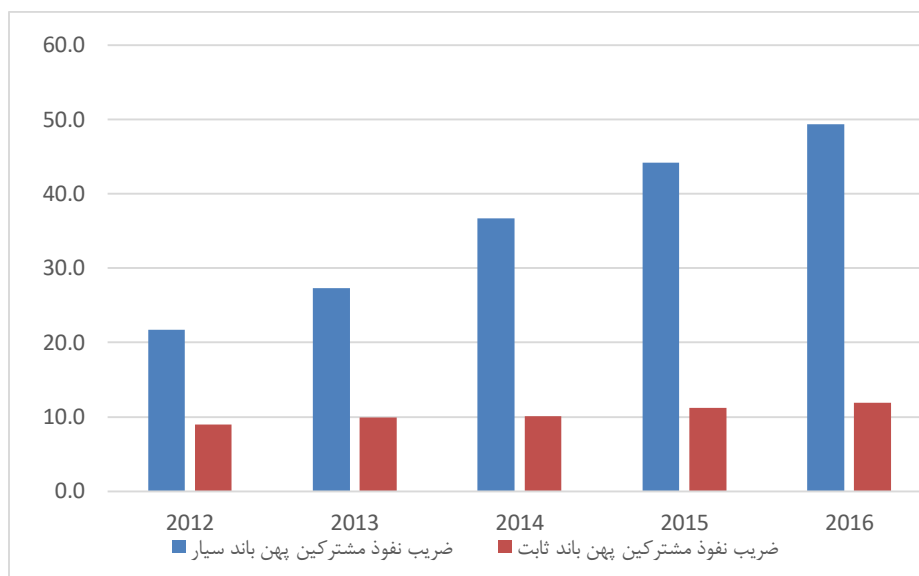
Mehdi@iust.ac.ir

چکیده

به رغم سرمایه‌گذاری‌های وسیع سه اپراتور اصلی ایران یعنی همراه اول، ایرانسل و رایتل در توسعه‌ی فناوری تکامل بلند مدت (LTE) بعنوان مهمترین نماینده‌ی نسل چهارم شبکه‌های موبایل، تا اوایل تابستان ۱۳۹۶، انتشار این فناوری با ضریب نفوذ ۰،۰۶ در کل جامعه بسیار کند بوده است. چنین وضعیتی می‌تواند پیامدهای نامطلوبی را برای اپراتورهای مخابراتی به همراه داشته باشد که عمده‌ترین آن‌ها عبارتند از (۱) عدم توانایی در ارائه‌ی شمار زیادی از خدمات باکیفیت بالا، (۲) ناتوانی در رقابت با فناوری‌های OTT نظیر تلگرام، (۳) طولانی شدن دوره‌ی بازگشت سرمایه، (۴) عدم یکپارچه‌پذیری با شبکه‌ی نسل پنجم و از دست دادن فرصت‌های اینترنت اشیا. از اینرو، برای حل این چالش؛ برنامه‌ریزان اپراتورهای مخابراتی می-باید عوامل کلیدی مؤثر بر پذیرش فناوری شبکه‌های نسل چهارم در جامعه ایرانی را شناسایی کنند که چنین شناختی مستلزم توسعه مدلی علمی است که نتها محدودیت‌های پژوهش‌های پیشین را برطرف می‌سازد که امکان شناخت بهتری از جامعه هدف را نیز فراهم سازد که این مقاله با توسعه یک مدل دیمتل فازی به دنبال تحقق چنین هدفی است. کلمات کلیدی: پذیرش و انتشار فناوری، نسل چهارم (4G)، فناوری تکامل بلند مدت (LTE)، منطق فازی، دیمتل

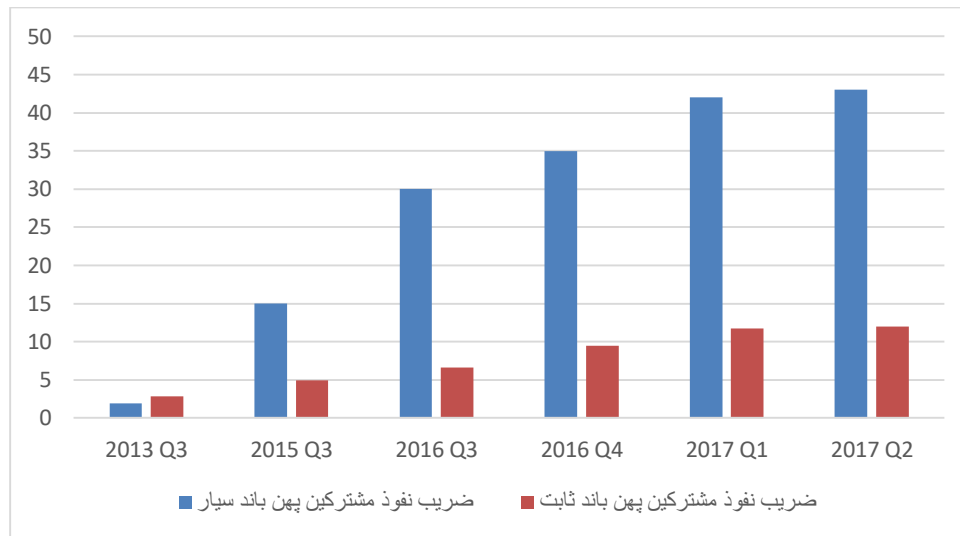
۱. مقدمه

دسترسی سریع به دیتای موبایل به یکی از مهم‌ترین خواسته‌های مشترکین تلفن‌های همراه هوشمند تبدیل شده است. انتشار وسیع تجهیزات هوشمند و تقاضای فزاینده برای خدمات استریمینگ چند رسانه‌ای، حجم ترافیک دیتای موبایل را به نحوی چشمگیر افزایش داده است [1]. در سال ۲۰۱۶ کل داده‌ی موبایل تولید شده برابر با ۸،۸ اگزابایت بوده است که ۵۰٪ آن متعلق به محتوای ویدیویی بود. پیش بینی می‌شود که این مقدار در سال ۲۰۲۰ به ۷۱ اگزابایت برسد که ۷۱٪ آن متعلق به محتوای ویدیویی است. [2] حاملان شبکه برای اریه‌ی دیتای بهتر هزینه‌های تحقیق و توسعه فراوانی صرف نموده‌اند. تلاش اپراتورها در این راستا منجر به توسعه‌ی قابل-توجه‌ای در پهن‌بند سیار گردیده است. آمار و ارقام نشان دهنده‌ی آن است که نرخ رشد مشترکین پهن‌بند سیار در جهان به مراتب بیشتر از پهن‌بند ثابت بوده است. به گونه‌ای که ضریب نفوذ پهن‌بند ثابت از ۰،۹٪ در سال ۲۰۱۲ فقط به ۱۱،۹٪ در سال ۲۰۱۶ رسیده است. حال آنکه نرخ رشد پهن‌بند سیار از ۲۱،۷٪ در سال ۲۰۱۲ به ۴۹،۴٪ در ۲۰۱۶ رسیده است (شکل ۱). در ایران نیز ضریب نفوذ پهن‌بند سیار بسیار بیشتر از پهن‌بند ثابت بوده است. بطوریکه، نرخ رشد مشترکان پهن‌بند ثابت در ایران از ۲،۸۱٪ در تابستان ۲۰۱۲ فقط به ۱۲٪ در بهار ۲۰۱۷ رسیده است. حال آنکه نرخ رشد پهن‌بند سیار از ۱،۹۲٪ در تابستان ۲۰۱۲ به ۴۲،۵٪ در بهار ۲۰۱۷ رسیده است. (شکل ۲).



شکل ۱: مقایسه نرخ رشد مشترکان پهن باند سیار و پهن باند ثابت در جهان
[3]

فناوری‌های سلولی چون نسل‌های سوم و چهارم شبکه‌های موبایل در توسعه‌ی پهن باند سیار تأثیر تعیین‌کننده‌ای داشته‌اند. فناوری نسل سوم به طور کلی در سال ۱۹۹۰ مراحل توسعه خود را سپرسی کرد و در سال ۲۰۰۲ وارد بازار جهانی شد. این فناوری در پایان سال ۲۰۰۷ در حال فراگیر شدن بود. در واقع، در دسامبر ۲۰۰۷ (آذر ۱۳۸۶) تعداد ۱۹۰ اپراتور در ۴۰ کشور جهان خدمات نسل سوم را به مشتریان خود ارائه کردند. در ایران، اپراتور رایتل که در سال ۲۰۰۷ (تحت عنوان شرکت ارتباطات شمس تامین نوین) تاسیس شده بود، در ژانویه ۲۰۱۰ پروانه ارائه خدمات نسل ۳ را دریافت نمود، اما این اپراتور کار خود را از ژوئن ۲۰۱۱ آغاز کرد. در ایران نسل سوم شبکه‌های موبایل با تأخیری ۹ ساله وارد بازار ایران گردید. در واقع، تجاری شدن نسل سوم در ایران مصادف با تجاری شدن نسل چهارم در جهان بود. در ایران نسل چهارم شبکه‌های موبایل در سپتامبر ۲۰۱۴ توسط اپراتور ایرانسل راه‌اندازی شد. بدنبال آن اپراتورهای همراه اول و رایتل نیز شبکه نسل چهارم موبایل را راه‌اندازی کردند. از عمده دلایل گرایش به نسل چهارم موبایل وجود برخی از محدودیت‌های نسل سوم بود. این محدودیت‌ها شامل نرخ کم انتقال، محدودیت‌های پویایی و پهنای باند بودند. رفع چنین محدودیت‌هایی منجر به^۴ توسعه فناوری نسل چهارم (4G) شد.



شکل ۲: مقایسه نرخ رشد مشترکان پهن باند سیار و پهن باند ثابت در ایران

منبع: وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات

اتحادیه بین‌المللی مخابرات، *ITU*^۱، مرجع تعیین نسل‌های تلفن همراه است. البته این سازمان به تدوین استاندارد یا توسعه فناوری‌ها نمی‌پردازد، بلکه رهنمودهایی ارائه می‌کند که فناوری‌های آینده چه ویژگی‌هایی باید داشته باشند. براین اساس، مطابق مشخصات تعیین شده در *IMT-Advanced* حداقل‌های لازم برای اطلاق نسل چهارم موبایل، 4G، به یک فناوری و سرویس، شرایط زیر است [4].

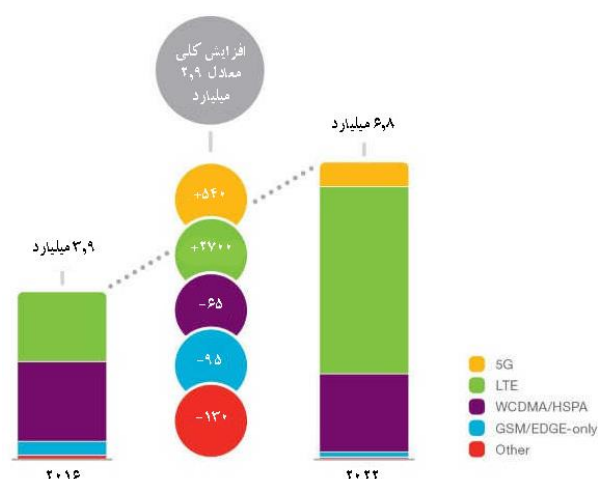
- شبکه‌ی نسل چهارم باید کاملاً مبتنی بر IP (نسخه‌ی IPv6) باشد.
 - پیکِ نرخ انتقال داده در شبکه، برای کاربر با سرعت حرکت بالا (در ماشین و قطارهای تندرو) باید حداقل *Mbps* ۱۰۰ و برای کاربر با سرعت حرکت پایین (پایاده روی و یا در منزل)، حداقل *Gbps* ۱ باشد.
- ^۱ LTE بعنوان برجسته‌ترین نماینده نسل چهارم شبکه‌های موبایل از محبوبیت بسیار زیادی برخوردار است. فناوری LTE در سال ۲۰۰۴ توسعه یافت که در سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۱۰ تجاری گردید این فناوری، که معمولاً با عنوان "4GLTE" بازاریابی می‌شود، استاندارد جهت انتقال داده‌های پرسرعت بی‌سیم برای تلفن همراه و ترمینال‌های داده است. این فناوری مبتنی بر فناوری‌های شبکه‌ای GSM /EDGE^۱ و UMTS /HSPA^۱ است که سرعت و ظرفیت انتقال را با استفاده از رابط رادیویی متفاوت و همچنین توسعه هسته‌ی شبکه، افزایش داده است. این استاندارد توسط پروژه مشارکت نسل سوم (3GPP) توسعه داده شده است. تفاوت نسل‌های مختلف فناوری تلفن سیار در جدول ۱ بیان شده است

جدول ۱: مقایسه نسل‌های مختلف فناوری‌های موبایل از نسل یک تا نسل چهار

نسل چهارم	نسل سوم	نسل دوم	نسل اول	آیتم
LTE				
۲۰۰۴	۱۹۹۰	۱۹۸۲	۱۹۷۰	تاریخ توسعه
۲۰۱۰-۲۰۱۱	۲۰۰۲	۱۹۹۱	۱۹۸۴	تاریخ تجاری سازی

ویژگی‌های فنی	صدا به صورت آنالوگ	صدا به صورت دیجیتال، پیام کوتاه	امکان برقرار شدن ارتباط ویدیویی، سرعت پخش زنده تا دو میلیون بیت در ثانیه	ظرفیت بسیار بالاتر، کاملاً مبتنی بر پروتوکل اینترنت، کاربرد چند رسانه‌ای (مولتی مدیا)، انتقال برای فواصل طولانی‌تر، اگر کاربر در حال حرکت باشد با سرعت ۱۰۰ میلیون بیت در ثانیه نیز می‌تواند به شبکه دسترسی یابد.
استاندارد بین‌المللی	¹ AMPS, ¹ TACS, ¹ NMT	GSM, ¹ TDMA, ¹ DAMPS, ² CDMA, ² PDC, ² iDEN	² WCDMA, CDMA2000, ² TD-SCDMA, ² DECT	3GPP
سرعت	1.9 هزار بیت در ثانیه	۹۶ تا ۱۷۲ هزار بیت در ثانیه	۳۸۲ هزار بیت در ثانیه تا ۲ میلیون بیت در ثانیه	۶ تا ۳۲ میلیون بیت در ثانیه که در نسخه‌های جدیدی چون LTE-Advanced به ۱ میلیارد بیت بر ثانیه هم می‌رسد.
کاربرد	صوت	صوت و دیتا	صوت، دیتا و تماس ویدیویی	صوت، دیتا، تماس ویدیویی، بازی بر خط، تلویزیون HD

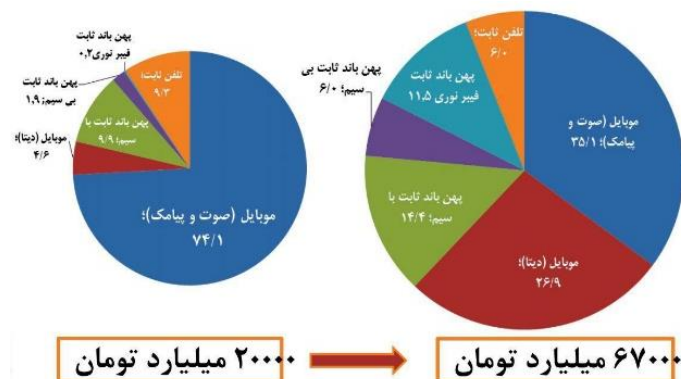
مطالعات متعددی حکایت از سهم بازار گسترده‌ی این فناوری تا ۵ سال آینده دارند به گونه‌ای که اگر اپراتورهای تلفن همراه نتوانند به درستی این فناوری را مدیریت کنند لاجرم سهم بازار عمده‌ای از مشترکین خود را از دست خواهند داد. گزارش ۲۰۱۶ شرکت اریکسون به خوبی این روند را نشان داده است (شکل ۳). طبق این گزارش در سال ۲۰۱۶، تعداد ۳،۹ میلیارد مشترک گوشی هوشمند وجود دارد که از این تعداد ۱۷۰۰ میلیون از نسل چهارم (LTE)، ۱۸۰۰ میلیون از نسل سوم (UMTS/HSPA)، ۳۰۰ میلیون منحصراً نسل دوم (GSM/EDGE) و ۱ میلیون دیگر از سایر شبکه‌های سلولی موبایل استفاده می‌کنند. پیش بینی می‌شود تا در سال ۲۰۲۲، ۲۷۰۰ میلیون نفر به تعداد مشترکین نسل چهارم LTE و ۵۴۰ میلیون نفر به مشترکین نسل پنجم (5G) اضافه شود. این در حالی است که ۶۵ میلیون از مشترکین نسل سوم، ۹۵ میلیون از مشترکین نسل دوم و ۱۳۰ میلیون از مشترکین سایر فناوری‌های موبایل کاسته خواهد شد.



شکل ۳: تعداد کاربران گوشی‌های هوشمند بر حسب نوع فناوری سلولی [12]

از زمانیکه فناوری LTE برای نخستین بار وارد ایران شد (سپتامبر ۲۰۱۴) اپراتورهای ایرانی سرمایه‌گذاری‌های وسیعی در اشاعه‌ی این فناوری نموده‌اند. افزایش پوشش این شبکه از ۴۷،۸۶٪ در نوامبر ۲۰۱۶ به ۵۸،۸۲٪ در ژوئن ۲۰۱۷ [5] نشان دهنده‌ی افزایش تعداد ایستگاه‌های پایه فرستنده/گیرنده (BTS های) نسل چهارم در

سراسر ایران می‌باشد. افزون بر این سهم تقاضای دیتای موبایل هم روز به روز در ایران زیادت‌ر می‌شود، به طوریکه از آن بعنوان یکی قوی‌ترین محرک‌های متوسط درآمد به هر کاربر یاد می‌شود.



شکل ۴: تحول سبد درآمدی اپراتورها در یک بازه پنج ساله ۲۰۱۵-۲۰۲۰
منبع: وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات

بنابر تحلیلی که توسط وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات ایران شده است، کل سبد درآمدی اپراتورهای ایران در سال ۲۰۱۵ برابر با ۲۰۰۰۰ هزار میلیارد تومان بوده که ۷۴،۱٪ این مقدار به صوت و پیامک و تنها ۴،۶٪ آن به دیتای موبایل مربوط می‌شده است. با توسعه‌ی زیر ساخت‌های موبایل و امکان دسترسی به اینترنت پرسرعت و همچنین انتشار گسترده‌ی فناوری‌های OTT^۲ مختلف نظیر تلگرام با ضریب نفوذ ۷۸٪ و اینستاگرام با ضریب نفوذ ۵۴٪ تا انتهای بهار ۲۰۱۷، پیش‌بینی می‌شود که از ۶۷۰۰۰ میلیارد تومان سبد درآمدی اپراتورهای ایرانی در سال ۲۰۲۰، تنها ۳۵،۱٪ آن به صوت و پیامک و بالغ بر ۲۶،۹٪ آن به دیتای موبایل مربوط خواهد شد. این نشان دهنده‌ی این واقعیت است که در سال ۲۰۲۰ سهم صوت و پیامک نصف می‌شود و سهم دیتا تقریباً شش برابر می‌گردد. شکل ۴ بخوبی تحول سبد درآمدی اپراتورهای داخلی را طی پنج‌سال نشان می‌دهد.

