

## پیش‌بینی ضریب نفوذ اینترنت در ایران با ارائه الگوی فازی-نفوذ

وحید ضرابی<sup>۱\*</sup>

ایمان محمدیان خراسانی<sup>۲</sup>

معصومه مداح<sup>۳</sup>

### چکیده

هدف از ارائه این مقاله توسعه یک الگوی جامع تحت‌عنوان الگوی فازی-نفوذ<sup>۴</sup> برای پیش‌بینی ضریب‌نفوذ سرویس اینترنت در کشورهای مختلف با به‌کارگیری تئوری نفوذ و روش کنترل فازی است. به‌کارگیری روش کنترل فازی جهت کلاسترینگ نمونه‌ها و ساخت مدل نهایی پیش‌بینی علاوه بر افزایش امکان به‌کارگیری نمونه‌های بیشتر با خصیصه‌های متفاوت جهت ساخت مدل، امکان ارائه پیش‌بینی‌های خاص را برای هر کشور با توجه به ویژگی‌های منحصربه‌فرد آن میسر می‌سازد. این الگو با توجه به داده‌های تابلویی از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۶ برای ۱۵۳ کشور مختلف که در ۳ کلاستر دسته‌بندی شده‌اند، برپایه مدل‌های انتشار<sup>۵</sup> پیاده‌سازی شده‌است. در بخش پایانی مقاله نیز جهت تأیید کارآمدی مدل، ضریب‌نفوذ اینترنت در ایران مبتنی بر آن پیش‌بینی گردیده‌است.

**کلمات کلیدی:** ضریب نفوذ اینترنت، الگوی پیش‌بینی، مدل‌های انتشار، الگوی فازی، کلاسترینگ.

---

۱- کارشناس ارشد مهندسی سیستم‌های اقتصادی/اجتماعی، پژوهشکده فناوری اطلاعات و ارتباطات جهاددانشگاهی، عضو گروه پژوهشی ITBM

\* نویسنده عهده دار مکاتبات: [zarabi@ictre.ir](mailto:zarabi@ictre.ir)

۲- کارشناس ارشد مهندسی صنایع، پژوهشکده فناوری اطلاعات و ارتباطات جهاد دانشگاهی

۳- کارشناس ارشد مهندسی سیستم‌های اقتصادی/اجتماعی، عضو هیئت‌علمی و مدیر گروه پژوهشی ITBM، پژوهشکده فناوری اطلاعات و ارتباطات جهاد دانشگاهی

4-Fuzzy Diffusion

5-Diffusion Models

## مقدمه

اینترنت به واسطه کاربردهای گسترده، لزوم توسعه بسترهای لازم و زیرساخت‌های مناسب برای بهره‌گیری مؤثر از فناوری اطلاعات و ارتباطات را در اولویت بسیاری از کشورها قرار داده‌است. با این وجود، عدم برنامه‌ریزی صحیح در ایجاد زیرساخت‌های لازم برای توسعه این سرویس، مانع از توسعه فراگیر آن از حیث دسترسی و کاربرد در بسیاری از کشورها بالاخص کشورهای در حال توسعه گردیده‌است.

با توجه به این ضرورت، سؤال اصلی این است که چه عواملی بر رشد و توسعه اینترنت در کشور مؤثر است و آیا می‌توان به پیش‌بینی قابل اعتمادی در این زمینه دست یافت. بر این اساس، در این مقاله سعی شده تا با ارائه چارچوب مناسبی برای پیش‌بینی نفوذ این فناوری در کشورها، وضعیت نفوذ اینترنت در ایران نیز پیش‌بینی گردد.

## پیشینه پژوهش

## مدل‌های پیش‌بینی فناوری

برای پیش‌بینی نفوذ اینترنت و شناسایی عوامل مؤثر بر عرضه و تقاضای آن، دو الگوی کلی در این زمینه مشهود است:

۱. مدل‌های تجربی (Empirical Models)

۲. مدل‌های نفوذ یا انتشار (Diffusion Models)

در مدل‌های تجربی، با استفاده از یک مدل مفهومی، یا مجموعه‌ای از تئوری‌ها و یا تجربیات انجام شده در سایر مقالات، مجموعه متغیرهای تأثیرگذار بر متغیر وابسته شناسایی شده و سپس از میان آن متغیرها در چارچوب فرض‌های آماری، متغیرهایی که به لحاظ آماری تأثیرگذار و معنی‌دار هستند مشخص می‌شوند و این متغیرها در چارچوب یک مدل رگرسیونی مورد تحلیل قرار می‌گیرند. در این مدل‌ها، استفاده از روش‌های رگرسیونی لاجیت<sup>۱</sup>، پرابیت<sup>۲</sup> و روش‌های آنالیز فاکتور و همبستگی معمول است.