بهرحال برغم سرمایه‌گذاری‌های وسیع سه اپراتور اصلی ایران یعنی همراه اول، ایرانسل و رایتل در توسعه‌ی شبکه‌ی نسل چهارم LTE و همچنین نفوذ روزافزون پهن باند سیار در ایران (حدود ۴۲،۵٪ تا انتهای بهار ۲۰۱۷)، ضریب نفوذ LTE موبایل در ایران تا انتهای بهار ۲۰۱۷ معادل ۶٪ برآورد شده است. این نکته نشان دهنده‌ی آن است که حجم اصلی مشترکین پهن‌باند سیار در ایران کماکان از شبکه‌های نسل سوم UMTS/HSPA استفاده می‌کنند. بعبارتی حدود ۲۹ میلیون نفر از کل مشترکین پهن باند سیار (۳۴ میلیون نفر تا انتهای بهار ۲۰۱۷) در حال حاضر از شبکه‌های سلولی نسل سوم استفاده می‌کنند.

با توجه به ضریب نفوذ پهن‌باند سیار در ایران و سهم نسل سوم در آن (۸۵٪) روشن است که قفل شدن مشترکین پهن‌باند سیار روی این شبکه‌های نسل سوم UMTS/HSPA و استقبال ضعیف از نسل چهارم، روند سرمایه‌گذاری‌های آتی در شبکه‌های LTE را کند خواهد ساخت. این وضعیت می‌تواند پیامدهای نامطلوبی برای اپراتورها به‌همراه داشته باشد که عمده‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- **عدم توانایی در ارایه‌ی شمار زیادی از خدمات باکیفیت بالا:** به مدد فناوری LTE اپراتورها می‌توانند خدمات بسیار باکیفیت‌تر و متنوع‌تری ارایه دهند. برخی از عمده‌ترین مزیت‌های این فناوری شامل دیتای موبایل سریع‌تر، پهنای‌باند بیشتر، تأخیر بسیار کمتر، مدیریت بهتر ترافیک دیتا، ویدیو استریمینگ در سطح بالا، صدا بر بستر LTE (VoLTE)، ویدئو بر بستر LTE (ViLTE)، ورود در بازارهای عمودی (نظیر خدمات ایمنی عمومی^۱ و بهداشت، حمل‌ونقل و دفاع)، یکپارچه‌پذیری بیشتر با شبکه‌های نسل پنجم (هزینه‌ی موروژی کمتر)، کارایی بهتر شبکه، خدمات پخش سلولی و شمار زیادی از خدمات ارزش افزوده می‌باشند.

- **ناتوانی در رقابت با فناوری‌های OTT:** چون اپراتورها از طریق LTE می‌توانند خدماتی بمراتب با کیفیت تر از فناوری‌های OTT ارائه دهند مثل VoLTE در مقابل صدا بر بستر اینترنت (VOIP) که واتزآپ ارائه می‌شود و یا ViLTE در قیاس با ویدیو بر بستر اینترنت که در اسکایپ ارائه می‌شود.
 - **از دست دادن بسیاری از فرصت‌های درآمدی:** پیش‌بینی می‌شود که درآمد حاصله از LTE تا سال ۲۰۲۰ برابر با ۲۵۰ میلیارد دلار خواهد بود [6] که با توجه به اینکه ایران ۱۰۸٪ جمعیت جهان است، سهم ایران از این مقدار می‌تواند برابر با ۳۰۷۸۰ میلیارد باشد. بنابراین، اگر نسل چهارم در ایران مورد استقبال قرار نگیرد اپراتورهای ایرانی این سهم درآمدی را از دست می‌دهند.
 - **طولانی شدن دوره‌ی بازگشت سرمایه:** اگر مشترکین اپراتورها به کندی از فناوری‌های نسل سوم به نسل چهارم تمایل یابند مهاجرت کنند. این می‌تواند دوره بازگشت سرمایه‌ی شبکه‌ی نسل چهارم را طولانی‌تر کند و هزینه‌های زیادی را برای اپراتورها ایجاد کند.
 - **عدم یکپارچه‌پذیری با شبکه‌ی نسل پنجم و از دست دادن فرصت‌های اینترنت اشیاء:** روند اینترنت اشیاء در حال دگرگونی صنعت ICT است. پیش‌بینی شرکت رسانه‌ای فوربس آن است که سهم درآمدی اینترنت اشیاء تا سال ۲۰۲۲ برابر با ۱۴۰۴۰۰ تریلیون دلار خواهد رسید. از این مقدار، ۲۰۵ تریلیون دلار به بهبود بهره‌وری کارکنان، ۲۰۵ تریلیون دیگر به کاهش هزینه‌ها، ۲۰۷ تریلیون آن به بهبود لجستیک و زنجیره‌ی تأمین، ۳ تریلیون آن به کاهش زمان ورود به بازار و ۳۰۷ تریلیون دیگر آن نیز به بهبود تجربه‌ی مشتریان مربوط می‌شود [7]. فناوری نسل پنجم برای محقق‌سازی اینترنت اشیاء و بهره‌گیری از ظرفیت‌های آن بسیار حیاتی است. فناوری‌های نسل چهارم بخصوص فناوری LTE-Advanced Pro در قیاس با سایر فناوری‌ها امکان یکپارچه‌پذیری بسیاری با 5G دارد. به مدد این فناوری، اپراتورها بدون گیر افتادن در یک هزینه‌ی موروثی سنگین، امکان یکپارچه‌پذیری با نسل 5G را خواهند داشت. بنابراین، اگر اپراتورها صرفاً در 3G بمانند، برای مهاجرت به شبکه‌های نسل پنجم، هزینه‌های عظیمی بر آن‌ها تحمیل خواهد شد و افزون بر این فرصت‌های عظیمی را از دست می‌دهند.
- بنابراین آگاهی از اینکه چگونه می‌توان مشترکین نسل سوم را ترغیب نمود تا به فناوری‌های نسل چهارم سوییچ کنند برای مدیران اپراتورهای ایرانی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. هدف تحقیق حاضر ارائه چنین آگاهی است. در این تحقیق با مطالعه‌ی شمار زیادی از تئوری‌ها و مدل‌های انتشار فناوری، یک مجموعه‌ای از عوامل کلیدی که بر انتشار فناوری نسل چهارم شبکه‌های موبایل در جامعه‌ی ایرانی بیش‌ترین تأثیر را دارند شناسایی شده است. با اشراف به چنین عوامل کلیدی، برنامه‌ریزان اپراتورهای بومی قادر خواهند شد تا به نحوی اثربخش نسبت به انتشار فناوری نسل چهارم اقدام نمایند.
- مطالعات متعددی در خصوص عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری خدمات موبایل صورت پذیرفته است که آن‌ها را می‌توان از حیث متدولوژی به دو دسته مطالعات مبتنی بر روش‌های آماری [8-12] و مطالعات مبتنی بر روش‌های چند معیاره [13-17] (MCDM) ^۳ تقسیم نمود.
- مدل‌های آماری رگرسیونی دارای محدودیت‌های عمده‌ای می‌باشند. اولین محدودیت این است که این مدل بر اساس یکسری فرضیات ایجاد می‌شود که می‌توانند صحت جواب را مخدوش نمایند. به عنوان نمونه در مدل رگرسیون خطی روابط متغیرها خطی پنداشته می‌شود، متغیر مستقل مقادیر متنوعی می‌گیرد حال آنکه متغیر وابسته یک مقدار تصادفی است بعلاوه، چون مشاهدات متوالی متغیر مستقل به صورت ناهمبسته فرض می‌گردند، مسأله هم خطی بودن بین متغیرهای مستقل باید مدنظر قرار گیرد [18]. محدودیت دوم آن است که

احتمال رخداد خطای پیش‌بینی در این مدل‌ها وجود است. از این رو بدیل خطای احتمالی در اندازه‌گیری متغیرهای مستقل و وابسته، ممکن است بین متغیر وابسته واقعی و متغیر وابسته پیش‌بینی شده مقداری تفاوت وجود داشته باشد. سومین محدودیت این است که مقدار بتا در رگرسیون چندگانه از طریق آزمون و به صورت غیر مستقیم بدست می‌آید. و قتیکه مقدار منفی (ماینسی) از بتا حاصل می‌شود، قضاوت در خصوص مقدار حاصله بسیار سخت می‌شود، از اینرو مطالعات اندکی از مقدار بتا برای اندازه‌گیری اوزان عامل‌ها استفاده کرده اند[16].

روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به محققان این امکان را می‌دهد تا عوامل مختلف اثرگذار بر پذیرش خدمات موبایل را تحلیل و آنها را به ترتیب اهمیت رتبه‌بندی نمایند. ليو در مطالعه خود با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و بر اساس نظرات کارکنان عوامل مهم در بکارگیری تلفن همراه را مطالعه کرد. در این مطالعه، عوامل مهم و بکارگیری تلفن موبایل به چهار عامل کلی، ارزش اقتصادی، ارزش ارتباطی، ارزش دانشی و ارزش راحتی استفاده تقسیم شدند که در نهایت ارزش راحتی (راحت بودن استفاده) بعنوان مهمترین عامل در بکارگیری فناوری موبایل شناخته شد[13]. فان و دیام با بهره‌گیری از AHP و تحلیل خوشه‌بندی اقدام به رتبه‌بندی و خوشه‌بندی عوامل مؤثر بر پذیرش خدمات موبایل نمودند. در این مطالعه آن‌ها با استفاده از پرسش نامه نظرات کاربران موبایلی را دریافت کردند که از خدمات موبایل استفاده می‌کردند. مدل AHP این مطالعه دارای شش عامل کلی عادات، سودمندی، عوامل اجتماعی، فناوری و سادگی استفاده بود. سادگی استفاده شامل پنج زیرعامل کیفیت خدمت، سادگی، عوامل بصری، سرعت و نوآورانه بودن می‌شد و سودمندی نیز عواملی مانند هزینه، لذت بردن، پویایی (موبیلیتی)، محتوا و کارآمدی زمانی را در بر می‌گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که سادگی استفاده و سودمندی دو عامل کلیدی در پذیرش خدمات موبایل می‌باشند[14] بدون لحاظ نمودن جنبه‌های کسب و کاری، نیکو و میز بر اساس نظرات دانش آموزان توانستند عوامل مؤثر بر پذیرش خدمات موبایل را با بهره‌گیری از AHP رتبه‌بندی بنمایند. آن‌ها در این پژوهش ۲۰ خدمت موبایل را شناسایی و در پنج مقوله مختلف دسته‌بندی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که پنج خدمت "پیامک کوتاه"، "ایمیل موبایل"، "اینترنت-گردی توسط موبایل"، "خدمات جستجوی موبایل" و "نقشه گوگل موبایل" از مهمترین خدمات مد نظر کاربران می‌باشند که دو خدمت نخست در مقوله‌ی ارتباطات و سه خدمت آخر در مقوله اطلاعات قرار می‌گرفتند [15].

بهرحال، نپرداختن به ماهیت فازی ضعف عمده دو سه پژوهش فوق‌الذکر بشمار می‌رود.

بایکوزان با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) اقدام به اولویت‌بندی الزامات تجارت موبایل بر اساس نظرات کاربران و متخصصان این حوزه نمود. این مطالعه نشان داد که افزون بر شاخصه‌های نظر کاربران و متخصصان، می‌توان از شاخصه‌ی سازمانی را نیز در اولویت‌بندی الزامات تجارت موبایل نیز استفاده کرد. توجه به شاخص‌های اندک در اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر پذیرش خدمات موبایل کاستی اصلی این مطالعه محسوب می‌شد [17]. لین با ترکیب روش FAHP و رویکرد تحلیل گسترده یک مدل ارزیابی فازی را توسعه داد که از آن طریق عوامل مؤثر بر کیفیت بانکداری موبایل اولویت‌بندی گردیدند. در این مطالعه از نظرات دو گروه مختلف استفاده شد. یک گروه که حایز تجربه‌ی اندکی در بانکداری سیار بودند و گروه دیگری که از تجربه‌ی بالایی برخوردار بودند. نتایج مطالعه نشان داد که این دو گروه از لحاظ ارزیابی کیفیت بانکداری الکترونیک با یکدیگر تفاوت‌ها و تشابهاتی دارند. بهرحال، با توجه به اوزان نهایی در سطح معیارها، هر دو گروه معیار "خدمات مشتری" را بعنوان مهمترین عامل مؤثر بر اثربخشی بانکداری الکترونیک قلمداد کردند[19].

شیخ و همکاران با بهره‌گیری از FAHP اقدام به رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر پذیرش خدمات موبایل در کشور

تایوان نمودند. آنها در این مطالعه عوامل اثر گذار بر پذیرش موبایل را به سه دسته عوامل مربوط به خدمات موبایل، عوامل سخت‌افزاری مربوط به موبایل و عوامل روانشناختی کاربر تقسیم نمودند [16]. عدم توجه به عوامل مؤثر بر پذیرش در چارچوبی علی-معلولی و فقدان سازوکاری برای اندازه‌گیری شدت تأثیر این عوامل در یک چنین چارچوبی به منظور شناسایی عوامل کلیدی پذیرش عمده‌ترین ضعف این مطالعات بشمار می‌آید. برای حل مشکلات ذکر شده در مطالعات فوق‌الذکر، در این مطالعه عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری در دو گروه عمومی و خاص بررسی شده‌اند. گروه عمومی شامل عوامل عامل پذیرش فناوری می‌باشد که در ادبیات پذیرش فناوری به صورت متعارف بیان شده‌اند. گروه عوامل خاص نیز شامل یکسری عوامل نوعی مؤثر در پذیرش یک فناوری خاص است که در این مطالعه فناوری نسل چهارم شبکه‌های سلولی موبایل (LTE) مدنظر است. سپس مجموعه عوامل عمومی و اختصاصی در چارچوبی یک پارچه فهرست شدند و با بهره‌گیری از یک مدل دیمتل فازی، اقدام به شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر پذیرش فناوری شبکه موبایل می‌گردد. ماهیت فازی بودن مدل به این واقعیت برمی‌گردد که چون مقدار تأثیر هر عامل بر اساس قضاوت‌های زبانی است و این قضاوت‌های زبانی حایز سطحی از ابهام و نادقیقی می‌باشند. بنابراین، جهت ارزیابی بهتر این قضاوت‌های زبانی از منطق فازی استفاده شده است. طراحی مدلی یکپارچه برای ارزیابی عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری‌های نسل چهارم شبکه‌های موبایل، نمایش روابط علی-معلولی بین این عوامل و استخراج و تشخیص عوامل کلیدی مؤثر بر پذیرش این فناوری‌ها، عمده‌ترین مساعدتی است که در این تحقیق محقق شده است.

ادامه‌ی مقاله به این صورت سازماندهی شده است. بخش دوم به ادبیات تحقیق می‌پردازد. در این بخش تئوری-های عمومی پذیرش و مطالعاتی که در رابطه با عوامل خاص پذیرش فناوری‌های موبایل صورت پذیرفته‌اند، مورد مطالعه قرار می‌گیرند. متدولوژی تحقیق موضوعی است که در بخش سوم بررسی شده است. انتخاب نمونه، شیوه‌ی گردآوری داده، روش مدل‌سازی دیمتل و منطق فازی در این بخش تشریح شده‌اند. بخش چهارم به تحلیل عوامل، استخراج گروه‌های علی و معلولی و بحث عوامل کلیدی موفقیت در پذیرش فناوری نسل چهارم می‌پردازد. در انتها، مقاله یا نتیجه‌گیری و تشریح جهت‌گیری‌هایی برای پژوهش‌های آتی در فصل پنجم پایان می‌یابد.

۲. مروری بر ادبیات

در این تحقیق، مطالعات مرتبط با پذیرش فناوری به دو دسته تقسیم شده‌اند. دسته‌ی اول به تئوری‌های عمومی پذیرش فناوری مرتبط می‌باشند و برای هر فناوری می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. دسته‌ی دوم به عوامل خاصی مرتبط می‌شوند که در مطالعه‌ی هر فناوری لازم است مورد توجه قرار بگیرند.

۲.۱ تئوری‌های عمومی پذیرش فناوری

تئوری انتشار نوآوری (DIT) راجرز که در دهه‌ی ۶۰ میلادی مطرح شد تأثیر بسیار زیادی بر مطالعات پذیرش و انتشار نوآوری داشت. بنابراین تئوری چهار عامل وجود دارد که بر اشاعه و گسترش یک ایده جدید مؤثر می‌باشند. این چهار عامل شامل ۱: خود نوآوری، ۲: کانال‌های ارتباط، ۳: زمان و ۴: محیط اجتماعی می‌باشند [20]. تئوری انتشار نوآوری از اساسی‌ترین چارچوب‌های مطالعه‌ی انتشار نوآوری بحساب می‌آید. در اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰، فیشر و آژن تئوری اقدام مدلل (TRA) یا تئوری عمل منطقی را که در روانشناسی اجتماعی ریشه دارد را توسعه دادند. این تئوری دارای سه سازه‌ی عمومی بنام‌های ۱: نیت رفتاری، ۲: نگرش و ۳: هنجار ذهنی می‌باشد. بنا بر TRA، نیت رفتاری فرد به نگرش و هنجارهای ذهنی او وابسته است. بصورت ریاضیاتی

چنین می توان تفسیر کرد که نیت رفتاری فرد حاصل جمع یا برآیند نگرش و هنجارهای ذهنی او است. بعلاوه، اگر نیت یک فرد برای رفتاری خاصی به اندازه کافی قوی باشد، به احتمال بالا، آن نیت منجر به رفتار خواهد شد [21].

تئوری رفتار برنامه ریزی شده (TPB) در سال ۱۹۸۵ توسط آژن ارایه گردید. این تئوری در واقع شکل تکامل یافته TRA بود که در سال ۱۹۷۵ توسط فیشبن و آژن مطرح شده بود. TPB با افزودن سازه‌ی کنترل رفتاری درک شده به دو سازه‌ی TRA به وجود آمده است. کنترل رفتاری^۶ درک شده به درک افراد از سهولت یا سختی اجرای رفتار مورد علاقه اشان اشاره دارد. این مفهوم با مفهوم حوزه‌ی درک شده‌ی کنترل که توسط راتر در سال ۱۹۶۶ مطرح شد فرق دارد برخلاف حوزه درک شده‌ی کنترل که در شرایط مختلف تقریباً ثابت در نظر گرفته می شود، کنترل رفتاری درک شده ثابت نیست و متناسب با وضعیت هایی که فرد با آنها روبرو می شود تغییر می کند. یکی از نقدهای اساسی TRA این است که این تئوری بر اساس سازه‌ی تقریباً ایستای نگرش تعریف شده است و نمی تواند برای پیش بینی پیامدهای رفتاری بکار گرفته شود. TPB که با افزودن سازه‌ی کنترل رفتاری درک شده به دو سازه‌ی TRA مطرح شد دقیقاً در پاسخ به همین نقد شکل گرفت. این تئوری در تئوری خودکارآمدی (SET) بندورا ریشه دارد که SET خود از تئوری شناختی اجتماعی (SCT) ناشی شده است. بندورا خودکارآمدی را بعنوان قضاوت‌های فرد درباره‌ی اینکه او چقدر خوب اقدامات لازم را برای مدیریت موقعیت های آتی انجام می دهد تعریف می کند بنابراین تئوری، خودکارآمدی مهمترین عامل تعیین کننده تغییر رفتاری است زیرا منجر به توسعه‌ی رفتار مدیریتی می شود [22].