مدل‌های نفوذ یا انتشار که بر پایه منحنی‌های S شکل ارائه شده‌است، در حوزه‌های مختلف مانند بحث‌های جمعیتی و پزشکی مولکولی مورد استفاده قرار گرفته و در حوزه نوآوری و فناوری اولین بار توسط راجرز<sup>۳</sup> در سال ۱۹۸۱ به کار گرفته شده‌است (Botelho and Costa Pinto, 2004). به صورت کلی این منحنی‌ها به فرم معادلات دیفرانسیلی زیر نشان داده می‌شوند:

$$n_t = f(n_t, B, N) \quad \text{معادله (۱)}$$

$n_t$ ، متغیری است که تعداد نسبی جمعیتی را که نوآوری را پذیرفته‌اند در زمان  $t$  نشان می‌دهد.  $B$  پارامتر احتمال پذیرش نوآوری (که اغلب سرعت نفوذ نام دارد) است،  $N$  پارامتری است که اندازه

1-Logit

2-Probit

3-Rogers

جمعیتی که ممکن است سرانجام نوآوری را بپذیرد، نشان می‌دهد (سقف یا سطح بالای نفوذ) و  $F$  تابعی است که شکل منحنی انتشار را مشخص می‌کند و معمولاً شامل معادلاتی مانند مدل گامپرتز<sup>۱</sup>، مدل لاجستیک<sup>۲</sup>، مدل لاجستیک لگاریتمی<sup>۳</sup>، مدل بس<sup>۴</sup> و مدل‌های توانی مانند نمایی منفی<sup>۵</sup> و... می‌باشد.

### مدل‌سازی فازی

یکی از ارزشمندترین مباحثی که در منطق فازی (Zadeh, 1965) بیان شده است مدل‌سازی فازی است. مدل‌سازی فازی عبارت است از برقراری رابطه میان ورودی‌های یک سیستم و خروجی آن توسط گزاره‌های اگر-آنگاه که «قاعده» نامیده می‌شوند (Zimmermann, 1996). در سیستم‌های کنترل فازی<sup>۶</sup>، مجموعه قواعد اگر-آنگاه فازی، پایگاه قواعد اگر-آنگاه فازی<sup>۷</sup> را به وجود می‌آورد که این پایگاه، فضای ورودی را به فضای خروجی نگاشت می‌کند. در ادبیات موضوع، دو نوع مدل اصلی فازی وجود دارد که هر کدام شیوه استنتاج مربوط به خود را دارند. این دو مدل عبارتند از: مدل فازی ممدانی<sup>۸</sup> و مدل فازی تاکاگی-ساگنو<sup>۹</sup> (TS).

### مدل فازی ممدانی

قواعدی که در ذهن انسان‌ها شکل می‌گیرند، قواعد از نوع ممدانی هستند. هر قاعده از دو بخش مقدم<sup>۱۰</sup> و تالی<sup>۱۱</sup> تشکیل شده است. قواعدی که هم مقدم آن‌ها و هم تالی آن‌ها اعداد فازی باشند قواعد ممدانی نامیده می‌شوند.

برای استنتاج خروجی از یک مدل فازی لازم است ابتدا ورودی‌های قطعی به اعداد فازی موجود در قسمت مقدم قواعد ترجمه شوند (فازی‌کردن<sup>۱۲</sup>) و در نهایت خروجی مدل نیز که یک عدد فازی خواهد بود، غیرفازی شود (فازی‌زدایی<sup>۱۳</sup>). این فرآیند را فرآیند استنتاج<sup>۱۴</sup> از یک مدل فازی از نوع ممدانی می‌نامند. به این منظور، ابتدا اعداد قطعی وارد پایگاه قواعد می‌شوند. این اعداد باید به اعداد فازی متناظر با متغیر مربوط به خود در تمامی قواعد ترجمه شوند. هر عنصر از بردار ورودی، تابع عضویت متغیر مربوط به خود را در هر قاعده در نقطه‌ای قطع می‌کند که ارتفاع آن نقطه، درجه