مدل پذیرش نوآوری (TAM) به دلیل ساختار ساده‌ای که دارد در مطالعات پذیرش فناوری مورد استفاده فراوانی قرار گرفته است. TAM اولین بار توسط داوینس در سال ۱۹۸۹ جهت پژوهش در زمینه روانشناسی اجتماعی مطرح شد. این مدل تئوریک همچنان بطور گسترده‌ای توسط محققان مورد استفاده قرار می گیرد. TRA و TPB دو تئوری پایه‌ای روانشناسی اجتماعی هستند که منجر به خلق TAM شدند. TAM بعنوان یک مدل فشرده، پیشگویانه و قدرتمند برای توضیح و پیشگویی رفتار در زمینه تصمیم گیری و پذیرش استفاده از یک فناوری خاص خلق شده است. این مدل ادعا می کند که تصمیم یک فرد برای استفاده از فناوری به دو باور رفتاری بخصوص شامل سودمندی ادراک شده و آسانی استفاده ادراک شده بستگی دارد. سودمندی^۷ ادراک شده عبارتست از انتظار ذهنی استفاده کننده یک فناوری از این که استفاده از آن فناوری خاص، عملکرد وی را بهبود بخشد. آسانی استفاده ادراک شده عبارتست از میزان انتظار فرد از این که استفاده از آن فناوری، بی زحمت و آسان باشد. گذشته از این، مدل فوق ادعا می کند که سودمندی ادراک شده یک فناوری، تحت تاثیر آسانی استفاده ادراک شده آن قرار دارد، چرا که هرچقدر استفاده از یک فناوری برای یک فرد آسانتر باشد، آن فناوری برای فرد سودمندتر بنظر خواهد رسید [23].

در سال ۱۹۹۱، تامپسون و همکاران در مطالعه‌ی که در خصوص کاربرد کامپیوترهای شخصی توسط پرسنل سازمانی پرداختند، مدل بکارگیری رایانه شخصی را توضیح دادند. اطلاعات این مطالعه از ۲۱۲ دانشگر که در نه بخش از یک شرکت چند ملیتی فعالیت می کردند گردآوری شد. اگر چه این مدل در زمینه‌ی فناوریهای ICT استفاده شده است ولی به دلیل کاربرد زیادی که داشته است می توان آن را جزو ادبیات عمومی پذیرش فناوری بحساب آورد. این مدل نشان داد که تمایل فرد به استفاده از PC متأثر از عوامل متعددی نظیر احساسات (عواطف) فرد نسبت به استفاده از PC، عوامل اجتماعی رایج در خصوص استفاده از PC در محیط کار، پیامدهای بلند مدت مورد انتظار فرد از استفاده‌ی PC در محیط کار، وجود شرایط تسهیل گر در محیط کار می باشد، پیچیدگی و

تتناسب شغلی می باشد [24]. در سال ۱۹۹۲، دوایس و همکاران با استفاده از تئوری انگیزشی اقدام به مطالعه‌ی بکارگیری و پذیرش فناوری اطلاعات نمود. فرض مدل انگیزش (MM) آن است که رفتار کاربر یا استفاده کننده توسط انگیزه‌های خارجی و داخلی ایجاد می شود. انگیزش خارجی بعنوان درک که کاربران می خواهند یک فعالیت را انجام دهند تعریف می شوند از مصادیق این درک می توان به سودمندی درک شده مانند پاداش و ارتقای کاری، سادگی استفاده درک شده و هنجارهای اجتماعی نام برد و از سوی دیگر اگر اجرای یک فعالیت منجر به احساس لذت گردد و رضایت فرد را بدنبال داشته باشد چنین رفتاری را می توان بعنوان انگیزش داخلی قلمداد نمود. از مصادیق انگیزش داخلی می توان به میزان لذتی که یک فرد از بازی با کامپیوتر می برد اشاره کرد [25].

در مطالعه ای که در سال ۲۰۰۰، توسط ونکاتش و داوایس صورت گرفت آنها از طریق استخراج عوامل^۷ تعیین کننده سودمندی ادراک شده منجر به بسط TAM گردیدند (TAM2). این عوامل شامل فرایندهای تأثیر اجتماعی یعنی هنجارهای ذهنی، تصویر یا جلوه، فرایندهای^۸ بزاری شناختی نظیر ارتباط شغلی، کیفیت خروجی و نمایش پذیری نتیجه بودند [26].

تئوری یکپارچه پذیرش و بکارگیری فناوری (UTAUT) توسط ونکاتش و همکارانش در سال ۲۰۰۳ مطرح شد. این مدل که در واقع یک بررسی جامع و برآیندی کلی از سازه های هشت مدل پیشین یعنی تئوری انتشار نوآوری (DIT)، تئوری اقدام مدلل (TRA)، تئوری رفتار برنامه ریزی شده (TPB)، مدل پذیرش فناوری (TAM)، مدل بکارگیری PC (MPCU)، مدل انگیزشی (MM) و TAM2 بسط یافته است. بنابراین از این مدل می توان بعنوان مدلی جامع در شرایط مختلف استفاده کرد. این مدل دارای چهار سازه‌ی کلیدی انتظار عملکرد، انتظار کوشش، تأثیر اجتماعی و شرایط تسهیل کننده قرار گرفته است، افزون بر این^۹ چهار متغیر تعدیلگر سن، جنسیت، تجربه و استفاده داوطلبانه نیز وجود دارد که هر کدام برخی از سازه‌های اصلی مدل را تحت تأثیر قرار می دهد. این چهار بعد نقشی اساسی و محوری در تعیین رفتار پذیرش و استفاده از تکنولوژی ایفا می کند. در مقابل مدل های پیشین که تنها ۳۰٪ تغییر در رفتار پذیرنده فناوری را تبیین می کردند، UTAUT می تواند بالغ بر ۷۰٪ این تغییر را تبیین نماید [27].

۲.۲. مطالعات خاص پذیرش فناوری موبایل

بوید و ماسون در مطالعه‌ی نشان دادند که عواملی چون وجهه‌ی شرکت و اعتبار شرکت در پذیرش نوآوری- های آن اثرگذارند [28]. کیونی و پارسانی در تحقیقی که در خصوص گرایش افراد^{۱۰} به خدمات برخط انجام دادند به بررسی تأثیر عوامل ذهنی، رفتاری و دموگرافیک پرداختند و نشان دادند که عواملی چون تبلیغات، رسانه و مطبوعات بر پذیرش چنین خدماتی حایز اهمیت فراوان می باشند [29]. سارکز و ولز در مطالعه‌ی که در خصوص پذیرش و بکارگیری دستگاه‌های موبایل صورت دادند نقش عواملی چون تأثیر گروه‌های همکار، پیشنهادات دوستان و آشنایان، تعداد کاربران و سودمندی (درک شده) در در پذیرش این فناوری مطالعه کردند [30].

تئو و پوک نیز در تحقیقی که در زمینه‌ی پذیرش گوشی‌های موبایل^{۱۱} صورت دادند، نقش سه عامل تأثیر گروه- های همکار، پیشنهادات دوستان و آشنایان و تعداد کاربران را بررسی کردند [31]. پاکنی در مطالعه‌ای که در خصوص عوامل تعیین کننده‌ی پذیرش نسل سوم شبکه‌های همراه پرداخت نشان داد که عواملی چون قیمت گوشی، هزینه انتقال داده در شبکه، پوشش شبکه، کیفیت سیگنال، سرعت انتقال، سودمندی درک شده، راحتی درک شده و انطباق پذیری دستگاه با شبکه از جمله عوامل مؤثر در پذیرش شبکه نسل سوم می باشند. یانگ در

مطالعه‌ای که در خصوص شناسایی عوامل مؤثر بر پذیرش تجارت موبایل در سنگاپور انجام داد نقش عواملی چون سودمندی و راحتی (درک شده) را بررسی کرد[32]. محیط اجتماعی شامل عوامل اجتماعی، شرایط تسهیل‌گر و تأثیر اجتماعی است. پیشنهادات دوستان و آشنایان شامل تأثیر گروه‌های همکار است. ارتباط با شغل شامل تناسب شغلی می‌شود. کیفیت (خروجی) سیگنال شامل کیفیت خروجی می‌شود. نگرش شامل عاطفه نسبت به فناوری، نیت رفتاری برای استفاده و هنجارهای ذهنی است.

جدول ۲: خلاصه‌ی ادبیات عوامل مؤثر بر انتشار فناوری

عوامل خاص مؤثر بر پذیرش تکنولوژی خدمات موبایل	راجز (۱۹۵۰)	فیلین و ژن (۱۹۷۷)	آرن (۱۹۸۵)	دورس (۱۹۸۸)	تاسیون (۱۹۹۱)	دورس و همکاران (۱۹۹۲)	یام و داس (۱۹۹۳)	وگانش و داس (۲۰۰۰)	وگانش و همکاران (۲۰۰۳)	گروه و ژانسن (۲۰۰۱)	سارکر و وکر (۲۰۰۳)	تورو ویک (۲۰۰۳)	پاکسی (۲۰۰۹)	یانگ (۲۰۰۹)	لیو و همکاران (۲۰۰۵)	لیو و همکاران (۲۰۰۶)	شیرز و همکاران (۲۰۰۶)	ایچرو و همکاران (۲۰۰۶)	وگانش و همکاران (۲۰۰۶)	شیرز و همکاران (۲۰۰۶)	هیل و تروشانی (۲۰۰۷)	آسین (۲۰۰۸)	چونگ و همکاران (۲۰۱۱)	شیرز و همکاران (۲۰۱۵)
X1																								
X2																								
X3																								
X4																								
X5																								
X6																								
X7																								
X8																								
X9																								
X10																								
X11																								
X12																								
X13																								
X14																								
X15																								
X16																								
X17																								
X18																								
X19																								
X20																								
X21																								
X22																								
X23																								
X24																								
X25																								
X26																								
X27																								
X28																								
X29																								

یانگ در مطالعه‌ی که در خصوص شناسایی عوامل مؤثر بر پذیرش تجارت موبایل در سنگاپور انجام داد، نشان داد که عواملی چون سودمندی و راحتی (آسانی) درک شده دارای تأثیری مستقیم در این زمینه می‌باشند[33]. در مطالعه‌ی که در خصوص پذیرش خدمات اینترنت بیسیم از طریق موبایل صورت پذیرفت، نشان داده شد که عواملی مانند تأثیر گروه‌های همکار، پیشنهادات دوستان و آشنایان، تعداد کاربران و سودمندی ادراک شده بر پذیرش خدمات اینترنت بیسیم از طریق موبایل تأثیر دارند[11]. نقش عواملی چون تبلیغات (رسانه و مطبوعات)، امنیت و حریم خصوصی، انطباق پذیری دستگاه گوشی، وجهه (تصویر) و اعتبار شرکت (ارایه دهنده خدمات) بر پذیرش فناوری موبایل از سوی لیو و همکاران مورد مطالعه قرار گرفت[34]. در مطالعه‌ی درخصوص اینکه چگونه محیط بر رضایت کاربران از خدمات محاسبات سیار تأثیر می‌گذارد، شیپرز و همکاران نقش عواملی نظیر تأثیر گروه‌های همکار و پیشنهادات دوستان و آشنایان را مطالعه نمودند[35]. تعداد کاربران و سودمندی ادراک شده از جمله عوامل مهمی بودند که در پژوهشی بلیچر و همکاران مطالعه شدند[36]. تصویر و اعتبار شرکت از جمله عواملی بودند که در مطالعه‌ی رانگاناثان و همکاران مطمح نظر قرار گرفتند[37]. سودمندی ادراک شده و راحتی از جمله عواملی بودند که توسط شیرز و همکاران مورد مطالعه قرار گرفتند[38].

هیل و تروشانی هم در مطالعه‌ای که در زمینه‌ی عوامل مؤثر بر پذیرش خدمات موبایل انجام دادند، نقش عامل سودمندی ادراک شده را مورد تحلیل قرار دادند[39]. لین در بررسی تجربی که از عوامل مؤثر بر پذیرش بانکداری موبایل انجام داد، عوامل مختلفی از جمله سودمندی ادراک شده، آسانی و انطباق پذیری دستگاه گوشی را بر پذیرش خدمات موبایل مورد بررسی قرار دادند[40]. چونگ و همکاران به بررسی تأثیر عواملی مانند

تأثیر گروه‌های همکار، پیشنهادات دوستان و آشنایان، تعداد کاربران، سرعت انتقال، سودمندی و آسانی بر پذیرش یادگیری موبایل در کشور مالزی پرداختند [41]. شوچ‌سونگ و همکاران به مطالعه‌ی پذیرش فناوری نسل چهارم از منظر دو رویکرد تناسب فناوری و هزینه‌ی مراوده اقتصادی پرداختند. رویکرد تناسب فناوری دقیقاً بر اساس TAM است و تئوری هزینه‌ی مراوده‌ی اقتصادی از دو سازه‌ی اعتماد و عدم اطمینان تشکیل شده است. این مطالعه نشان داد که بجز سازه‌های تشکیل دهنده‌ی TAM، هزینه‌ی مراوده‌ی اقتصادی نیز عامل بسیار مهمی در پذیرش شبکه نسل چهارم بحساب می‌آید. به طوریکه با افزایش اعتماد منجر به افزایش تمایل کاربر به استفاده از شبکه نسل چهارم می‌شود (همبستگی مثبت) ولی افزایش عدم اطمینان تأثیر بسیار زیادی بر کاهش تمایل کاربر به استفاده از شبکه نسل چهارم دارد (همبستگی منفی) [12]. خلاصه‌ی مرور ادبیات در جدول ۲ ارائه شده است.

۲.۳. عوامل کلیدی موفقیت

هر سیستم از عوامل متعددی تشکیل شده است و مدیریت و بهبود سیستم در گرو شناخت صحیح این عوامل است. از آنجایی که تعداد عوامل مؤثر بر یک سیستم می‌تواند زیاد باشد بنابراین شناخت عوامل کلیدی مؤثر یا عوامل اساسی موفقیت (CSFs) بسیار حایز اهمیت می‌باشد. مفهوم CSFs نخست توسط جان اف راکارت (۱۹۷۹) از مدرسه مدیریت اسلوان دانشگاه MIT پیشنهاد شد. راکارت CSFs را بعنوان حوزه‌های کلیدی از فعالیت یک سازمان توصیف می‌کند که وضعیت مطلوب در آنها برای تحقق اهداف آن سازمان فوق العاده ضروری می‌باشد. CSFs شامل شرایط، ویژگی‌ها و یا متغیرهای می‌باشند که برای موفقیت هر سازمان و نهادی باید درست پیش بروند [42]. ثروف بر آن است که اگر وضعیت CSFs مناسب نباشد، سازمان‌ها در جهت تحقق اهداف خود ناکام خواهند ماند. و هنگامی که CSFs در وضعیت مناسبی باشند، سازمان توسعه خواهد یافت و اهداف خود را محقق خواهد نمود [43]. از روش‌های پرکاربرد در شناسایی CSFs می‌توان به روش مورد پژوهی، مصاحبه با خبرگان و تصمیم گیرندگان [44] و روش دلفی [45] اشاره کرد. ولی از آنجایی این روش‌ها به سادگی تحت تأثیر ذهنیت افراد قرار می‌گیرند بنابراین بهتر است تا از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای شناسایی CSFs استفاده شود. در این مقاله، از روش لابراتور ارزشیابی و آزمون تصمیم‌گیری (DEMATEL) استفاده کرد. این روش که توسط گاباس و فون تلا در اوایل ۱۹۷۰ [46, 47] مطرح شد به تحلیلگران امکان می‌دهد تا دانش گروهی از متخصصان را گردآوری نموده و به مدلی ساختارمند تبدیل کنند و سپس روابط علی-معلولی بین عوامل را از طریق دیاگرام علی-معلولی نشان دهند. خروجی‌های DEMATEL اطلاعاتی را درخصوص تأثیری که هریک از عوامل بر کل سیستم دارد را مشخص می‌کنند. از طریق تحلیل مدل ساختاری، می‌توان فهمید که چه عواملی برای سیستم اساسی ترند و چه عواملی برای سیستم اساسی تر نیستند. در نتیجه عوامل اثرگذار (علی) که دارای بالاترین تأثیر بر سیستم می‌باشند بعنوان عوامل کلیدی موفقیت در نظر گرفته می‌شوند [44].

۳. مواد و متدولوژی

۳.۱. انتخاب نمونه

متخصصان حوزه مخابرات جامعه‌ی آماری این مطالعه را تشکیل می‌دادند که از طریق مصاحبه با آنها عوامل اثر گذار بر پذیرش فناوری شناسایی شدند (اجزای مدل ذهنی). این نمونه از طریق روش نمونه‌گیری هدفمند غیر تصادفی [48] انجام شده است. تکنیک‌های نمونه‌گیری هدفمند نوعی از نمونه‌گیری است که در آن، موقعیت‌های

خاص، افراد، یا رویدادهایی عمدآ به خاطر اطلاعات مهمی که می‌توانند ارایه دهند انتخاب می‌شوند به طوریکه این اطلاعات را نمی‌توان از گزینه‌های دیگر بدست آورد [49]. متخصصان حوزه‌ی فناوری‌های مخابراتی به عنوان افرادی که از اطلاعات مفیدی در خصوص عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری‌های موبایل برخوردارند بعنوان نمونه انتخاب شده‌اند. این متخصصان از عمده‌ترین سازمان‌های مخابراتی ایران گزینش شدند که این سازمان‌ها عبارتند از شرکت ارتباطات زیرساخت ، سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی ، سازمان فناوری اطلاعاتی ایران ، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات ، شرکت ارتباطات سیار (همراه اول)، ایرانسل (اپراتور دوم)، رایتل (اپراتور سوم). لازم به ذکر است که با توجه به ماهیت موضوع مورد مطالعه، مصاحبه فقط با دسته افرادی صورت گرفت که هنوز از فناوری نسل چهارم استفاده نکرده بودند. ویژگی آماری پاسخ-دهندگان نمونه اول به صورت جدول ۳ می باشد.

جدول ۳: اطلاعات دموگرافی پاسخ دهندگان (نمونه =X)

اطلاعات دموگرافی		فراوانی	درصد
جنس	مرد	۳۵	۰،۷
	زن	۱۵	۰،۳
گروه سنی	۳۰-۲۰	۹	۰،۱۸
	۴۰-۳۱	۱۹	۰،۳۸
	۵۰-۴۱	۱۷	۰،۳۴
	بالتر از ۵۰	۵	۰،۱
سطح تحصیلات	فوق دیپلم	۹	۰،۱۸
	لیسانس	۱۶	۰،۳۲
	کارشناس ارشد	۲۱	۰،۴۲
	دکتری	۴	۰،۰۸
رده سازمانی	کارشناس	۱۳	۰،۲۵
	کارشناس ارشد	۲۲	۰،۴۴
	معاونت (معاون مدیر کل)	۹	۰،۱۸
	مدیریت (مدیر کل)	۶	۰،۱۲
سازمان	شرکت ارتباطات زیر ساخت	۵	۰،۱
	سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی	۹	۰،۱۸
	سازمان فناوری اطلاعات ایران	۵	۰،۱
	پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات ایران	۶	۰،۱۲
	شرکت ارتباطات سیار ایران (IR-MCI)	۹	۰،۱۸
	ایرانسل	۹	۰،۱۸
	رایتل	۷	۰،۱۴

۳,۲. روش گردآوری داده

چون استخراج اهمیت هر یک از عوامل نیازمند گفتگوی مستقیم با متخصصین بود. در این پژوهش از روش مصاحبه برای گردآوری داده استفاده شده است. ۲۹ عامل در این تحقیق بررسی شدند. بر این اساس، ۸۴۱ سوال در قالب ۶ پرسشنامه جداگانه تدوین گردید. ۵ پرسشنامه‌ی ۱۴۵ سؤالی و یک پرسشنامه‌ی ۱۱۶ سؤالی که طی شش جلسه با هر یک از متخصصین مورد بحث و بررسی قرار گرفتند.