- 
- 1-Gompertz
  - 2-Logistic
  - 3-Log-Logistic
  - 4-Bass
  - 5-Negative Binomial
  - 6-Fuzzy Control
  - 7-Fuzzy If-Then Rule-base
  - 8-Mamdani
  - 9-Takagi-Sugeno
  - 10-Antecedent
  - 11-Consequent
  - 12-Fuzzification
  - 13-Defuzzification
  - 14-Inference

عضویت آن عدد قطعی در عدد فازی مربوط را نشان می‌دهد. اگر درجه عضویت عنصر  $\lambda$  از بردار ورودی در عدد فازی مربوط به خود در قاعده  $\lambda$  را با  $\mu_j$  نشان داده شود. در مرحله بعد لازم است تا خروجی هر یک از قواعد به صورت مستقل ارزیابی شود به عبارتی، قواعد به موازات هم عمل می‌کنند. در اغلب موارد، بین متغیرهای موجود در مقدم قواعد and قرار دارد. از این رو، بین درجات عضویت هر یک از عناصر بردار ورودی در یک قاعده، یکی از عملگرهای t-norm به کار گرفته می‌شود که متداول‌ترین آن‌ها عملگرهای  $\min$  و ضرب جبری<sup>۱</sup> هستند. به عبارتی داریم:

$$\alpha_i = \prod_{j=1}^m \mu_j \quad (۲) \quad \text{و یا} \quad \alpha_i = \min \{ \mu_j ; j = 1, \dots, n \} \quad (۱)$$

جائیکه  $\alpha_i$  درجه تطابق<sup>۲</sup> داده مربوط با قسمت مقدم قاعده  $\lambda$  را نشان می‌دهد.

سپس بین عدد فازی موجود در تالی قاعده  $\lambda$  و  $\alpha_i$  مجدداً یکی از عملگرهای t-norm به کار گرفته می‌شود که این عمل را استلزام<sup>۳</sup> می‌نامند. به این ترتیب، درجه عضویت هر عدد حقیقی در عدد فازی جدید در تالی قاعده  $\lambda$  با توجه به یکی از روابط (۳) یا (۴) قابل محاسبه خواهد بود:

$$\mu_i^{Con}(y) = \min \{ \alpha_i, \mu_i(y) \} \quad (۳) \quad \text{یا}$$

$$\mu_i^{Con}(y) = \alpha_i \cdot \mu_i(y) \quad (۴)$$

اگر از عملگر  $\min$  برای استلزام استفاده کنیم، عدد فازی در تالی قاعده با خط افقی به ارتفاع

$\alpha_i$  برش می‌خورد و در صورتی که از عملگر ضرب جبری استفاده کنیم، همان عدد فازی موجود در تالی قاعده را در مقیاسی کوچکتر خواهیم داشت.

اکنون خروجی هر قاعده، استنتاج شده‌است و باید این خروجی‌ها را با هم ادغام کنیم تا خروجی نهایی را محاسبه نماییم. فرآیند ادغام خروجی قواعد، ادغام<sup>۴</sup> نامیده می‌شود. برای ادغام، یکی از عملگرهای s-norm بکار گرفته می‌شود که در اکثر موارد از عملگر  $\max$  استفاده می‌شود. برخی از اعداد در فضای مرجع خروجی، در بیش از یک قاعده درجه عضویت بزرگ‌تر از صفر خواهند داشت. از همین رو، دو شیوه مختلف برای ادغام خروجی قواعد وجود دارد. شیوه اول، درجه عضویت نقاطی از فضای مرجع خروجی را که در خروجی بیش از یک قاعده قرار دارند برابر حاصل جمع درجات عضویت در نظر می‌گیرد و شیوه دوم این درجه عضویت را برابر  $\max$  درجات عضویت در نظر می‌گیرد.

تا اینجا، یک مجموعه فازی (معمولاً نامنظم) به دست آمده‌است. اما از آنجا که در بسیاری از سیستم‌ها لازم است تا خروجی به صورت یک عدد قطعی مشخص شود لذا باید این مجموعه فازی