۳,۳. متدولوژی مدل سازی

DEMATEL یک ابزار بسیار کارآمد برای گردآوری نظر خبرگان سیستم، تحلیل روابط متقابل بین اجزای تشکیل دهنده‌ی سیستم و نمایش آنها در ساختاری علی-معلولی است. ین روش که توسط گاباس و فون تلا در اوایل ۱۹۷۰ [46, 47] مطرح شد به تحلیلگران امکان می‌دهد تا دانش گروهی از متخصصان را گردآوری نموده و به مدلی ساختارمند تبدیل کنند و سپس روابط علی-معلولی بین عوامل را از طریق دیاگرام علی-معلولی نشان دهند.

چون ارزیابی سیستم‌های پیچیده توسط خبرگان همواره دارای مقداری ابهام و عدم اطمینان می‌باشد به طوریکه پاسخ‌دهندگان همراه بجای استفاده از معیارهای عددی قطعی علاقمند به استفاده از قضاوت‌های زبانی می‌باشند [50-52]. برای رفع این مشکل، از منطق فازی استفاده شده است [53]. در این مقاله، با ترکیب منطق فازی و روش دیمتل، چارچوبی نظام‌مند برای شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر پذیرش فناوری نسل چهارم در جامعه ایرانی ارایه شده است که تا جاییکه نویسندگان می‌دانند، این اولین مطالعه‌ی است که در این خصوص صورت گرفته است.

۳,۳,۱ روش دیمتل

دیمتل یک روش جهت تحلیل سیستم‌های پیچیده است. این روش که بر پایه‌ی تئوری گراف تشکیل شده است محققان را قادر می‌سازد تا وابستگی‌های متقابل بین اجزای تشکیل دهنده‌ی سیستم را شناسایی، شدت آنها را تحلیل و آنها را در قالبی علی-معلولی نمایش دهند. در این روش، عوامل تشکیل دهنده‌ی سیستم به دوگروه علی و معلولی تقسیم می‌شوند بنابراین محققان می‌توانند با وضوح بیشتری روابط ساختاری بین اجزای تشکیل دهنده‌ی سیستم را درک کنند [44, 54, 55]. یکی از ویژگی‌های دیمتل قابلیت این روش در بصری سازی روابط متقابل عوامل تشکیل دهنده‌ی سیستم در قالبی علی-معلولی است. امروزه از این روش در تنوع وسیعی از حوزه‌ها استفاده شده است.

در مطالعه‌ی ای که توسط وو و لی در سال ۲۰۰۷ صورت گرفت آن‌ها از دیمتل برای شناسایی و دسته‌بندی مزیت‌های رقابتی به گروه‌های مختلفی استفاده کردند به گونه‌ای که هر کدام از آن‌ها را می‌شد منحصرأ توسعه و بهبود داد. آن‌ها با بهره‌گیری از مفهوم هوشمندی‌های چندگانه^۵، تمامی شایستگی‌های محوری را در هشت IQ متفاوت بنام‌های IQ شناختی، IQ هیجانی، IQ سیاسی، IQ فرهنگی/ اجتماعی، IQ سازمانی، IQ شبکه‌ای، IQ نوآورانه و IQ شهودی تقسیم کردند. این مطالعه نشان داد که IQ شناختی، IQ هیجانی، IQ نوآورانه و IQ شهودی چهار عامل کلیدی می‌باشند که برای توسعه قابلیت‌های جهانی مدیران بسیار لازم می‌باشند. آن‌ها در مطالعه‌ی خود برای رفع ابهام موجود در قضاوت‌های کارشناسان، اقدام به تکمیل دیمتل از طریق منطق فازی نمودند [56].

و در سال ۲۰۰۸، با بررسی عوامل تشکیل دهنده‌ی یک سیستم توانست با ترکیب دیمتل و فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) ^۱ استراتژی‌های اثربخش پیاده‌سازی مدیریت دانش را ارزیابی کند. در این مطالعه سه خوشه کلی بنام- های خوشه مقاصد، خوشه معیارها و خوشه اسراتژی‌ها بررسی شد. خوشه مقاصد شامل فعال‌سازی اطلاعات، بهبود عملکرد و ارتقای نوآوری بود. خوشه معیارها مواردی مانند مشوقات، حمایت مدیریت عالی سازمان، زمان، هزینه، فرهنگ و افراد و ارتباطات را شامل می‌شد. خوشه استراتژی‌ها نیز شامل استراتژی‌های کدگذاری، استراتژی‌های فردی‌سازی و استراتژی‌های ترکیبی بود. نتایج این مطالعه، فعال‌سازی اطلاعات را به عنوان مهم- ترین مقصود و استراتژی فردی‌سازی را بعنوان اثربخش‌ترین استراتژی مشخص کرد. [57]. زو و همکاران نیز در پژوهشی، از روش دیمتل فازی بمنظور شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر مدیریت اورژانس استفاده نمودند. در این مطالعه ۲۰ عامل اثرگذار بر مدیریت اورژانس مطالعه گردید. با بهره‌گیری از روش دیمتل این بیست عامل به دو گروه علی و معلولی تقسیم شد و با توجه به میزان تأثیر خالص هر یک از عوامل، پنج عامل کلیدی از بین آن‌ها استخراج شد [44].

^۲ شیخ و همکاران در پژوهشی به مطالعه‌ی عوامل کلیدی کیفیت خدمات بیمارستان پرداختند. در این مطالعه ابتدا با بهره‌گیری از مدل SERVQUAL هفت عامل عمده‌ی کیفیت خدمات بیمارستان استخراج گردید. این عوامل شامل "تجهیزات پزشکی مدرن"، "توانایی ارتباطی پرسنل خدمات"، "کادر پزشکی معتمد و متخصص"، "پرسنل خدماتی با مهارت حل مسأله"، "تشریح دقیق وضعیت بیمار از سوی پزشک"، "کادر پزشکی با مهارت- های حرفه‌ای" و "توصیه‌های داروساز در مورد مصرف دارو" می‌شدند. در انتها، با استفاده از روش دیمتل چهار عامل اول بعنوان عوامل کلیدی اثرگذار بر خدمات بیمارستان شناسایی شدند [58].

^۳ میرموسی و دهقان دهنوی در مطالعه‌ای با بهره‌گیری از روش دلفی فازی و دیمتل فازی اقدام به شناسایی و استخراج عوامل کلیدی اثرگذار بر انتخاب تأمین‌کنندگان پرداختند. در ابتدا با مطالعه‌ی شمار زیادی از پژوهش‌ها، تعدد ۴۴ معیار اثرگذار در انتخاب تأمین‌کنندگان استخراج گردید. در گام بعدی، با روش دیمتل فازی تعداد ۱۴ عامل از بین آن‌ها استخراج شد. در گام نهایی از روش دیمتل فازی بمنظور شناسایی مهم‌ترین عامل استفاده گردید. نتیجه‌ی این مطالعه نشان داد که معیار ثبات مالی مهم‌ترین عامل اثرگذار در انتخاب تأمین‌کننده می- باشد [18].

بنابر تعریف گاباس و فونتلا (۱۶-۱۷) طراحی دیمتل شامل پنج گام به شرح ذیل می‌باشد:

^۲ گام اول: ایجاد ماتریس رابطه-مستقیم اولیه $A = [a_{ij}]$: برای این منظور، کمیته‌ای از متخصصان امر تشکیل دهید و قضاوت‌های آن‌ها در خصوص تأثیر مستقیم میان هر جفت از عامل‌ها را جویا شوید. این قضاوت‌ها را می‌توان از طریق پرسش‌نامه یا مصاحبه عمیق بدست آورد. آن‌ها می‌توانند به فرم اعداد دقیق یا قضاوت‌های (ترم‌های) زبانی باشند. چون ارزشیابی متضمن مقداری ابهام و عدم اطمینان است، لذا برای رفع چنین مسأله‌ای، بکارگیری قضاوت‌های زبانی مناسب‌تر است. بعد از کسب قضاوت‌های زبانی، آن‌ها باید به مقادیر قطعی تبدیل شوند. $A = [a_{ij}]$ یک ماتریس غیر منفی $N \times N$ می‌باشد که a_{ij} نشان دهنده‌ی تأثیر عامل i بر عامل j می‌باشد و زمانیکه $i = j$ است عناصر قطر اصلی $a_{ij} = 0$ است.

گام دوم: بی‌مقیاس‌سازی ماتریس رابطه-مستقیم اولیه از طریق رابطه (۱). تمام عناصر موجود در ماتریس D در بازه‌ی $0 \leq d_{ij} \leq 1$ صدق می‌کنند و عناصر قطر اصلی برابر با صفر می‌باشند.

$$D = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}} A \quad (۱)$$

گام سوم: بدست آوردن ماتریس رابطه کلی T از طریق معادله (۲) به طریقی که I یک ماتریس همانی است. عنصر T_{ij} نشان دهنده‌ی یک رابطه غیر مستقیمی است که عامل i بر j دارد. از اینرو ماتریس T نشان‌دهنده‌ی روابط کلی بین هر جفت از عوامل سیستم است.

$$T = D(I - D)^{-1} \quad (۲)$$

گام چهارم: محاسبه تأثیر گذاری و تأثیر پذیری هر یک از عوامل از طریق رابطه (۳) و (۴). تأثیر گذاری و تأثیر پذیری هر یک از عوامل و تشخیص گروه عامل‌های علی و گروه عامل‌های معلولی از طریق زیر مشخص می‌شود:

$$r_i = \sum_{1 \leq j \leq n} t_{ij} \quad (۳)$$

$$c_j = \sum_{1 \leq i \leq n} t_{ij} \quad (۴)$$

مجموع سطر i که بعنوان r_i نشان داده می‌شود نشان‌دهنده‌ی تمام اثرات مستقیم و غیرمستقیمی است که عامل i بر کل عامل‌های دیگر می‌گذارد و از اینرو، r_i را می‌توان شدت تأثیر گذاری نامید. به طور مشابه سطر j که بعنوان c_j نشان داده می‌شود را می‌توان شدت تأثیر پذیری نامید، زیرا c_j مجموع تمام اثرات مستقیم و غیر مستقیمی است که عامل j از سایر عامل‌ها دریافت می‌کند.

بنابراین طبیعی است که وقتی که $i=j$ باشد r_i+c_i نشانگر تمامی اثراتی است که توسط عامل i دریافت و گذاشته شده‌اند. بعبارتی یعنی r_i+c_i هم نشانگر اثری است که فاکتور i برکل سیستم گذاشته و هم تأثیری است که سایر فاکتورهای سیستم بر فاکتور i گذاشته‌اند. بنابراین، شاخص r_i+c_i می‌تواند درجه اهمیتی که فاکتور i در کل سیستم بازی می‌کند را نشان دهد. در مقابل، تفاضل این دو r_i-c_i نشان دهنده‌ی میزات اثر خالصی است که فاکتور i بر کل سیستم دارد. به طور خاص، اگر مقدار r_i-c_i مثبت باشد، عامل i یک علت خالص می‌باشد و به گروه علت‌ها تعلق می‌یابد ولی اگر مقدار r_i-c_i منفی باشد، عامل i یک معلول خالص می‌باشد و گروه معلول‌ها قرار می‌گیرد.

۳,۳,۲ منطق فازی

مدیران سازمان‌ها از تصمیم‌گیری گروهی بعنوان ابزاری برای اتخاذ تصمیمات رضایت بخش استفاده می‌کنند. تصمیم‌گیری گروهی برآیندی از عقاید تمامی کارشناسان شرکت‌کننده می‌باشد. هنگامی که مسایل سازمان گسترده‌تر و پیچیده‌تر می‌شوند، ارزشیابی‌های ارایه شده توسط کارشناسان بیشتر در قالب اظهارات کلامی و گفتاری بیان می‌شوند تا مقادیر دقیق و قطعی. این ارزشیابی‌ها و اظهارات بیانی توأم با ابهام و عدم اطمینان می‌باشند که باعث مشکل‌تر شدن فرایند تصمیم‌گیری می‌گردد. تئوری فازی که بر اساس مجموعه‌های فازی ایجاد شده است چارچوب کارایی را برای مدیریت و رفع ابهام و عدم اطمینان موجود در تصمیم‌گیری‌ها ارایه می‌دهد. تئوری فازی در حوزه‌های مختلفی نظیر هوش مصنوعی، کنترل اتوماتیک، تشخیص تصویر، تشخیص پزشکی، روان‌شناسی، علوم مدیریت، پیش‌بینی آب و هوا و ارزیابی محیطی بکار رفته و آن نتایج بسیار خوبی را نشان داده است [59] در منطق فازی، هر عددی بین صفر و یک بعنوان چیزی تقریباً درست (صحیح) پنداشته می‌شود در حالی که در مجموعه‌های قطعی (دو ارزشی) هر چیزی یا درست است (یک) یا غلط (صفر). منطق فازی محققان را قادر می‌سازد تا قضاوت‌های گنگ، مبهم و نادقیق را ارزیابی کنند. به مدد منطق فازی می‌توان

قضاوت‌های زبانی مبهم را به اعداد فازی تبدیل کرد. برخی از متداول‌ترین اعداد فازی شامل اعداد فازی مثلثی، اعداد فازی دوزنقه‌ای و اعداد فازی گوسی می‌باشند. در جدول ۴ تناظری از قضاوت‌های زبانی و اعداد فازی مربوطه نشان داده شده است.

جدول ۴: تناظر قضاوت‌های زبانی و اعداد فازی مثلثی مربوطه

ترم	عدد فازی
هیچ تأثیر	(0 0 0.25)
تأثیر کم	(0 0.25 0.5)
تأثیر متوسط	(0.25 0.5 0.75)
تأثیر زیاد	(0.5 0.75 1)
تأثیر بسیار زیاد	(0.75 1 1)

عددی فازی مثلثی C را می‌توان به عنوان سه‌گانه‌ای (l, m, r) تعریف نمود به طوریکه داریم $l \ll m \ll r$. برای دو عدد فازی $C_1 = \{l_1, m_1, r_1\}$ و $C_2 = \{l_2, m_2, r_2\}$ عملیات جبری زیر را می‌توان تعریف کرد:

$$\begin{aligned} C_1 + C_2 &= (l_1 + l_2, m_1 + m_2, r_1 + r_2) \\ C_1 - C_2 &= (l_1 - l_2, m_1 - m_2, r_1 - r_2) \\ C_1 \otimes C_2 &= (l_1 l_2, m_1 m_2, r_1 r_2) \\ C_1 \div C_2 &= (l_1 \div l_2, m_1 \div m_2, r_1 \div r_2) \\ \lambda C_1 &= (\lambda l_1, \lambda m_1, \lambda r_1) \end{aligned}$$

چون اعداد فازی را نمی‌توان به صورت مستقیم برای عملیات ماتریسی مورد استفاده قرار داد، لازم است تا آن‌ها را فازی‌زدایی نمود. فازی‌زدایی به محققان این امکان را می‌دهد تا اعداد فازی را به اعداد قطعی تبدیل نموده و بتوانند عملیات ماتریسی را روی آن‌ها انجام دهند. روش‌های فازی‌زدایی بسیاری وجود دارد که برخی از آن‌ها عبارتند از روش مرکز ثقل [60]، روش مقدار میانگین با استفاده از تفکیک‌های چپ و راست [61]، روش تبدیل داده‌های فازی به مقادیر قطعی (CFCS) [62] و غیره. برای مطالعه مفصل روش‌های فازی، خواننده می‌تواند به منابع [63-65] رجوع کند. ایراد اصلی روش مرکز ثقل بعنوان یکی از روش‌های پرکاربرد فازی‌زدایی این است که این روش نمی‌تواند دو عدد فازی ناهم‌شکل (دارای شکل متفاوت) را که می‌توانند به عدد قطعی مشابه‌ای تبدیل شوند را (از هم) تفکیک دهد. بنابراین در اینجا از روش CFCS استفاده شده است (دلایل بیشتری نیاز است). فرایند CFCS به شرح زیر می‌باشد [62]:

درگام اول، بر اساس اعداد فازی حاصله از نظرخواهی متخصصان، مقادیر سمت چپ و راست از طریق فازی مین و فازی مکس استخراج می‌شوند. فرض کنید که $\tilde{A}_{ij}^k = (l_{ij}, m_{ij}, r_{ij})$ و $1 \ll k \ll K$ برابر با ارزیابی فازی کارشناس K ام از میزان تأثیر عامل i ام بر عامل j ام می‌باشد. در گام دوم اعداد فازی به صورت استانداردسازی می‌شوند:

$$xl_{ij}^k = (l_{ij}^k - \min_{1 \leq k \leq K} l_{ij}^k) / \Delta_{min}^{max} \quad (5)$$

$$xm_{ij}^k = (m_{ij}^k - \min_{1 \leq k \leq K} m_{ij}^k) / \Delta_{min}^{max} \quad (6)$$

$$xr_{ij}^k = (r_{ij}^k - \min_{1 \leq k \leq K} r_{ij}^k) / \Delta_{min}^{max} \quad (7)$$

در آن داریم

$$\Delta_{min}^{max} = \max r_{ij}^k - \min l_{ij}^k \quad (8)$$

درگام سوم مقادیر نرمالیزه شده‌ی چپ و راست به طریق زیر محاسبه می‌شوند

$$xls_{ij}^k = xm_{ij}^k / (1 + xm_{ij}^k - xl_{ij}^k) \quad (9)$$

$$xrs_{ij}^k = xr_{ij}^k / (1 + xr_{ij}^k - xm_{ij}^k) \quad (10)$$

در گام چهارم کل مقادیر نرمالیزه شده محاسبه می‌شوند:

$$x_{ij}^k = [xls_{ij}^k(1 - xls_{ij}^k) + xrs_{ij}^k xrs_{ij}^k] / (1 + xrs_{ij}^k - xls_{ij}^k) \quad (11)$$

در گام پنجم نمره‌ی قطعی متخصص k ام به صورت زیر حاصل می‌شود

$$BNP_{ij}^k = \min l_{ij}^k + x_{ij}^k \Delta_{min}^{max} \quad (12)$$

در گام ششم نمره‌ی یکپارچه تمامی متخصصان به صورت زیر محاسبه می‌شود

$$a_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^K BNP_{ij}^k \quad (13)$$

۳،۳،۳ رویه‌ی طراحی دیمتل فازی

فرایند طراحی DEMATEL فازی به شرح زیر می‌باشد

۱: محاسبه ماتریس فازی هرکارشناس $\tilde{A}_k = [\tilde{a}_{ij}]_k$: نظر هر یک از کارشناسان ($E_k, k = 1, \dots, K$) در خصوص تأثیر عامل i بر عامل j از طریق یک پرسش نامه فازی استخراج می‌شود. ترم‌ها (قضاوت‌های زبانی) و اعداد فازی مثلثی متناظر با هریک در جدول (۴) نشان داده شده است.