1-Algebraic Product

2-Adaptability

3-Implication

4-Aggregation

نهایی را به یک عدد قطعی تبدیل نماییم (فازی‌زدایی). باتوجه به شیوه ادغام، دو روش مشهور برای عمل فازی‌زدایی وجود دارد: روش مرکز مجموع<sup>۱</sup> (COS) که بر مبنای شیوه اول ادغام است و روش مرکز ناحیه<sup>۲</sup> (COA) که بر مبنای شیوه دوم ادغام است. روابط محاسبه خروجی نهایی مدل به روش COS و COA به صورت زیر است (Zimmermann, 1996):

$$y^{COS} = \frac{\int_Y \left( \sum_{i=1}^c \mu_i^{Con}(y) \right) dy}{\int_Y \left( \sum_{i=1}^c \mu_i^{Con}(y) \right) dy} = \frac{\sum_{i=1}^c \int_Y y \mu_i^{Con}(y) dy}{\sum_{i=1}^c \int_Y \mu_i^{Con}(y) dy} \quad (5)$$

$$y^{COA} = \frac{\int_Y y \mu^{Con}(y) dy}{\int_Y \mu^{Con}(y) dy} \quad (6)$$

$$\mu^{Con}(y) = \max \{ \mu_i^{Con}(y) ; i = 1, 2, \dots, c \}$$

جائی که

### -مدل فازی ناگای- ساگنو (TS)

یک مدل فازی از نوع TS همانند یک مدل فازی از نوع ممدانی است با این تفاوت که تالی قواعد در مدل TS به جای اعداد فازی، معادلات خطی هستند.

اگرچه مدل‌های فازی ممدانی با مدل‌های ذهنی انسان‌ها تطابق بیشتری دارند، اما دقت مدل‌های فازی TS بیشتر است. به همین دلیل است که برای استنتاج خروجی یک سیستم برای مقاصد عملی، مدل‌های فازی TS مناسب‌ترند. ابتدا همانند آنچه در مورد نحوه استنتاج از یک مدل

ممدانی بیان شد، درجه تطابق بردار ورودی با هر قاعده یعنی  $\alpha_i$  را محاسبه می‌کنیم. خروجی هر قاعده، با جایگزینی مقادیر بردار ورودی در معادله آن قاعده محاسبه می‌شود اما این بار برخلاف مدل ممدانی، خروجی قواعد، اعداد قطعی خواهند بود و بنابراین نیازی به فازی‌زدایی وجود نخواهد داشت.

اعتبار خروجی هر قاعده برابر با درجه تطابق بردار ورودی با مقدم آن قاعده یعنی  $\alpha_i$  خواهد

بود. اگر معادله تالی قاعده  $m$ ام را با  $f_i(x_1, \dots, x_m)$  نشان دهیم، خروجی نهایی مدل از رابطه (۷) محاسبه می‌شود (Takagi and Sugeno, 1985).

1-Center Of Sums

2-Center Of Area

$$y = \frac{\sum_{i=1}^c \alpha_i f_i(x_1, \dots, x_m)}{\sum_{i=1}^c \alpha_i} \quad (7)$$

## مرور ادبیات

براساس بررسی مقالات در حوزه پیش‌بینی ضریب نفوذ اینترنت، از حیث انتخاب کشورها برای نمونه‌سازی مدل‌ها سه دسته‌بندی کلی قابل تفکیک است: (۱) مطالعاتی که مدل‌سازی را بر مبنای مجموعه‌ای از اطلاعات کشورها بدون توجه به ویژگی خاصی جهت انتخاب آن‌ها پرداخته‌اند (Bo- Ramesh, 2006; Lee & Heshmati, 2006; naccorsti, et al., 2005)؛ (۲) مقالاتی که از کشورهای موجود در یک منطقه یا گروه از کشورهای عضو پیمان خاص جهت مدل‌سازی استفاده نموده‌اند (Kiiskia & Pohjola, 2002; Hargittai, 1999; Meng-chun and Gee, 2006)؛ و (۳) مجموعه مقالاتی که براساس یک شاخص خاص به دسته‌بندی و انتخاب کشورها برای مدل‌سازی اقدام نموده‌اند (Andrés, et al, 2008; Cuervo, 2006).

بیلاک و دیمیترووا<sup>۱</sup> (۲۰۰۳)، مجموعه اطلاعاتی خود را با استفاده از ۱۰۵ کشور شامل کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه انتخاب کرده‌اند. نتایج مدل آن‌ها نشان می‌دهد که درآمد سرانه به‌عنوان مهم‌ترین متغیر شناخته شده‌است. مطالعه لی و حشمتی<sup>۲</sup> (۲۰۰۶) به بررسی داده‌های مربوط به ۵۹ کشور مختلف در دوره ۱۹۹۵-۲۰۰۲ پرداخته است که نشان می‌دهد ضریب نفوذ کامپیوتر، تعداد مشترکان تلفن ثابت، شاخص توسعه زیرساخت‌ها و درصد جمعیت شهری در کشورها اثر مثبت و معنادار بر سطح تعادلی ضریب نفوذ اینترنت دارد (Lee & Heshmati, 2006).