۲: ایجاد ماتریس فازی ادغامی ($\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]$): ماتریس ادغامی فازی که نتیجه تجمیع و میانگین تمامی ماتریس‌های کارشناسان است از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\tilde{A} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \tilde{A}_k \quad (14)$$

۳: تبدیل ($\tilde{A}$) به ماتریس قطعی ($A = [a_{ij}]$) از طریق روش‌های فازی‌زدایی CFCS

۴: نرمال سازی ماتریس قطعی ($A = [a_{ij}]$) و ایجاد ماتریس ($D = [d_{ij}]$): ماتریس ($D = [d_{ij}]$) از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شود

۵: محاسبه ماتریس روابط کل ($T = [t_{ij}]$): ماتریس روابط کل (T) بر اساس رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

۶: محاسبه تأثیر گذاری و تأثیر پذیری هر یک از عوامل: تأثیر گذاری و تأثیر پذیری هر یک از عوامل و تشخیص گروه عامل‌های علی و گروه عامل‌های معلولی از طریق روابط (۳) و (۴) مشخص می‌شود:

مجموع سطر i که بعنوان ri نشان داده می‌شود نشاندهنده‌ی تمام اثرات مستقیم و غیرمستقیمی است که عامل i بر کل عامل‌های دیگر می‌گذارد و از اینرو، i را می‌توان شدت تأثیر گذاری نامید. به طور مشابه سطر j که بعنوان cj نشان داده می‌شود را می‌توان شدت تأثیر پذیری نامید، زیرا cj مجموع تمام اثرات مستقیم و غیر مستقیمی است که عامل j از سایر عامل‌ها دریافت می‌کند. بنابراین طبیعی است که وقتی که $i=j$ باشد $ri+ci$ نشانگر تمامی اثراتی است که توسط عامل i دریافت و گذاشته شده اند. بعبارتی یعنی $ri+ci$ هم نشانگر اثری است که فاکتور i بر کل سیستم گذاشته و هم تأثیری است که سایر فاکتورهای سیستم بر فاکتور i گذاشته اند. بنابراین، شاخص $ri+ci$ می‌تواند درجه اهمیتی که فاکتور i در کل سیستم بازی می‌کند را نشان دهد. در مقابل،

تفاضل این دو $ri-ci$ نشان دهنده‌ی میزات اثر خالصی است که فاکتور i بر کل سیستم دارد. به طور خاص، اگر مقدار $ri-ci$ مثبت باشد، عامل i یک علت خالص می باشد (گروه علت ها) ولی اگر مقدار $ri-ci$ منفی باشد، عامل i یک معلول خالص می باشد (گروه معلول ها).

۷: ترسیم نمودار علی-معلولی

نمودار علی-معلولی با نگاشت مجموعه داده $(ri-ci, ri+ci)$ حاصل می شود. روابط پیچیده بین عامل‌ها از طریق فرایند ایجاد نمودار متجسم می‌شود. روشن است که براساس این نمودار می‌توان گروه‌های علی و معلولی را استخراج کرد.

۴- تحلیل عوامل کلیدی مؤثر بر پذیرش فناوری 4G در ایران

۴-۱- بکارگیری روش پیشنهادی

پس از آنکه عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری نسل چهارم از طریق مطالعه‌ی ادبیات شناسایی و استخراج شدند (جدول 2)، اکنون لازم است تا عوامل کلیدی مؤثر بر پذیرش فناوری نسل چهارم از طریق روش دیمتل فازی استخراج گردند. از آنجایی که تعداد ۲۹ عامل از ادبیات موضوع استخراج گردید ابتدا پرسشنامه‌ای در قالب ۸۴۱ سوال تدوین شد که در طی در ۶ جلسه با متخصصین منتخب مورد بحث قرار گرفتند. برای پاسخ دادن به سوالات از مقیاس ارایه شده در جدول (۴) استفاده شد. با استفاده از روش CFCS تمامی این ارزیابی‌های زبانی در قالب مقادیر قطعی تجمیع شده‌اند که این مقادیر بیانگر میزان تأثیر مستقیمی می‌باشند که هر عامل بر سایر عوامل سیستم دارد. به این ترتیب ماتریس رابطه مستقیم اولیه در جدول ۵ ارایه شده است. سپس با بهره‌گیری از معادله (۲) ماتریس رابطه کلی به صورت جدول ۶ ارایه شده است. با استفاده از ماتریس رابطه کلی، نمره‌ی تمامی عوامل از طریق معادلات (۳) و (۴) محاسبه گردیده و در قالب جدول ۷ نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصله در این جدول، رابطه علی-معلولی بین تمامی عوامل در شکل ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵: ماتریس رابطه مستقیم اولیه

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29
X1	9.7	10.16	9.73	10.1	11.79	12.16	10.8	10.4	10.4	11.8	11.19	9.796	12.01	11	11	10.5	10.9	9.46	11.11	12.46	9.6	10.9	10.7	10.8	11.8	11.72	9.5	9.66	11.1
X2	8.4	8.867	8.43	8.79	10.5	10.87	9.5	9.01	9.07	10.5	9.9	8.5	10.72	9.7	9.67	9.2	9.63	8.17	9.822	11.17	8.3	9.57	9.4	9.48	10.5	10.43	8.2	8.37	9.83
X3	7.8	8.3	7.87	8.23	10	10.4	9.07	8.51	8.5	9.97	9.4	7.933	10.28	8.4	8.42	8.767	9.15	7.6	9.356	10.73	7.7	9.07	8.83	8.91	10.1	10	7.63	7.8	9.27
X4	8	8.467	8.03	8.4	10.1	10.47	9.1	8.61	8.67	10.1	9.5	8.1	10.32	9.2	9.23	8.8	9.23	7.77	9.422	10.77	7.9	9.17	9	9.08	10.1	10.03	7.8	7.97	9.43
X5	6.8	7.267	6.83	7.21	8.9	9.267	7.9	7.41	7.47	8.87	8.3	6.9	9.117	8	8.02	7.6	8.03	6.57	8.222	9.567	6.7	7.97	7.8	7.88	8.9	8.833	6.6	6.77	8.23
X6	10	10.47	10	10.4	12.1	12.47	11.1	10.6	10.7	12.1	11.5	10.1	12.32	11	11.3	10.8	11.2	9.77	11.42	12.77	9.9	11.2	11	11.1	12.1	12.03	9.8	9.97	11.4
X7	11	11.47	11	11.4	13.1	13.47	12.1	11.6	11.7	13.1	12.5	11.1	13.32	12	12.3	11.8	12.2	10.8	12.42	13.77	11	12.2	12	12.1	13.1	13.03	10.8	11	12.4
X8	14	14.07	13.6	14	15.7	16.07	14.7	14.2	14.3	15.7	15.1	13.7	15.92	15	14.9	14.4	14.8	13.4	15.02	16.37	14	14.8	14.6	14.7	15.7	15.63	13.4	13.6	15
X9	14	14.07	13.6	14	15.7	16.07	14.7	14.2	14.3	15.7	15.1	13.7	15.92	15	15	14.4	14.8	13.4	15.02	16.37	14	14.8	14.6	14.7	15.7	15.63	13.4	13.6	15
X10	9.3	9.794	9.36	10	11.41	11.77	10.4	9.94	9.99	11.4	10.81	9.428	11.63	11	10.6	10.13	10.6	9.09	10.74	12.07	9.2	10.5	10.3	10.4	11.4	11.36	9.13	9.29	10.8
X11	10	10.67	10.2	10.6	12.3	12.67	11.3	10.8	10.9	12.3	11.7	10.3	12.52	12	11.5	11	11.4	9.97	11.62	12.97	10	11.4	11.2	11.3	12.3	12.23	10	10.2	11.6
X12	9	9.467	9.03	9.4	11.1	11.47	10.1	9.61	9.67	11.1	10.5	9.1	11.32	10	10.4	9.8	10.2	8.77	10.42	11.77	8.9	10.2	10	10.1	11.1	11.03	8.8	8.97	10.4
X13	9	9.467	9.03	9.42	11.1	11.47	10.1	9.61	9.67	11.1	10.5	9.1	11.32	10	10.3	9.8	10.2	8.77	10.42	11.77	8.9	10.2	10	10.1	11.1	11.03	8.8	8.97	10.4
X14	9.4	9.867	9.43	9.81	11.5	11.87	10.5	10	10.1	11.5	10.9	9.5	11.72	11	10.7	10.2	10.6	9.17	10.82	12.17	9.3	10.6	10.4	10.5	11.5	11.43	9.2	9.37	10.8
X15	10	10.47	10	10.4	12.1	12.47	11.1	10.6	10.7	12.1	11.5	10.1	12.32	11	11.4	10.8	11.2	9.77	11.42	12.77	9.9	11.2	11	11.1	12.1	12.03	9.8	9.97	11.4
X16	18	18.5	18.1	18.4	20.2	20.6	19.3	18.7	18.7	20.2	19.6	18.13	20.48	18	18	18.97	19.4	17.8	19.56	20.93	18	19.3	19	19.1	20.3	20.2	17.8	18	19.5
X17	11	11.3	10.9	11.2	13	13.4	12.1	11.5	11.5	13	12.4	10.93	13.28	11	11.2	11.77	12.2	10.6	12.36	13.73	11	12.1	11.8	11.9	13.1	13	10.6	10.8	12.3
X18	9.4	9.9	9.47	9.84	11.6	12	10.7	10.1	10.1	11.6	11	9.533	11.95	9.9	9.94	10.37	10.8	9.2	10.96	12.33	9.3	10.7	10.4	10.4	11.7	11.6	9.23	9.4	10.9
X19	9.6	10.07	9.63	10	11.7	12.07	10.7	10.2	10.3	11.7	11.1	9.7	11.92	11	10.4	10.8	9.37	11.02	12.37	9.5	10.8	10.6	10.7	11.1	11.63	9.4	9.57	11	
X20	9.2	9.667	9.23	9.62	11.3	11.67	10.3	9.81	9.87	11.3	10.7	9.3	11.53	10	10.5	10	10.4	8.97	10.64	11.97	9.1	10.4	10.2	10.3	11.3	11.23	9	9.17	10.6
X21	1.4	1.867	1.43	1.82	3.5	3.867	2.5	2.01	2.07	3.47	2.9	1.5	3.717	2.6	2.62	2.2	2.63	1.17	2.822	4.167	1.3	2.57	2.4	2.48	3.5	3.433	1.2	1.37	2.83
X22	9.6	10.07	9.63	9.99	11.7	12.07	10.7	10.2	10.3	11.7	11.1	9.7	11.92	11	10.9	10.4	10.8	9.37	11.02	12.37	9.5	10.8	10.6	10.7	11.7	11.63	9.4	9.57	11
X23	8.4	8.9	8.47	8.83	10.6	11	9.67	9.11	9.1	10.6	10	8.533	10.9	8.9	8.91	9.367	9.75	8.2	9.956	11.33	8.3	9.67	9.43	9.48	10.7	10.6	8.23	8.4	9.87
X24	5.8	6.267	5.83	6.19	7.9	8.267	6.9	6.41	6.47	7.87	7.3	5.9	8.117	7	7.02	6.6	7.03	5.57	7.222	8.567	5.7	6.97	6.8	6.88	7.9	7.833	5.6	5.77	7.23
X25	5.4	5.867	5.43	5.81	7.5	7.867	6.5	6.01	6.07	7.47	6.9	5.5	7.717	6.6	6.63	6.2	6.63	5.17	6.822	8.167	5.3	6.57	6.4	6.48	7.5	7.433	5.2	5.37	6.83
X26	5.4	5.867	5.43	5.81	7.5	7.867	6.5	6.01	6.07	7.47	6.9	5.5	7.717	6.6	6.63	6.2	6.63	5.17	6.822	8.167	5.3	6.57	6.4	6.48	7.5	7.433	5.2	5.37	6.83
X27	6.2	6.689	6.26	6.67	8.389	8.733	7.39	6.84	6.89	8.29	7.722	6.322	8.606	7.6	7.56	7.022	7.52	5.99	6.88	9.078	6.2	7.39	7.22	7.3	8.41	8.344	6.02	6.19	7.74
X28	8.4	8.892	8.43	8.79	10.47	10.84	9.49	9.04	9.11	10.4	9.792	8.492	9.815	9.8	9.76	9.242	9.64	8.16	9.806	11.13	8.3	9.5	9.41	10.8	10.5	10.48	8.19	8.36	9.88
X29	5.4	5.867	5.43	5.82	7.5	7.867	6.5	6.01	6.07	7.47	6.9	5.5	7.717	6.7	6.65	6.2	6.63	5.17	6.822	8.167	5.3	6.57	6.4	6.48	7.5	7.433	5.2	5.37	6.83

جدول ۶: ماتریس رابطه کلی

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29
X1	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
X2	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04
X3	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03
X4	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03
X5	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
X6	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04
X7	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04
X8	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05
X9	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05
X10	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04
X11	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04
X12	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
X13	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04
X14	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
X15	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
X16	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07
X17	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05
X18	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
X19	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
X20	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04
X21	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
X22	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
X23	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04
X24	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
X25	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03
X26	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03
X27	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03
X28	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04
X29	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03

عناصری که دارای اثرخالص منفی می‌باشند گروه معلولی را تشکیل می‌دهند. این گروه دربرگیرنده‌ی عوامل پوشش شبکه (X3)، کانال‌های ارتباطی (X4)، تعداد کاربران (X6)، نمایش‌پذیری نتیجه (X23)، سودمندی درک-شده (X10)، تصور (اعتبار) شرکت (X13)، جنسیت (X27)، نگرش (X20)، پیشنهادات دوستان و آشنایان (X5)، پیامدهای بلندمدت (X24)، تجربه (X29)، انتظار تلاش (X26)، انتظار عملکرد (X25) و کنترل رفتاری درک-شده (X21) می‌باشند. اطلاعات زیادی در شکل (۴) وجود دارد که می‌توان برای تصمیم‌گیری بکار گرفته شود.

۲-۴- تشخیص عوامل کلیدی

تشخیص عوامل کلیدی اثرگذار بر پذیرش فناوری 4G در جامعه‌ی ایرانی با بکارگیری اطلاعات حاصل از جدول (۷) و شکل (۴) صورت می‌پذیرد برای تشخیص عوامل کلیدی می‌باید دو گروه عوامل علی و گروه عوامل معلولی را بررسی کرد.

۱-۲-۴- تحلیل عوامل علی

عوامل علی دارای اثر خالص مثبتی می‌باشند. این عوامل از تأثیر فراوانی بر کل سیستم برخوردارند. پر واضح است که برنامه‌ریزان حوزه تلکام می‌باید برای اشاعه‌ی بیشتر فناوری LTE در سطح جامعه، توجه بیشتری به این عوامل کلیدی مبذول دارند.

در بین تمامی عوامل این گروه، عامل "خود نوآوری (X16)" حایز بالاترین نمره‌ی اثر خالص (ri-cj) به مقدار 1.026 می‌باشد. این مقدار نشان دهنده‌ی آن است که این عامل در گرایش مشترکان ایرانی به فناوری نسل چهارم 4G بیشترین تأثیر را دارد. دومین عاملی که بالاترین تأثیر خالص را دارد "کیفیت سیگنال (X8)" است. این عامل دارای اثرخالصی به میزان (0.564) می‌باشد بنابراین بعد از عامل خودنوآوری (X16)، مدیران باید کیفیت سیگنالینگ را بعنوان عاملی کلیدی در ترغیب مشترکان ایرانی در استفاده از فناوری LTE در نظر بگیرند. سومین عاملی که بالاترین تأثیر خالص را دارد "سرعت انتقال (X9)" است. این عامل دارای اثرخالصی به میزان (0.56) می‌باشد بنابراین بعد از عامل کیفیت سیگنال (X8)، مدیران باید سرعت انتقال (X9) را بعنوان عاملی کلیدی برای ترغیب مشترکان ایرانی در استفاده از شبکه‌های سلولی LTE در نظر بگیرند. چهارمین عاملی که بالاترین تأثیر خالص را دارد "امنیت و حریم خصوصی (X7)" است. این عامل دارای اثرخالصی به میزان (0.222) می‌باشد بنابراین بعد از عامل سرعت انتقال (X9)، مدیران باید امنیت و حریم خصوصی را بعنوان عاملی کلیدی برای جهت‌دهی به مشترکان ایرانی در استفاده از فناوری LTE در نظر گیرند.

پنجمین عاملی که بالاترین تأثیر خالص را دارد "قیمت دستگاه گوشی (X1)" است. این عامل دارای اثرخالصی به میزان (0.202) می‌باشد بنابراین بعد از عامل امنیت و حریم خصوصی (X7)، مدیران باید قیمت دستگاه گوشی را بعنوان عاملی کلیدی برای ترغیب مشترکان ایرانی در استفاده از فناوری LTE در نظر بگیرند.

ششمین عاملی که بالاترین تأثیر خالص را دارد "زمان (X18)" است. این عامل دارای اثرخالصی به میزان (0.198) می‌باشد بنابراین بعد از عامل قیمت دستگاه گوشی (X1)، مدیران باید زمان را بعنوان عاملی کلیدی برای انگیزش مشترکان ایرانی در استفاده از فناوری LTE در نظر بگیرند.

هفتمین عاملی که بالاترین تأثیر خالص را دارد "تبلیغات، مطبوعات و رسانه (X17)" است. این عامل دارای اثرخالصی به میزان (0.188) می‌باشد بنابراین بعد از عامل زمان (X18)، مدیران باید تبلیغات، مطبوعات و رسانه را بعنوان عاملی کلیدی در نظر گیرند که به وسیله‌ی آن می‌توان مشترکان ایرانی را به استفاده از فناوری LTE ترغیب نمود.

جدول ۷ نمره‌ی هر یک از عوامل

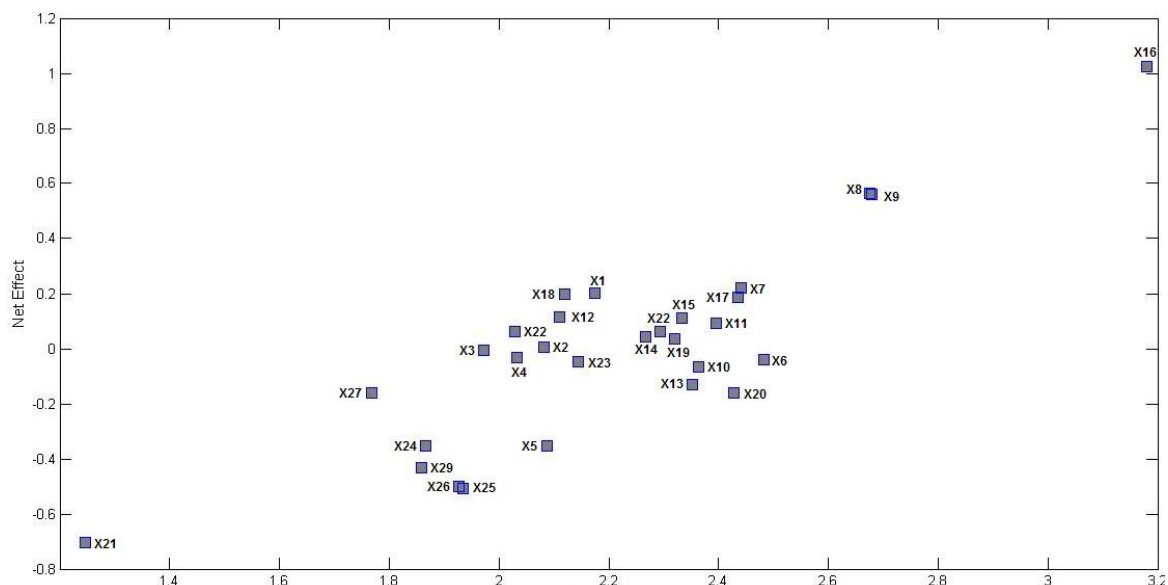
Ri	Cj	Ri-Cj	Ri+Cj	عامل	
1.188	0.986	0.202	2.174	قیمت گوشی (هندست)	X1
1.045	1.038	0.007	2.083	هزینه انتقال (هزینه مکالمه)	X2
0.982	0.99	-0.01	1.972	پوشش شبکه	X3
1	1.032	-0.03	2.032	کانال های ارتباطی (مطبوعات و مدیا)	X4
0.868	1.219	-0.35	2.087	پیشنهادات دوستان و آشنایان	X5
1.221	1.26	-0.04	2.482	تعداد کاربران	X6
1.332	1.11	0.222	2.442	امنیت و حریم خصوصی	X7
1.619	1.056	0.564	2.675	کیفیت سیگنال	X8
1.62	1.06	0.56	2.68	سرعت انتقال	X9
1.148	1.215	-0.07	2.363	سودمندی (سودمندی درک شده)	X10
1.244	1.152	0.092	2.397	آسانی استفاده درک شده	X11
1.112	0.997	0.115	2.109	انطباق پذیری دستگاه (گوشی)	X12
1.111	1.242	-0.13	2.353	تصور شرکت (اعتبار شرکت)	X13
1.156	1.111	0.045	2.266	اعتماد	X14
1.222	1.111	0.111	2.333	عدم اطمینان	X15
2.103	1.077	1.026	3.18	خودنوآوری (برتری های فنی)	X16
1.312	1.124	0.188	2.436	تبلیغات	X17
1.158	0.96	0.198	2.119	زمان	X18
1.177	1.142	0.035	2.32	محیط اجتماعی	X19
1.133	1.294	-0.16	2.428	نگرش	X20
0.272	0.975	-0.7	1.247	کنترل رفتاری درک شده	X21
1.177	1.116	0.062	2.293	ارتباط به شغل	X22
1.048	1.097	-0.05	2.144	نمایش پذیری نتیجه	X23
0.757	1.109	-0.35	1.866	پیامدهای بلند مدت	X24
0.713	1.221	-0.51	1.934	انتظار عملکرد	X25
0.713	1.213	-0.5	1.927	انتظار تلاش	X26
0.805	0.964	-0.16	1.769	جنسیت	X27
1.046	0.982	0.063	2.028	سن	X28
0.714	1.145	-0.43	1.858	تجربه	X29

هشتمین عاملی که بالاترین تأثیر خالص را دارد " انطباق پذیری دستگاه گوشی (X12) " است. این عامل دارای اثر خاصی به میزان (0.115) می باشد لذا بعد از عامل تبلیغات، مطبوعات و رسانه (X17)، مدیران باید انطباق-پذیری دستگاه گوشی را بعنوان عاملی کلیدی برای جهت دهی به مشترکان ایرانی در استفاده از فناوری LTE در نظر گیرند .

نهمین عاملی که بالاترین تأثیر خالص را دارد " عدم اطمینان به برتری‌های فنی فناوری (X15) " است. این عامل دارای اثر خاصی به میزان (0.111) می‌باشد بنابراین بعد از عامل انطباق‌پذیری دستگاه گوشی (X12)، مدیران باید عدم اطمینان به برتری‌های فنی فناوری را بعنوان عاملی کلیدی در نظر گیرند که به وسیله‌ی آن می‌توان مشترکان ایرانی را به استفاده از فناوری LTE ترغیب نمود. دهمین عاملی که بالاترین تأثیر خالص را دارد " آسانی درک شده (X11) " است. این عامل دارای اثر خاصی به میزان (0.092) می‌باشد بنابراین بعد از عامل عدم اطمینان به برتری‌های فنی فناوری (X15)، مدیران باید آسانی درک شده را بعنوان عاملی کلیدی برای ترغیب مشترکان ایرانی در استفاده از فناوری LTE در نظر بگیرند.

یازدهمین عاملی که بالاترین تأثیر خالص را دارد " سن (X28) " است. این عامل دارای اثر خاصی به میزان (0.063) می‌باشد از اینرو، بعد از عامل آسانی درک شده (X11)، مدیران باید سن را بعنوان عاملی کلیدی در نظر گیرند که به وسیله‌ی آن می‌توان مشترکان ایرانی را به استفاده از فناوری LTE ترغیب نمود. دوازدهمین عاملی که بالاترین تأثیر خالص را دارد " ارتباط به شغل (X22) " است. این عامل دارای اثر خاصی به میزان (0.062) می‌باشد بنابراین بعد از عامل سن (X28)، مدیران باید ارتباط به شغل را بعنوان عاملی کلیدی برای ترغیب مشترکان ایرانی در استفاده از فناوری LTE در نظر بگیرند. سیزدهمین عاملی که بالاترین تأثیر خالص را دارد " اعتماد به اپراتور (X14) " است. این عامل دارای اثر خاصی به میزان (0.045) می‌باشد بنابراین بعد از عامل ارتباط به شغل (X22)، مدیران باید اعتماد به اپراتور را بعنوان عاملی کلیدی برای ترغیب مشترکان ایرانی در استفاده از فناوری LTE در نظر گیرند. چهاردهمین عاملی که بالاترین تأثیر خالص را دارد " محیط اجتماعی (X19) " است. این عامل دارای اثر خاصی به میزان (0.035) می‌باشد بنابراین بعد از عامل اعتماد به اپراتور (X14)، مدیران باید محیط اجتماعی را بعنوان عاملی کلیدی برای انگیزش مشترکان ایرانی در استفاده از فناوری LTE در نظر گیرند.

پانزدهمین آخرین عاملی که بالاترین تأثیر خالص مثبت را دارد " هزینه‌ی انتقال (X2) " است. این عامل دارای اثر خاصی به میزان (0.007) می‌باشد بنابراین بعد از عامل محیط اجتماعی (X19)، مدیران باید محیط اجتماعی را بعنوان عاملی کلیدی برای ترغیب مشترکان ایرانی در استفاده از فناوری LTE در نظر گیرند. به‌رحال به ترتیب میزان اثر خالص، تمامی عواملی که دارای اثر خالص مثبت می‌باشند را می‌توان بعنوان عوامل اساسی مؤثر در پذیرش فناوری 4G در جامعه‌ی ایرانی در نظر گرفت.



شکل ۵: دیاگرام روابط علی و معلولی

۲-۲-۴- تحلیل عوامل معلولی

گروه عوامل معلولی شامل تمامی عواملی است که دارای مقدار منفی اثر خالص می باشند. در تمامی این عوامل میزان اثرپذیری (C_j) همواره بیش از مقدار اثرگذاری (R_i) آن‌ها بوده است. بجزء عامل نگرش، تمامی این عوامل را نمی‌توان بعنوان عواملی کلیدی اثرگذار بر پذیرش فناوری LTE از سوی مشترکان ایرانی در نظر گرفت. اگرچه اثرخالص " پوشش شبکه" (X_3) بمراتب بیشتر از ۱ عامل نگرش می‌باشد. ولی آن طور که می‌توان در جدول (۷) مشاهده کرد میزان اثرگذاری عامل نگرش (X_{20}) به مراتب بیش از اثرگذاری عامل پوشش شبکه است. ضمن اینکه میزان اثرپذیری آن نیز به نحو قابل ملاحظه‌ای تنها از عامل پوشش شبکه که از تمام عوامل دیگر نیز بیشتر است. با این اوصاف لازم است تا این عامل بعنوان یک عامل کلیدی در نظر گرفته شود.

بنابراین، به استثنای عامل نگرش که برجسته‌ترین کانون جذب تأثیر از عناصر کل سیستم است سایر عوامل دیگر نظیر عوامل پوشش شبکه (X_3)، کانال‌های ارتباطی (X_4)، تعداد کاربران (X_6)، نمایش‌پذیری نتیجه (X_{23})، سودمندی درک‌شده (X_{10})، تصور (اعتبار) شرکت (X_{13})، جنسیت (X_{27})، پیشنهادات دوستان و آشنایان (X_5)، پیامدهای بلندمدت (X_{24})، انتظار تلاش (X_{26})، انتظار عملکرد (X_{25}) و کنترل رفتاری درک‌شده (X_{21}) را نمیتوان بعنوان عوامل اساسی اثرگذار بر ترغیب شهروندان ایرانی برای استفاده از فناوری نسل چهارم بحساب آورد.

۳-۴- بحث

عامل " خود نوآوری" (X_{16}) نخستین عاملی است که بر تصمیم کاربران ایرانی برای پذیرش یا عدم پذیرش فناوری نسل چهارم تأثیر بسیاری دارد. این عامل از بیشترین مقدار اثر خالص برخوردار است که این بمعنای آن است که میزان اثرگذاری این عامل بر کل سیستم به مراتب بیش از اثرپذیری آن است. افزون بر این، مقدار اثر خالص این عامل با عامل بعد از خود یعنی کیفیت سیگنال (X_8) بسیار زیاد (0.462) است. چنین وضعیتی بیانگر آن است که این عامل در ترغیب کاربران ایرانی از فناوری‌های UMTS/HSPA به فناوری LTE اثر بسیار تعیین‌کننده‌ای دارد. راجرز این عامل را به عنوان یک مقوله‌ای کلی تعریف می‌کند که اساساً به ایده، شیوه عمل و یا هر چیزی که نو، تازه و بدیع پنداشته می‌شود گفته می‌شود. [66] بنابراین می‌توان این عامل را معادل با " تازگی درک شده " در نظر گرفت. یعنی حالتی که کاربران یک فناوری را نو تر از فناوری‌های رقیب تشخیص دهند. گاه، این مفهوم ممکن است مترادف با مفهومی مثل برتری فنی پنداشته شود ولی باید در نظر داشت که خود

نوآوری یا تازگی درک شده چیزی مجزا از برتری فنی است به طوریکه " تازگی درک شده " به سطحی مربوط می شود که یک فرد یک چیز را تازه بداند ولی مفهوم برتری فنی یک شاخص مرکب از ویژگی های برتر یک فناوری است، مثل سرعت انتقال (X7) و کیفیت سیگنال (X9) برای این مورد، که بسته به دانش کاربر می توانند متنوع باشند. بعنوان مثال برای یک کاربر که از هیچ دانش مهندسی درباره ی شبکه های مخابراتی تلفن همراه برخوردار نیست شاید برتری فنی فناوری نسل چهارم شبکه ی موبایل LTE نسبت به نسل سوم UMTS در این باشد که LTE از سرعت بالایی نسبت به فناوری قبلی خود برخوردار است. در حالی که فردی که متخصص شبکه های موبایل است شاید تنوعی از تفاوت ها را در نظر گیرد و بعنوان نمونه یکی از برتری های فنی شبکه های LTE موبایل را در آن ببیند که نسل چهارم از روش OFDM برای تخصیص طیف فرکانسی در بین کاربران استفاده می کند در صورتیکه نسل UMTS/HSPA برای این کار از روش WCDMA استفاده می کند.

"کیفیت سیگنال و پوشش شبکه (X9)" دومین عامل اثرگذار بر انتشار فناوری نسل چهارم در جامعه ی ایرانی است. مطابق سرشماری سال ۱۳۹۵، جمعیت ایران در سال ۹۵ بالغ بر ۸۰ میلیون بوده است که با در نظر داشتن این واقعیت که مساحت زمینی این کشور معادل ۱۶۲۸۶۸۶ کیلومتر مربع است، تراکم جمعیتی این کشور برابر با ۵۰ است که حکایت از گسترده بودن وسعت این کشور به جمعیت آن دارد که این نکته مؤید نقش عوامل مهمی مانند " کیفیت سیگنال و پوشش شبکه " (X9) می باشد.

"سرعت انتقال (X7)" نیز سومین عاملی است که بر تصمیم کاربران ایرانی برای پذیرش یا عدم پذیرش فناوری نسل چهارم تاثیر بسیاری دارد. اصولاً در جامع ایران تلقی اصلی که از تفاوت نسل سوم و چهارم می شود به سرعت آن مربوط می شود و دیگر تفاوت های فنی مورد لحاظ قرار نمی گیرد. با گسترش روز افزون محتوای OTT و اشاعه قوی سرویس های پیام رسان فوری نظیر تلگرام با ضریب نفوذ ۷۸٪ و اینستاگرام با ضریب نفوذ ۵۴٪ در جامعه ی ایرانی، نقش و اهمیت سرعت ارایه دیتای موبایل به یکی از اساسی ترین مطالبات شهروندان ایرانی از اپراتورهای موبایل مبدل گردیده که نتایج این تحقیق نیز بخوبی این نکته را نشان می دهد. در فناوری نسل سوم UMTS، حداکثر سرعت لینک بالارونده معادل 384Kbps است و حداکثر سرعت لینک پایین رونده معادل 128Kbps است. سرعت لینک پایین رونده و بالارونده در نسل چهارم بهبود چشمگیری یافته است. در فناوری نسل چهارم LTE، حداکثر سرعت لینک بالارونده معادل 10Mbps و حداکثر سرعت لینک بالارونده برابر با 500Mbps می باشد.

"امنیت حریم خصوصی کاربران (X8)" چهارمین عامل تعیین کننده در انتشار فناوری نسل چهارم در جامعه ایرانی هستند. حریم خصوصی در اینترنت دربرگیرنده حریم خصوصی کاربران اینترنت در مورد ذخیره اطلاعات و استفاده شخصی آنها، ارائه به شخص ثالث و یا نمایش در فضای اینترنت است. این حق علاوه بر اطلاعات مربوط به شخص، ناظر بر فضا یعنی مکانی که فرد با آن مرتبط است نیز می شود. در انتهای بهار ۲۰۱۱، گوشی های هوشمند در ایران شیوع بسیاری یافتند. این وضعیت باعث استفاده ی بیشتر مردم از فناوری های OTT گردید به طوریکه تا انتهای بهار ۲۰۱۷ بالغ بر ۳۶٪ از واتزآپ، ۵۴٪ از اینستاگرام و ۷۸٪ از تلگرام استفاده می کنند. فناوری های OTT کانال های ارتباطی مختلفی را در اختیار کاربران قرار می دهند که از آن طریق می توانند محتوای مختلفی را تولید کنند. این محتوا که در قالب نظرات کاربران ارایه می شود می تواند بر خواسته های سایر کاربران هم اثر بگذارد که این تأثیر می تواند از هر فناوری OTT مثل تلگرام به فناوری دیگری نظیر فیسبوک متفاوت باشد. تا انتهای بهار ۲۰۱۷، حدود ۵۵٪ از جامعه ی ایران از اینترنت پر سرعت، ۱۰ میلیون از پهن باند ثابت و ۳۴ میلیون از پهن باند سیار، استفاده می کنند. اکثریت جمعیت استفاده کننده از اینترنت را جمعیت

فعال جامعه، بین ۱۵ تا ۶۵ سال، تشکیل می‌دهد. به‌رحال، آمار نشان‌دهنده‌ی آن است که در ایران شبکه‌های اجتماعی آنلاین به بخش مهمی از فعالیت‌های آنلاین در وب تبدیل شده‌اند. این شبکه‌ها با فاصله فیزیکی نامحدود به کاربران وب، ابزارهای جالب جدیدی برای برقراری ارتباط، تعامل و معاشرت ارائه می‌دهند. با این وجود اگرچه این شبکه‌ها امکان اشتراک‌گذاری داده‌ها را فراهم می‌کنند و به طریقی فوری، ارتباطات بین کاربران را ممکن می‌سازند، اگر به درستی از آن‌ها استفاده نشود منجر به چالش‌های بسیاری در حوزه‌ی حریم خصوصی افراد می‌گردند.

"قیمت گوشی (X1)" پنجمین عامل تعیین‌کننده در انتشار فناوری نسل چهارم در جامعه ایرانی است. هر گوشی موبایلی نمی‌تواند از فناوری نسل چهارم (مشخصاً LTE سیار) پشتیبانی کند. گوشی‌هایی که این فناوری را پشتیبانی می‌کنند در مقایسه با گوشی‌های هم‌برند خود که فقط نسل‌های پیشین (GSM و UMTS) را پشتیبانی می‌کنند از قیمت بالاتری برخوردارند. بنابراین عامل قیمت گوشی بسته به تفاوت درآمدی افراد می‌تواند بر انتشار نسل‌های پیشرفته موبایل اثرگذار باشد.

"زمان (X18)" ششمین عامل تعیین‌کننده در انتشار فناوری نسل چهارم در جامعه ایرانی است. سرعت و نرخ انتشار یک فناوری در گذر زمان مقادیر مختلفی خواهد داشت. راجرز در منحنی زنگوله‌ای خویش این نکته را نشان می‌دهد که پذیرش فناوری در گذر زمان متفاوت خواهد بود. بطوریکه با گذر زمان دسته‌های مختلفی از مردم نسبت به پذیرش نوآوری اقدام می‌کنند. او نشان داد که در اوایلی که یک فناوری مطرح می‌شود تنها ۰.۲٪ افراد اقدام به پذیرش آن می‌کنند. او این افراد را نوآوران می‌نامد. با گذر زمان ۱۳.۵٪ افراد اقدام به پذیرش فناوری خواهند نمود. راجرز از این افراد بعنوان پذیرندگان اولیه نام می‌برد. در مرحله بعد ۳۴٪ مردم اقدام به پذیرش فناوری خواهند نمود. راجرز این عده را اکثریت اولیه می‌نامد. با گذر زمان فناوری در قسمت دیگری از مردم نفوذ خواهد کرد. این افراد را که راجرز اکثریت ثانویه می‌نامد نیز ۳۴٪ افراد جامعه را شامل می‌شوند. با کامل شدن نفوذ فناوری در گذر زمان، ۱۶٪ باقی‌مانده از جامعه که راجرز آن‌ها را شکاکان می‌نامد، نیز در نهایت اقدام به پذیرش نوآوری خواهند نمود. یک نکته حایز توجه این است که طی کردن این منحنی از هر فناوری به فناوری دیگر متفاوت است. این وضعیت را می‌توان در فناوری‌های پهن‌بند ثابت و سیار ملاحظه کرد بطوریکه فناوری‌های پهن‌بند سیار تاکنون تقریباً توسط ۵۰٪ مردم پذیرفته شده‌اند یعنی حدوداً قسمت اکثریت اولیه را پوشش داده‌اند. حال آنکه فناوری‌های پهن‌بند ثابت تاکنون تنها توسط ۱۱.۹٪ جامعه مورد پذیرش قرار گرفته‌اند یعنی هنوز قسمت پذیرندگان اولیه را نیز تحت پوشش کامل قرار نداده‌اند. تا انتهای بهار ۲۰۱۷، فناوری نسل چهارم حداکثر توسط ۶٪ افراد جامعه ایران پذیرفته شده است. این وضعیت نشان‌دهنده‌ی آن است که از حیث منحنی پذیرش فناوری، این فناوری هنوز از مرحله "پذیرندگان اولیه" خارج شده است.