کیسکیا و پجلااب<sup>۳</sup> (۲۰۰۲) در ارائه مدل خود از تقسیم داده‌ها به کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی (OECD) و کشورهای غیر عضو OECD که در سال ۱۹۹۵ بیش از یک میلیون نفر جمعیت داشته و بیش از ۵۰ میزبان اینترنتی داشته‌اند، استفاده شده‌است. در مدلی که برای کشورهای عضو OECD استنتاج شده، وجود متغیرهای مجازی برای کشورها تأثیر مثبت درآمد سرانه را بهتر نشان داده‌است در حالی که در مدل دوم، درآمد سرانه به وضوح تأثیر مثبت خود را در تعداد کاربران اینترنت نشان می‌دهد (Kiiskia & Pohjola, 2002).

مطالعه ترک و ترک<sup>۴</sup> (۲۰۰۸)، کشورهای عضو اتحادیه اروپا را در میزان استفاده از باند پهن مورد بررسی قرار داده‌است (Turk & Turk, 2008). در حالی که مطالعه رامش<sup>۵</sup> (۲۰۰۶) جامعه آماری خود را از میان داده‌های ۱۲ کشور OECD و ۱۱ کشور آسیای جنوب شرقی توآمان استفاده نموده‌است (Ramesh, 2006).

1-Beilock and Dimitrova

2-Lee and Heshmati

3-Kiiskia and Pohjolab

4-Turk and Turk

5-Ramesh

منگ-چون، لیو و جی‌سان<sup>۱</sup> (۲۰۰۶)، از ۱۲ کشور سازمان همکاری‌های اقتصادی آسیا (APEC) در دوره ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۲ برای پیش‌بینی ضریب نفوذ اینترنت استفاده کرده‌اند (Meng-chun and Gee, 2006). هارگیتای<sup>۲</sup> (۱۹۹۹) از ۱۸ کشور OECD به صورت مقطع زمانی از آخرین داده‌های در دسترس استفاده نموده‌اند و نتایج مدل نشان می‌دهد که درآمد سرانه، یک پیش‌بینی‌کننده خوب برای اینترنت به حساب می‌آید اما اضافه کردن متغیرهای سطح تحصیلات و زبان انگلیسی برآزش آنرا بهتر می‌نماید که نشان‌دهنده آن است که درآمد سرانه تنها متغیر تعیین‌کننده برای پیش‌بینی ضریب نفوذ اینترنت نیست. براساس این تحقیق، سیاست‌گذاری و ساختار آن از حیث انحصاری یا رقابتی بودن تأثیر مستقیم بر توسعه نفوذ اینترنت گذاشته و رقابت باعث افزایش انتشار اینترنت می‌گردد (Hargittai, 1999).

در مطالعه اندرس<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۸) انجام یافته‌است، ۱۹۹ کشور مختلف در دو دسته کشورهای با درآمد بالا و بالاتر از میانگین و کشورهای پایین‌تر از میانگین و با درآمد پایین تقسیم‌بندی شده‌است (Andrés, et al, 2008).

کوئرو و منندز<sup>۴</sup> (۲۰۰۶) در مطالعه خود به بررسی عوامل مؤثر بر شکاف دیجیتالی با تکیه بر وضعیت نفوذ اینترنت در میان ۱۵ کشور عضو اتحادیه اروپایی با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۰۱، کشورها را براساس دو فاکتور کلی دسته‌بندی کرده‌است: فاکتور اول مرتبط با زیرساخت‌های ICT و نفوذ آن در میان کسب‌وکارها و خانوارها و فاکتور دوم مربوط به خدمات دولت‌الکترونیکی و هزینه‌های اینترنت است. نتایج آن‌ها بیان می‌نماید که چهار کلاستر در میان این کشورها براساس دو فاکتور فوق قابل تشخیص است. روشی که آن‌ها برای کلاسترینگ کشورها انتخاب کرده‌اند استفاده از رویکرد آنالیز فاکتور<sup>۵</sup> با استفاده از روش محورها و ترکیبات اصلی<sup>۶</sup> برای دسته‌بندی کشورها از حیث سطح توسعه دیجیتالی بوده‌است. از دیدگاه آن‌ها، کلاسترینگ این کشورها باعث ایجاد نگرش دیگری به مقوله شکاف دیجیتالی بوده و کشورها را از حیث توسعه دیجیتالی و نیز نقاط ضعف و قوت آن‌ها دسته‌بندی می‌نماید (Cuervo, & Mene'ndez, 2006).

همچنین از حیث روش آماری مورد استفاده در مقالات مربوط به پیش‌بینی اینترنت، در مدل‌های متداول برای پیش‌بینی نفوذ اینترنت و یا شناسایی عوامل مؤثر بر عرضه و تقاضای آن از جنبه روش‌های آماری، از سه روش سری‌های زمانی<sup>۷</sup>، داده‌های مقطعی<sup>۸</sup> و داده‌های تابلویی<sup>۹</sup> استفاده می‌شود. برخی مقالات از نمونه‌های یک کشور برای برآورد وضعیت توسعه سرویس‌های اینترنت استفاده نموده‌اند. با توجه به عمر نه‌چندان زیاد توسعه تجاری اینترنت در جهان، روش‌های سری زمانی تعداد داده‌های کافی را در اختیار قرار نمی‌دهد. با این وجود در برخی از مقالات با

1-Meng-chun, Liu and Gee San

2-Hargittai and Eszter

3-Andrés

4-Cuervo and Mene'ndez

5-Factor Analysis

6-Principal Components and Axis

7-Time Series

8-Cross-Section

9-Panel Data

کوتاه کردن بازه‌های زمانی سعی در رفع این مشکل نموده‌اند. سان و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۸) در مطالعه خود از داده‌های سری زمانی بر حسب ماه‌های مختلف برای سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ در بررسی وضعیت و روند ۴ سرویس اتصال دو نوع ADSL و دو نوع VDSL استفاده نموده‌اند (Sohn, et al., 2008). لام و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۴)، با توجه به داده‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۲ ویتنام براساس سری زمانی در بازه‌های هفتگی به پیش‌بینی و برآورد مشترکان اینترنت در کشور ویتنام بهره برده‌اند (Lam, et al., 2004).

در برخی مقالات نیز از روش‌های داده‌های مقطعی برای بررسی تأثیرگذاری متغیرهای مختلف بر تقاضای خدمات اینترنتی و نیز توسعه و نفوذ آن استفاده شده‌است. در برخی از این مطالعات براساس داده‌های جمع‌آوری شده از پرسشنامه‌های طراحی شده انجام یافته‌است (Bonaccors- Caselli, et al., 2001; Chaudhuri, et al., 2005; Forman et al., 2005; Goldfarb and Prince, 2007; Hargittai, 1999; Kiiskia & Pohjola, 2002; LaRose, et al., 2007; Madden & Simpson, 1996; Turk & Turk, 2008).

و در نهایت استفاده از روش داده‌های تابلویی که از مزایای هر دو روش بهره برده و مشکل کمبود اطلاعات و داده‌ها را نیز جبران می‌نماید در پیش‌بینی نفوذ اینترنت متداول است (Kiiskia & Pohjola, 2002; Andrés, et al., 2008; Meng-chun & San, 2006; Ramesh, 2006).

## روش پژوهش

### -متدولوژی توسعه مدل فازی - نفوذ برای پیش‌بینی ضریب نفوذ اینترنت

فرآیند توسعه مدل بدین‌گونه است که در مرحله اول شاخص‌های مناسب برای ساخت مدل براساس بررسی مقالات انتخاب شده، سپس براساس بررسی وضعیت دسترسی اطلاعات مربوط به این شاخص‌ها، کشورهای مناسب جهت ساخت مدل تعیین می‌شود. در مرحله بعد با به‌کارگیری روش رگرسیون گام‌به‌گام<sup>۳</sup> مؤثرترین شاخص‌ها جهت کلاسترینگ نمونه‌ها و ایجاد سیستم کنترل فازی انتخاب می‌گردد. سپس، با استفاده از روش Fuzzy C-Mean تعداد کلاسترهای بهینه تعیین شده و با به‌کارگیری مدل فازی تاکاگی- ساگنو (TS) قواعد اگر-آنگاه استخراج می‌گردد. همزمان با ساخت قواعد اگر- آنگاه با به‌کارگیری نمونه‌های تعیین شده مربوط به هر کلاستر، مدل رگرسیونی مناسب با استفاده از تئوری نفوذ و روش استاچ و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۲) برای هر کلاستر مبتنی بر روش آماری داده‌های تابلویی ایجاد می‌گردد. در پایان، با قراردادن معادلات رگرسیونی در بخش معادلات سیستم کنترل فازی، مدل فازی-نفوذ توسعه می‌یابد.