"تبلیغات (X17)" هفتمین عامل تعیین‌کننده در انتشار فناوری نسل چهارم در جامعه ایرانی است. رسانه‌های جمعی در آشنایی افراد با تازه‌ها نقش مهمی ایفاء می‌کنند به‌طوری‌که آشنایی افراد با برتری‌های یک فناوری می‌تواند در تصمیم‌گیری آن‌ها در پذیرش آن‌ها تأثیر باشد. در ابتدای این تحقیق، باور بر این بود که تبلیغات در بین سه عامل نخست اثرگذار بر انتشار فناوری نسل چهارم در جامعه ایرانی خواهد بود ولی بعد از بدست آوردن نتایج تحقیق مشخص شد که تبلیغات هفتمین عامل اثرگذار است. دلیل این نتیجه به احتمال زیاد به ناهمگونی بازار ایران و تفاوت فرهنگی (ویژگی‌های خاص فرهنگی آن) با برخی از کشورهایی است که سازندگان تبلیغات از الگوی تبلیغاتی آن‌ها استفاده می‌کنند. گریک و داگلاس [67]، ماکسول [68] و راوواس [69] نیز در مطالعاتی که انجام داده‌اند به نقش و اهمیت تفاوت‌های فرهنگی در اثرگذاری تبلیغات

اشاره دارند. این محققان بر آنند که تبلیغات برای اثرگذاری بیشتر می‌باید بر اساس نیازها و تفاوت‌های فرهنگی جوامع طراحی شود و نمی‌توان یک الگوی استاندارد تبلیغاتی برای کل جوامع ایجاد کرد.

انطباق‌پذیری دستگاه (X12) هشتمین عاملی است که بر تصمیم کاربران ایرانی برای پذیرش یا عدم پذیرش فناوری نسل چهارم تأثیر دارد. به دلیل تفاوت‌های فناوری‌ها، هر گوشی موبایلی نمی‌تواند از فناوری نسل چهارم پشتیبانی کند از اینرو انطباق‌پذیری گوشی با شبکه عامل با اهمیتی است که در انتشار شبکه لازم به توجه است. دو اپراتور موبایل ایران برای نفوذ در بازار اقدام به ارائه‌ی سیم‌کارت رایگان (USIM) نمودند ولی آنطوریکه انتظار می‌رفت منجر به گرایش کاربران شبکه‌های نسل سوم به نسل چهارم موبایل نشد که شاید یکی از عمده‌ترین عوامل مانع آن انطباق‌ناپذیری و عدم پشتیبانی گوشی‌های مشترکین از شبکه‌های نسل چهارم بود.

عدم اطمینان (X15) نهمین عاملی است که بر تصمیم کاربران ایرانی برای پذیرش یا عدم پذیرش فناوری نسل چهارم تأثیر بسیاری دارد. عدم اطمینان به برتری‌های فناوری‌ها نسل چهارم می‌تواند باعث شدن پذیرش آن از سوی مشترکین گردد. فناوری نسل چهارم از جنبه‌های زیادی چون میزان تأخیر و سرعت دیتا به فناوری نسل سوم برتری دارد. باتوجه به این موضوع، شاید مهمترین کارکرد عامل تبلیغات (X17) در افزایش دادن سطح اطمینان مشترکین نسل سوم به برتری‌های فناوری‌ها نسل چهارم قرار داشته باشد. آسانی استفاده درک شده (X11) دهمین عامل اثرگذار بر پذیرش فناوری نسل چهارم در جامعه ایرانی است. این عامل به میزان آسانی اشاره دارد که فرد از کاربرد فناوری برداشت می‌کند. هر چقدر که فرد استفاده‌ی فناوری را آسان ببیند یعنی برای استفاده از آن به تلاش کمتری نیازمند باشد، در نتیجه گرایش به استفاده از آن بیشتر می‌شود.

سن (X28) یازدهمین عامل تعیین کننده در انتشار فناوری نسل چهارم در جامعه ایرانی است. معمولاً گروه‌های سنی ۱۵-۲۹ و ۳۰-۶۴ نسبت به گروه‌های سنی از پایین‌تر از ۱۵ سال و بالای ۶۵ سال تمایل بیشتری به پذیرش فناوری‌های نوین دارند. دوگروه سنی نخست که ۶۹.۹٪ جامعه ایران را شامل می‌شوند جمعیت فعال کشور را تشکیل می‌دهند. اندازه‌ی این جمعیت پتانسیل بسیار خوبی برای پذیرش فناوری‌های نوین بحساب می‌آید.

ارتباط به شغل (X22) دوازدهمین عامل تعیین کننده در انتشار فناوری نسل چهارم در جامعه ایرانی است. هر قدر شغل افراد مستلزم استفاده بیشتر از برتری‌های فناوری‌ها مثل میزان تأخیر کمتر، سرعت دیتا، آپلود و دانلود باشد. طبعاً افراد گرایش بیشتری به استفاده از فناوری‌های مناسب خواهند داشت. تا انتهای سال ۹۵ در ایران ۴۳۴۸۳۸۶ نفر مشغول به تحصیل در دانشگاه بوده‌اند که پهن‌بند موبایل بخصوص نسل چهارم می‌تواند برای آن‌ها جاذبه زیادی داشته باشد. اعتماد به اپراتور (X14) سیزدهمین عامل تعیین کننده در انتشار فناوری نسل چهارم در جامعه ایرانی است. اعتماد اساساً به تلقی افراد جامعه از اپراتورها اشاره دارد. اپراتورهای موبایل که تجربه‌ی خوبی را برای مردم ایجاد نکرده‌اند شاید اگر بهترین فناوری شبکه موبایل را هم توسعه دهند باز هم نتوانند سهم قابل قبولی از جامعه را جذب نمایند. در ایران با گسترش پهن‌بند سیار بیش از پیش موضوعی بنام "حجم خوری اینترنت موبایل" در جامع شایع شده است. به طریقی که برخی از کاربران اینترنت موبایل بر این باورند که برخی از اپراتورهای موبایل آن حجم مورد انتظار دیتای موبایل را به آن‌ها نمی‌رسانند و مقداری از آن را خود بر میدارند (این موضوع برای FCP ها نیز وجود دارد). بهرحال اگرچه مقامات عالی بخش ICT کشور این موضوع را رد کرده‌اند باز با این اوصاف چنین تلقی‌ای می‌تواند برای اپراتورهای کشور زیان‌بار باشد.

محیط اجتماعی (X20) چهاردهمین عاملی است که بر تصمیم کاربران ایرانی برای پذیرش/ یا عدم پذیرش فناوری نسل چهارم تأثیر بسیاری دارد. محیط اجتماعی مجموع تمام عوامل اجتماعی نظیر سن، جنسیت، اعتقادات، هنجارهای فرهنگی، سطح انتظارات، شکاف طبقاتی و .. را شامل می‌شود که بر تصمیمات مردم آن

جامع تاثیری غیر قابل انکار دارد. محیط اجتماعی یک متغیر کلان است که تمامی مشترکین و غیر مشترکین کاربران فناوری نسل چهارم در جامعه ایرانی را نیز در بر می‌گیرد. هر چه تعداد کاربران یک شبکه بیشتر باشد، مشترکین بعدی آن شبکه از منافع بهتری بهره‌مند می‌شوند. هزینه‌ی صوت و پیامک برای مشترکین درون شبکه‌ی یک اپراتور متفاوت از مشترکین بین هر شبکه از اپراتورهاست. بعنوان نمونه، مشترکینی که از اپراتور ایرانسل استفاده می‌کنند برای ارتباط صوت و پیامک (درون شبکه‌ای) هزینه‌ی کمتری را می‌پردازند. ولی اگر مشترکی از ایرانسل بخواهد با مشترکی از همراه اول تماس بگیرد هزینه‌ی بین شبکه‌ای بیشتری را باید بپردازد. وضعیت اثر شبکه‌ای از لحاظ قیمت صوت و پیامک می‌تواند حایز منفی برای مشترکین هر یک از اپراتورها باشد (مستقل از نوع فناوری موبایلی که استفاده می‌کنند). ولی این برای دیتای موبایل می‌تواند دو سویه باشد. از یک سو مشترکین هر اپراتور با استفاده از دیتای موبایل آرایه شده از سوی آن اپراتور به شبکه واحدی (اینترنت) وصل می‌شوند که بر بستر آن می‌توانند با استفاده از پلتفرم‌های مختلف OTT با هم ارتباط برقرار (صوت، پیامک و ویدیو) کنند. بنابراین، در این حالت هر چقدر که تعداد کاربران این پلتفرم‌ها بیشتر باشند کاربران بعدی این پلتفرم‌ها هستند که از اثر شبکه‌ی منتفع می‌شوند حتی اگر کاربران آنها با فناوری‌های مختلف موبایل به اینترنت وصل شده باشند. در حالت دیگر، دیتای اختصاصی هر فناوری موبایل می‌تواند برای کاربران آن فناوری یک شبکه اختصاصی درست کند. بعنوان نمونه در کشورهایی که خدماتی چون صدا بر بستر LTE و ویدیو بر بستر LTE راه‌اندازی شده‌اند کاربران فناوری LTE مشروط بر آنکه گوشی آنها این خدمات را پشتیبانی کنند، امکان بهره‌گیری از اثرات مثبت این شبکه‌ها را دارند. شبکه‌های نسل دوم و سوم بدلیل اینکه از متدولوژی " مدارگزینی " تدوین شده‌اند و امکان آرایه خدمات مبتنی بر صدا و ویدیو بر اساس دیتای آنها وجود ندارد ولی شبکه‌های نسل چهارم چون بر اساس متدولوژی "راه‌گزینی بسته کوچک " توسعه یافته‌اند امکان توسعه خدمات صوتی و ویدیویی بر بستر دیتای آنها وجود دارد و خود آنها می‌توانند حایز اثرات شبکه‌ای مثبتی برای کاربرانشان باشند.

هزینه‌ی انتقال (X2) پانزدهمین عامل تعیین کننده در انتشار فناوری نسل چهارم در جامعه ایرانی است. در ایران صوت و پیامک کوتاه خدماتی می‌باشند که توسط دستگاه نظارتی سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی تنظیم می‌شوند لذا قیمت‌گذاری این دسته از خدمات عموماً در اختیار اپراتورهای موبایل نیست. با این وجود اپراتورها می‌توانند خدمات ارزش افزوده نظیر اینترنت موبایل را خود مستقلانه قیمت‌گذاری کنند. استراتژی قیمت دیتای موبایل برای اپراتورهای ایرانی بسیار مهم می‌باشد. به‌طوری‌که با اتخاذ قیمت‌ها و حجم‌های مناسب دیتای موبایل می‌توانند در بخش‌های مختلفی از بازار نفوذ کنند.

نگرش (X20) شانزدهمین عاملی است که بر تصمیم کاربران ایرانی برای پذیرش/ یا عدم پذیرش فناوری نسل چهارم تاثیر بسیاری دارد. نگرش هر کابر به زاویه‌ی اشاره دارد که او به فناوری نگاه می‌کند. این عامل یک متغیر مرکب است و بیش از هر عاملی تحت تأثیر سایر عوامل دیگر قرار دارد. نمره‌ی اثرپذیری آن برابر با ۱,۲۹۴ می‌باشد. اصلی‌ترین دلیلی که نمره‌ی اثر خالص این عامل منفی است (۰,۱۶۱-) آن است که میزان اثرگذاری (۱,۱۳۳) آن کمتر از اثرپذیری آن است. با آگاهی از پانزده عامل کلیدی فوق الذکر، مدیران تلکام می‌باید به طریقی برنامه‌ریزی کنند که بتوانند نگرش مشترکین اپراتورشان را به طریقی جهت‌دهی کنند تا آن‌هایی که از نسل چهارم استفاده نمی‌کنند، نسبت به آن تمایل پیدا کنند.

تمامی عوامل کلیدی را می‌توان به نحوی شهودی در چهار گروه طبقه‌بندی نمود. این گروه‌ها شامل " گروه عوامل مربوط به دستگاه گوشی موبایل و شبکه‌ی اپراتور "، " گروه عوامل بیولوژیکی مربوط به مشترکین "، " گروه

عوامل ادراکی مربوط به مشترکین " و " گروه عوامل متنی مربوط به مشترکین " می‌باشند. گروه عوامل مربوط به دستگاه گوشی موبایل و شبکه‌ی اپراتور دربرگیرنده‌ی عواملی چون کیفیت سیگنالینگ (X8)، سرعت انتقال (X9)، قیمت گوشی موبایل (X1)، انطباق‌پذیری دستگاه (X12) و هزینه‌ی انتقال داده (X2) می‌باشد. گروه عوامل بیولوژیکی مربوط به مشترکین شامل یک عامل و آن هم سن (X28) می‌باشد. گروه عوامل ادراکی مربوط به مشترکین عواملی چون خود نوآوری-تازگی درک شده- (X16)، امنیت حریم خصوصی (X7)، عدم اطمینان به برتری‌های فناوریانه (X15)، آسانی درک شده (X11)، ارتباط به شغل (X22)، اعتماد به اپراتورها (X14) و نگرش (X20) را شامل می‌شود. گروه عوامل متنی مربوط به مشترکین دربرگیرنده‌ی عواملی مانند زمان (X18)، تبلیغات (X17) و محیط اجتماعی (X19) را شامل می‌شوند. جهت تسهیل انتشار فناوری نسل چهارم LTE در ایران، تمامی این چهارگروه می‌باید مورد توجه برنامه‌ریزان صنعت تلکام قرار بگیرند.

۵- نتیجه‌گیری و جهت‌های آتی

برغم سرمایه‌گذاری‌های وسیع سه اپراتور اصلی ایران در توسعه‌ی شبکه‌ی نسل چهارم و همچنین نفوذ فراوان پهن باند سیار در این کشور (حدود ۴۲٫۵٪)، ضریب نفوذ LTE موبایل در ایران تاکنون بین ۶٪ برآورد شده است. این نکته نشان دهنده‌ی آن است که حجم اصلی مشترکین پهن باند سیار در ایران یعنی حدود ۲۹ میلیون، کماکان از شبکه‌های نسل سوم UMTS/HSPA استفاده می‌کنند. در صورتی که اپراتورها موفق نشوند مشترکین‌شان را نسبت به استفاده از شبکه‌ی نسل چهارم LTE ترغیب کنند، زیان‌های بسیاری خواهند دید. به منظور رفع این چالش، برنامه‌ریزان اپراتورها لازم است تا عوامل مؤثری که منجر به تسهیل پذیرش شبکه‌های نسل چهارم در جامعه می‌شوند را شناسایی کنند. مطالعه‌ی مفصل ادبیات نشان داد که عوامل متعددی در پذیرش یک نوآوری دخیل می‌باشند. در این مطالعه تعداد ۲۹ عامل شناسایی گردید. اما بدیل آنکه منابع سازمان‌ها محدود می‌باشد، آنها نمی‌توانند به طور همزمان تمامی این عوامل را در برنامه‌ریزی خود لحاظ کنند. از این رو شناخت عوامل کلیدی موفقیت بسیار لازم بود. در این تحقیق، تمامی عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری از طریق روش دیمتل فازی ارزیابی شدند. با استفاده نتایج این روش تمامی عوامل به دو دسته‌ی علی و معلولی تقسیم شدند. افزون بر این، یک نمودار علی-معلولی نیز استخراج گردید. در انتها تعداد شانزده عامل بعنوان عوامل کلیدی موفقیت پذیرش فناوری در جامعه‌ی ایرانی در نظر گرفته شدند. این عوامل کلیدی به نحوی شهودی چهار گروه تقسیم گردیدند. برای تسریع انتشار شبکه‌های نسل چهارم در ایران، برنامه‌ریزان اپراتورها می‌باید به این عوامل توجه ویژه‌ای نشان دهند.

بهرحال، خروجی‌های این روش در سطح کلان می‌باشند. آن‌ها فقط برنامه‌ریزان را نسب به عوامل کلیدی مؤثر بر پذیرش آگاه می‌سازند. یعنی اینکه هر عامل به صورت مستقلانه چقدر روی میزان پذیرش فناوری نسل چهارم تأثیر می‌گذارد. برای فهم اینکه چگونه این عوامل میزان پذیرش فناوری نسل چهارم را تحت تأثیر قرار دهند، می‌باید یک تحلیل شبکه‌ای سطح خردتری انجام داد. به مدد این رویکرد می‌توان شبکه‌ای که این عوامل در آن باهم تعامل برقرار می‌کنند و در نهایت سطح پذیرش فناوری را دستخوش تغییر قرار می‌دهند را شبیه‌سازی نمود. تحلیل شبکه‌ای که دارای سطح خردتری است مدیران را قادر می‌سازد تا نسبت به اینکه تغییر هر عامل چه تأثیری بر کل شبکه می‌گذارد و در نهایت میزان پذیرش فناوری را چقدر تحت تأثیر قرار می‌دهد، را بهتر درک کنند. از طریق این روش می‌توان سناریوهای چه می‌شود-اگر متعددی تدوین نمود. بنابراین انجام یک تحلیل

شبکه‌ای از این عوامل و استخراج مناسب‌ترین سناریوهای چه می‌شود - اگر می‌تواند موضوعی برای تحقیقات آینده باشد.

افزون بر این، خوشه‌بندی ۱۶ عامل کلیدی موفقیت هم می‌تواند موضوع دیگری برای پژوهش‌های آتی باشد. خروجی‌های روش پیشنهادی به صورت ۱۶ عامل جداگانه می‌باشند که به صورت شهودی به چهار گروه یعنی "گروه عوامل مربوط به دستگاه گوشی موبایل و شبکه‌ی اپراتور"، "گروه عوامل بیولوژیکی مربوط به مشترکین"، "گروه عوامل ادراکی مربوط به مشترکین" و "گروه عوامل متنی مربوط به مشترکین" دسته‌بندی شده‌اند. در صورتیکه خوشه‌بندی ساختارمندی از این عوامل صورت پذیرد، درک نظام‌مندتری از این عوامل بعمل می‌آید. در این حالت، عواملی که بهم نزدیک می‌باشند در خوشه‌های مشابه قرار می‌گیرند و مدیران در خصوص میزان تخصیص منابع به آن‌ها، بهتر می‌توانند تصمیم‌گیری نمایند.

منابع

- [1] Noh, H.; Song, Y.-K.; Lee, S. Identifying Emerging Core Technologies for the Future: Case Study of Patents Published by Leading Telecommunication Organizations. *Telecomm. Policy*, **2016**, 40 (10–11), 956–970.
- [2] Heuvel, N. Ericsson Mobility Report June 2017. *Ericsson, Tech. Rep.*, **2017**.
- [3] Union, I. T. ICT Facts and Figures: The World in 2015. ITU Geneva 2015.
- [4] Vilches, J. Everything You Need to Know about 4G Wireless Technology. *TechSpot. April*, **2010**, 29.
- [5] Opensignal. *The State of LTE (June 2017) Report* | Opensignal; 2017.
- [6] SNS. *Wireless Network Infrastructure Forecasts: 2016 – 2030 – Macrocell RAN, Small Cells, C-RAN, RRH, DAS, Carrier Wi-Fi, Mobile Core, Backhaul & Fronthaul - SNS Telecom*; 2016.
- [7] forbes. Roundup Of Internet of Things Forecasts And Market Estimates <https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2015/12/27/roundup-of-internet-of-things-forecasts-and-market-estimates-2015/#348b47004b93> (accessed Jun 6, 2019).
- [8] Chong, A. Y.-L.; Darmawan, N.; Ooi, K.-B.; Lin, B. Adoption of 3G Services among Malaysian Consumers: An Empirical Analysis. *Int. J. Mob. Commun.*, **2010**, 8 (2), 129–149.
- [9] Chen, L.; Meservy, T. O.; Gillenson, M. Understanding Information Systems Continuance for Information-Oriented Mobile Applications. *Commun. Assoc. Inf. Syst.*, **2012**, 30 (9), 127–146.
- [10] Karaikos, D. C.; Drossos, D. A.; Tsiaousis, A. S.; Giaglis, G. M.; Fouskas, K. G. Affective and Social Determinants of Mobile Data Services Adoption. *Behav. Inf. Technol.*, **2012**, 31 (3), 209–219.
- [11] Lu, J.; Yao, J. E.; Yu, C.-S. Personal Innovativeness, Social Influences and Adoption of Wireless Internet Services via Mobile Technology. *J. Strateg. Inf. Syst.*, **2005**, 14 (3), 245–268.
- [12] Lin, S.; Lin, S.; Chen, P. S.; Liu, Y. Adoption of 4G Wireless Services under Consideration of Technology and Economic Perspectives. *Int. J. Mob. Commun.*, **2014**, 13 (1), 71–91.
- [13] Liu, C.-C. Measuring and Prioritising Value of Mobile Phone Usage. *Int. J. Mob. Commun.*, **2010**, 8 (1), 41–52.
- [14] Phan, K.; Daim, T. U. Exploring Technology Acceptance for Mobile Services. *J. Ind. Eng. Manag.*, **2011**, 4 (2), 339–360.
- [15] Nikou, S.; Mezei, J. Evaluation of Mobile Services and Substantial Adoption Factors with Analytic Hierarchy Process (AHP). *Telecomm. Policy*, **2013**, 37 (10), 915–929.
- [16] Shieh, L.-F.; Chang, T.-H.; Fu, H.-P.; Lin, S.-W.; Chen, Y.-Y. Analyzing the Factors That Affect the Adoption of Mobile Services in Taiwan. *Technol. Forecast. Soc. Change*, **2014**, 87, 80–88.
- [17] Büyüközkan, G. Determining the Mobile Commerce User Requirements Using an Analytic Approach. *Comput. Stand. Interfaces*, **2009**, 31 (1), 144–152.
- [18] Mirmousa, S.; Dehnavi, H. D. Development of Criteria of Selecting the Supplier by Using the Fuzzy DEMATEL Method. *Procedia-Social Behav. Sci.*, **2016**, 230, 281–289.
- [19] Lin, H.-F. Determining the Relative Importance of Mobile Banking Quality Factors. *Comput. Stand. Interfaces*, **2013**, 35 (2), 195–204.
- [20] Rogers, E. M. *Diffusion of Innovations*, Fifth Edit.; Simon and Schuster, 2003.
- [21] Fishbein, M.; Ajzen, I. Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research. **1977**.
- [22] Ajzen, I. From Intentions to Actions: A Theory of Planned Behavior. In *Action control*; Springer, 1985; pp 11–39.
- [23] Davis, F. D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Q.*, **1989**, 319–340.
- [24] Thompson, R. L.; Higgins, C. A.; Howell, J. M. Personal Computing: Toward a Conceptual Model of Utilization. *MIS Q.*,

- 1991, 125–143.
- [25] Davis, F. D.; Bagozzi, R. P.; Warshaw, P. R. Extrinsic and Intrinsic Motivation to Use Computers in the Workplace 1. *J. Appl. Soc. Psychol.*, **1992**, 22 (14), 1111–1132.
- [26] Venkatesh, V.; Davis, F. D. A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Manage. Sci.*, **2000**, 46 (2), 186–204.
- [27] Venkatesh, V.; Morris, M. G.; Davis, G. B.; Davis, F. D. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Q.*, **2003**, 425–478.
- [28] Boyd, T. C.; Mason, C. H. The Link between Attractiveness of “Extrabrand” Attributes and the Adoption of Innovations. *J. Acad. Mark. Sci.*, **1999**, 27 (3), 306–319.
- [29] Keaveney, S. M.; Parthasarathy, M. Customer Switching Behavior in Online Services: An Exploratory Study of the Role of Selected Attitudinal, Behavioral, and Demographic Factors. *J. Acad. Mark. Sci.*, **2001**, 29 (4), 374–390.
- [30] Sarker, S.; Wells, J. D. Understanding Mobile Handheld Device Use and Adoption. *Commun. ACM*, **2003**, 46 (12), 35–40.
- [31] Teo, T. S. H.; Pok, S. H. Adoption of WAP-Enabled Mobile Phones among Internet Users. *Omega*, **2003**, 31 (6), 483–498.
- [32] Pagani, M. Determinants of Adoption of Third Generation Mobile Multimedia Services. *J. Interact. Mark.*, **2004**, 18 (3), 46–59.
- [33] Yang, K. C. C. Exploring Factors Affecting the Adoption of Mobile Commerce in Singapore. *Telemat. informatics*, **2005**, 22 (3), 257–277.
- [34] Lu, J.; Yu, C.-S.; Liu, C. Facilitating Conditions, Wireless Trust and Adoption Intention. *J. Comput. Inf. Syst.*, **2005**, 46 (1), 17–24.
- [35] Scheepers, R.; Scheepers, H.; Ngwenyama, O. K. Contextual Influences on User Satisfaction with Mobile Computing: Findings from Two Healthcare Organizations. *Eur. J. Inf. Syst.*, **2006**, 15 (3), 261–268.
- [36] Blechar, J.; Constantiou, I. D.; Damsgaard, J. Exploring the Influence of Reference Situations and Reference Pricing on Mobile Service User Behaviour. *Eur. J. Inf. Syst.*, **2006**, 15 (3), 285–291.
- [37] Ranganathan, C.; Seo, D.; Babad, Y. Switching Behavior of Mobile Users: Do Users’ Relational Investments and Demographics Matter? *Eur. J. Inf. Syst.*, **2006**, 15 (3), 269–276.
- [38] Schierz, P. G.; Schilke, O.; Wirtz, B. W. Understanding Consumer Acceptance of Mobile Payment Services: An Empirical Analysis. *Electron. Commer. Res. Appl.*, **2010**, 9 (3), 209–216.
- [39] Hill, S. R.; Troshani, I. Factors Influencing the Adoption of Personalisation Mobile Services: Empirical Evidence from Young Australians. *Int. J. Mob. Commun.*, **2010**, 8 (2), 150–168.
- [40] Lin, H.-F. An Empirical Investigation of Mobile Banking Adoption: The Effect of Innovation Attributes and Knowledge-Based Trust. *Int. J. Inf. Manage.*, **2011**, 31 (3), 252–260.
- [41] Chong, J.-L.; Chong, A. Y.-L.; Ooi, K.-B.; Lin, B. An Empirical Analysis of the Adoption of M-Learning in Malaysia. *Int. J. Mob. Commun.*, **2011**, 9 (1), 1–18.
- [42] Rockart, J. F. Chief Executives Define Their Own Data Needs. *Harv. Bus. Rev.*, **1979**, 57 (2), 81–93.
- [43] Thierauf, R. J. *Decision Support Systems for Effective Planning and Control: A Case Study Approach*; Prentice Hall PTR, 1982.
- [44] Zhou, Q.; Huang, W.; Zhang, Y. Identifying Critical Success Factors in Emergency Management Using a Fuzzy DEMATEL Method. *Saf. Sci.*, **2011**, 49 (2), 243–252.
- [45] Shen, Y.-C.; Lin, G. T. R.; Tzeng, G.-H. Combined DEMATEL Techniques with Novel MCDM for the Organic Light Emitting Diode Technology Selection. *Expert Syst. Appl.*, **2011**, 38 (3), 1468–1481.
- [46] Gabus, A.; Fontela, E. Perceptions of the World Problematic: Communication Procedure, Communicating with Those Bearing Collective Responsibility. *Battelle Geneva Res. Centre, Geneva, Switz.*, **1973**.
- [47] Gabus, A.; Fontela, E. World Problems, an Invitation to Further Thought within the Framework of DEMATEL. *Battelle Geneva Res. Center, Geneva, Switz.*, **1972**.
- [48] Given, L. M. *The Sage Encyclopedia of Qualitative Research Methods*; Sage publications, 2008.
- [49] Bickman, L.; Rog, D. J. *The SAGE Handbook of Applied Social Research Methods*; Sage publications, 2008.
- [50] Herrera, F.; Herrera-Viedma, E.; Martínez, L. A Fusion Approach for Managing Multi-Granularity Linguistic Term Sets in Decision Making. *Fuzzy sets Syst.*, **2000**, 114 (1), 43–58.
- [51] Wang, R.-C.; Chuu, S.-J. Group Decision-Making Using a Fuzzy Linguistic Approach for Evaluating the Flexibility in a Manufacturing System. *Eur. J. Oper. Res.*, **2004**, 154 (3), 563–572.
- [52] Wang, L.; Langari, R. Complex Systems Modeling via Fuzzy Logic. *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Part B*, **1996**, 26 (1), 100–106.
- [53] Zadeh, L. A. Fuzzy Sets. *Inf. Control*, **1965**, 8 (3), 338–353.
- [54] Chang, B.; Chang, C.-W.; Wu, C.-H. Fuzzy DEMATEL Method for Developing Supplier Selection Criteria. *Expert Syst. Appl.*, **2011**, 38 (3), 1850–1858.
- [55] Lee, Y.-C.; Li, M.-L.; Yen, T.-M.; Huang, T.-H. Analysis of Fuzzy Decision Making Trial and Evaluation Laboratory on Technology Acceptance Model. *Expert Syst. Appl.*, **2011**, 38 (12), 14407–14416.
- [56] Wu, W.-W.; Lee, Y.-T. Developing Global Managers’ Competencies Using the Fuzzy DEMATEL Method. *Expert Syst. Appl.*, **2007**, 32 (2), 499–507.
- [57] Wu, W.-W. Choosing Knowledge Management Strategies by Using a Combined ANP and DEMATEL Approach. *Expert Syst. Appl.*, **2008**, 35 (3), 828–835.
- [58] Shieh, J.-I.; Wu, H.-H.; Huang, K.-K. A DEMATEL Method in Identifying Key Success Factors of Hospital Service Quality. *Knowledge-Based Syst.*, **2010**, 23 (3), 277–282.
- [59] Precup, R.-E.; Hellendoorn, H. A Survey on Industrial Applications of Fuzzy Control. *Comput. Ind.*, **2011**, 62 (3), 213–226.
- [60] Yager, R. R.; Filev, D. P. Essentials of Fuzzy Modeling and Control. *New York*, **1994**, 388.
- [61] Kaufmann, A.; Gupta, M. M. *Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science*; Elsevier Science Inc., 1988.

- [62] Opricovic, S.; Tzeng, G.-H. Defuzzification within a Multicriteria Decision Model. *Int. J. Uncertainty, Fuzziness Knowledge-Based Syst.*, **2003**, *11* (05), 635–652.
- [63] Van Leekwijck, W.; Kerre, E. E. Defuzzification: Criteria and Classification. *Fuzzy sets Syst.*, **1999**, *108* (2), 159–178.
- [64] Wang, X.; Kerre, E. E. Reasonable Properties for the Ordering of Fuzzy Quantities (I). *Fuzzy sets Syst.*, **2001**, *118* (3), 375–385.
- [65] Wang, X.; Kerre, E. E. Reasonable Properties for the Ordering of Fuzzy Quantities (II). *Fuzzy sets Syst.*, **2001**, *118* (3), 387–405.
- [66] Rogers, E. M. *Diffusion of Innovations*; Simon and Schuster, 2010.
- [67] Samuel Craig, C.; Douglas, S. P. Conducting International Marketing Research in the Twenty-First Century. *Int. Mark. Rev.*, **2001**, *18* (1), 80–90.
- [68] Maxwell, S. An Expanded Price/Brand Effect Model-A Demonstration of Heterogeneity in Global Consumption. *Int. Mark. Rev.*, **2001**, *18* (3), 325–343.
- [69] Rawwas, M. Y. A. Culture, Personality and Morality: A Typology of International Consumers' Ethical Beliefs. *Int. Mark. Rev.*, **2001**, *18* (2), 188–211.

Development of a fuzzy DEMATEL model for identifying the critical factors of technology adoption in I.R. Iran - A case study of fourth generation of mobile networks

Abstract

Despite Iranian main operators namely MCI, Irancell and Rightel have hugely invested on deployment of Long term evolution (LTE) as the most prominent representative of 4G technology, its diffusion has been very slow with penetration rate of 0.06 at the end of spring of 2017. Such a situation incurs a number of undesirable consequences such as 1) Failure to provide a large number of high quality services, 2) Inability to compete with OTT technologies, 3) Loss of many revenue opportunities, 4) Prolongation of payback period and 5) The lack of integrability with fifth generation networks (5G) and loss of many IOT opportunities. For tackling this challenge, discussing the literature of technology adoption both generally and specifically and identifying the major limitations of these studies, a novel fuzzy DEMATEL model has been developed through which all ICT policy makers can not only get a clear knowledge of factors influencing technology adoption but also know the critical success factors (CSFs) influencing Iranians' mindsets towards LTE adoption. Therefore, they can make effective and actionable policies to scale up LTE diffusion among Iranian people.

Keywords; *Technology adoption and diffusion, fourth generation technology (4G), Long term evolution (LTE), Fuzzy Logic, DEMATEL.*

^۱ در ابتدای سال ۹۸ بالغ بر ۶۰ میلیون نفر از پهن باند سیار استفاده می کرده‌اند با این وجود اکثریت آنها از نسل سوم استفاده می کرده‌اند.

^۲ یعنی ابتدای تابستان ۱۳۹۶.

³ Transmission Rate

⁴ Mobility

⁵ Bandwidth

⁶ International Telecommunication Union

⁷ International Mobile Telecommunication Advanced

⁸ peak

⁹ Long Term Evolution

¹ -Enhanced Data Rates for GSM Evolution

0

¹ - Global System for Mobile Communications

1

¹ Universal Mobile Telecommunications System

2

¹ High Speed Packet Access

3

¹ 3rd Generation Partnership Project

4

¹ Advanced Mobile Phone System

5

¹ Total Access Communication System

6

¹ Nordic Mobile Telephone

7

¹ Time Division Multiple Access

8

1	Digital Advanced Mobile Phone System	9
2	Code Division Multiple Access	0
2	Japanese Digital Cellular	1
2	Integrated Digital Enhanced Network	2
2	Wideband Code Division Multiple Access	3
2	Time Division Synchronous Code Division Multiple Access	4
2	Digital Enhanced Cordless Telecommunications	5
2	Base Transceiver Station	6
2	Average Revenue Per User	7
2	Over the Top	8
2	Video Streaming	9
3	Voice over LTE	0
3	Video over LTE	1
3	Legacy cost	2
3	Cell Broadcast	3
3	Voice Over IP	4
3	Statistical Regression based methods	5
3	Multi Criteria Decision Making	6
3	liu	7
3	Analytical Hierarchy Process	8
3	Convenient	9
4	Phan	0
4	Diam	1
4	Enjoyment	2
4	Nikou	3
4	Mezei	4
4	Mobile surfing of the internet	5
4	Büyükožkan	6
4	Fuzzy Analytical Hierarchy Process	7
4	Lin	8
4	Sheih	9
5	Typical	0
5	Fuzzy DEMATEL	1
5	Diffusion of Innovation Theory	2
5	Rogers	3
5	Innovation	4
5	Fishbein	5
5	Ajzen	6
5	Theory of Reasoned Action	7
5	Behavioral Intention	8
5	Attitude	9
6	Subjective Norm	0
6	Theory of planned Behavior	1
6	Perceived Behavioral Control	2
6	Perceived Locus of Control	3
6	Rotter	4
6	Self-Efficacy Theory	5
6	Bandura	6
6	Social Cognitive Theory	7
6	Coping Behavior	8
6	Technology Adoption Model	9
7	Davis	0
7	Perceived Usefulness	1
7	Perceived Ease of Use	2
7	Thompson	3
7	Motivation Model	4

7	Extrinsic motives	5
7	Intrinsic Motives	6
7	Venkatesh	7
7	Social Influence Process	8
7	Subjective Norm	9
8	Image	0
8	Cognitive Instrumental Process	1
8	Job Relevance	2
8	Output Quality	3
8	Result Demonstrability	4
8	United Theory of Acceptance and Use of Technology	5
8	Performance Expectancy	6
8	Effort Expectancy	7
8	Social Influence	8
8	Facilitating Conditions	9
9	Boyd	0
9	Mason	1
9	Keaveney	2
9	Parthasarathy	3
9	Mobile Handheld devices	4
9	Teo	5
9	Pok	6
9	Pagani	7
9	Yang	8
9	Lu	9
1	Scheepers	0
1	Blechar	0
1	Ranganathan	0
1	Schierz	0
1	Hill	0
1	Troshani	0
1	Lin	0
1	Chong	0
1	Shu-Chiung	0
1	Critical Success Factors	0
1	John F Rockart	1
1	Thierauf	1
1	Decision Making Trial and Evaluation laboratory	1
1	Gabus	1
1	Fontela	1
1	Causal	1
1	Telecommunication Infrastructure Company of I.R. Iran	1
1	Communication Regulatory Authority of I.R.Iran	1
1	Information Technology Organization of I.R.Iran	1
1	Iran Telecommunication Research Center	1
1	Mobile Telecommunications Company of Iran	2
1	MTN Irancell	2
1	Rightel	2
1	Wu	2
1	Lee	2
1	Multiple Intelligences	2
1	Analytic Network Process	2
1	Codification Strategy	2
1	Zhou	2
1	Sheih	2
1	Medical staff	3

1	Mirmousa	3
1	Dehghan Dehnavi	3
1	- Initial direct-relation matrix	3
1	Degree of influential impact	3
1	Degree of influenced Impact	3
1	Centroid Method	3
1	Mean Value	3
1	Converting Fuzzy data to Crisp Score	3
1	Best Non fuzzy Performance	3
1	Degree of influential impact	4
1	Degree of influenced Impact	4
1	Perceived ease of use or convenience	4
1	Perceived newness	4
1	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	4
1	Density	4
1	Innovator	4
1	Early adopter	4
1	Early majority	4
1	Late majority	4
1	laggard	5
1	Mass Media	5
1	Craig	5
1	Douglas	5
1	Maxwell	5
1	Rawwas	5
1	Universal Subscriber Identity Module	5
1	Latency	5
1	Circuit Switching	5
1	Packet Switching	5
1	Composite Variable	6
1	Mobile handset & operators-related factors	6
1	Subscribers-related biological factors	6
1	Subscribers-related perceptual factors	6
1	Subscribers-related contextual factors	6