### -گردآوری داده‌ها

برای مدل‌سازی و پیش‌بینی روند نفوذ سرویس‌های مختلف در سطح کشور، لازم بود تا اطلاعات موردنیاز در سطح کشورهای مختلف دنیا جمع‌آوری گردد تا در مدل‌سازی مورد استفاده

1-Sohn, et al.

2-Lam, et al.

3-Step by Step Regression

4-Estache, et al.



قرار گیرد. به این منظور، این اطلاعات از بانک‌های اطلاعاتی معتبر مانند WDI و ITU و در مواردی که اطلاعات مورد نیاز وجود نداشته از بانک اطلاعات UNESCO و گزارش‌های مختلف مانند HDI بر اساس نیاز پروژه استخراج و پالایش شده و در یک بانک اطلاعاتی کامل از مجموعه ۲۰۰ کشور تهیه گردید. نهایتاً براساس متغیرهای دارای مقدار، ۱۵۳ کشور در بازه زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۶ در این مقاله، مطالعه گردیده‌اند. برای شاخص توسعه و نفوذ اینترنت از ضریب نفوذ اینترنت<sup>۱</sup> استفاده شده‌است که به معنای تعداد کاربران اینترنت در هر ۱۰۰ نفر از افراد جامعه است.

### -ابزارهای مورد استفاده

جهت انتخاب شاخص‌های مؤثر بر کلاسترینگ نمونه‌ها در روش رگرسیون گام‌به‌گام از نرم‌افزار Matlab 8.0 استفاده شده و در تخمین مدل نفوذ برای هر کلاستر برای داده‌های تابلویی از نرم‌افزار Eviews 6.0 استفاده گردیده‌است. همچنین در پیش‌بینی متغیرهای مستقل در مطالعه موردی ایران از نرم‌افزار SPSS 17.0 استفاده شده‌است.

### کلاسترینگ کشورها

#### شناسایی شاخص‌های مؤثر برای کلاسترینگ و توسعه مدل

مجموعه شاخص‌های مؤثر بر توسعه تقاضا و نیز ضریب نفوذ اینترنت از تئوری و مجموعه مقالات مختلف استخراج و جمع‌آوری گردید. این مجموعه متغیرها در دو مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرد:

در مرحله اول جهت انجام خوشه‌بندی کشورها و براساس روش رگرسیونی گام‌به‌گام شاخص‌های مهم تأثیرگذار بر انجام کلاسترینگ کشورها انتخاب می‌گردد. در مرحله دوم، پس از انتخاب شاخص‌های مؤثر بر کلاسترینگ کشورها، با استفاده از روش فازی که در قسمت بعد تشریح می‌گردد، نمونه آماری مربوط به هر کلاستر از کشورها به دست می‌آید.

برای تأمین اطلاعات مورد نیاز، داده مورد استفاده برای هر کشور مساوی با متوسط داده‌های سه سال آخر آن در نظر گرفته شده‌است. براین اساس کشورهایی که داده‌های سه سال آخر را برای هر کدام از شاخص‌های مورد بررسی در اختیار نداشتند، از پایگاه در مرحله اول حذف گردیدند و مابقی کشورها برای پیاده‌سازی مدل رگرسیونی گام‌به‌گام مورد استفاده قرار گرفتند.

براساس فیلترینگ صورت گرفته، ۱۲۵ کشور به همراه ۱۳ شاخص توضیحی (درصد شهرنشینی، جمعیت، خانوارها، تراکم جمعیت، سرمایه‌گذاری سالانه در مخابرات، هزینه تماس محلی با تلفن ثابت (ساعات پیک)، هزینه تماس محلی با تلفن ثابت (ساعات غیرپیک)، درصد نیروی کار (مشارکت اقتصادی)، تولید ناخالص داخلی، بازبودن اقتصاد، ارزش افزوده صنعت و خدمات، ضریب نفوذ کامپیوتر شخصی، ضریب نفوذ تلفن ثابت) و (شاخص وابسته (ضریب نفوذ اینترنت) برای استخراج شاخص‌های اصلی کلاسترینگ اینترنت انتخاب گردید.

#### شاخص‌های اصلی جهت انجام کلاسترینگ

در مرحله بعد روش رگرسیونی گام‌به‌گام برای حالت‌های مختلف متغیرهای توضیحی و وابسته

اجرا شد که در سطح معنی‌داری<sup>۱</sup> ۹۵٪ متغیرهای توضیحی: (۱) تعداد خطوط تلفن ثابت به‌ازای هر ۱۰۰ نفر جمعیت (MFL)<sup>۲</sup>، (۲) درجه بازبودن اقتصاد (OPN)<sup>۳</sup>، (۳) تعداد کامپیوترهای شخصی به‌ازای هر ۱۰۰ نفر جمعیت (PCI)<sup>۴</sup> به‌همراه متغیر وابسته تعداد کاربران اینترنت در ۱۰۰ نفر جمعیت (IUI) جهت تعیین تعداد کلاسترهای بهینه و شکل‌دهی قواعد اگر- آنگاه فازی انتخاب می‌گردند.

### تعیین تعداد کلاسترهای بهینه در مدل فازی- نفوذ اینترنت

تقسیم‌بندی مناسب داده‌ها در یک فضای مدل‌سازی می‌تواند منجر به دستیابی خروجی‌های بهتر همراه با تفسیر مناسب در ارتباط با قواعد حاکم بر فضای پیش‌بینی گردد. از این‌رو اولین مرحله ساخت یک مدل فازی تعیین تعداد بهینه کلاسترها است. اگرچه الگوریتم‌های متفاوتی برای کلاسترینگ<sup>۵</sup> داده‌ها در ادبیات موضوع معرفی شده‌اند، عمده روش‌های استخراج قواعد بر مبنای الگوریتم FCM<sup>۶</sup> می‌باشد. در این تحقیق از روش چن و لینکن<sup>۷</sup> (۲۰۰۳)، به‌عنوان یکی از روش‌های مرسوم در الگوریتم FCM استفاده می‌شود. با توجه به شاخص‌های منتخب جهت کلاسترینگ اینترنت و وضعیت اطلاعاتی موجود کشورها برای ۴ شاخص انتخاب‌شده، تعداد ۱۵۳ کشور جهت اجرای فرآیند کلاسترینگ مورد استفاده قرار گرفتند. معادله (۸) جهت تعیین تعداد خوشه‌های بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$\min S(c) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (\mu_{ik})^m (\|x_k - v_i\|^2 - \|v_i - \bar{x}\|^2) \quad (8)$$

که در آن:

$n$ : تعداد نمونه‌ها؛  $r$ : تعداد کلاسترها ( $r \geq 2$ )؛  $x_k$ : نمونه  $k$ ام؛  $\bar{x}$ : متوسط نمونه‌ها از  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ؛  $v_i$ : مرکز کلاستر؛  $\| \cdot \|$ : نرم؛  $\mu_k$ : درجه عضویت  $k$ امین داده در  $i$ امین کلاستر و  $m$ : وزن قابل تنظیم (3, 1.5, ..., 3).  $(m = 1.5 \dots 3)$ .

هدف از مدل فوق تعیین تعداد کلاسترهای بهینه به‌منظور کمینه‌سازی مقدار  $S(c)$  می‌باشد. در واقع هدف از بخش اول مدل، کمینه‌سازی پراکندگی داده‌های داخل هر کلاستر و هدف از بخش دوم بیشینه‌سازی پراکندگی کلاسترها است. همانطور که در نمودار (۱) مشاهده می‌شود، برای مدل اینترنت، تعداد کلاسترهای بر اساس مقادیر  $S(c)$ ، تعداد ۳ کلاستر با  $S(c) = 295145$  می‌باشد.

1-P-Value

2-Main Fixed Lines per 100 inhabitants

3-Openness

4-Personal computer per 100 inhabitants

5-Clustering

6-Fuzzy C-Mean

7-Chen and Linkens



نمودار(۱): تعداد بهینه کلاسترها برای ساخت مدل فازی- نفوذ اینترنت

با توجه به ۳ کلاستر محاسبه شده برای مدل اینترنت، مراکز کلاستر برای این کلاسترها به شرح ماتریس ذیل ارائه می‌گردد.

MFL: ضریب نفوذ تلفن ثابت  
 OPN: باز بودن اقتصاد  
 PCI: ضریب نفوذ کامپیوتر  
 INU: ضریب نفوذ اینترنت

<i>C / I</i>	<i>MFL</i>	<i>OPN</i>	<i>PCI</i>	<i>INU</i>
<i>Cluster1</i>	16.63	116.73	12.81	18.95
<i>Cluster2</i>	11.45	64.46	7.08	10.90
<i>Cluster3</i>	35.75	173.30	38.88	45.93

خروجی دیگر مدل فوق یک ماتریس  $k \times r$  بوده که نشان‌دهنده درجه عضویت هر نمونه در هر کلاستر است.

### ویژگی‌های کلاسترها

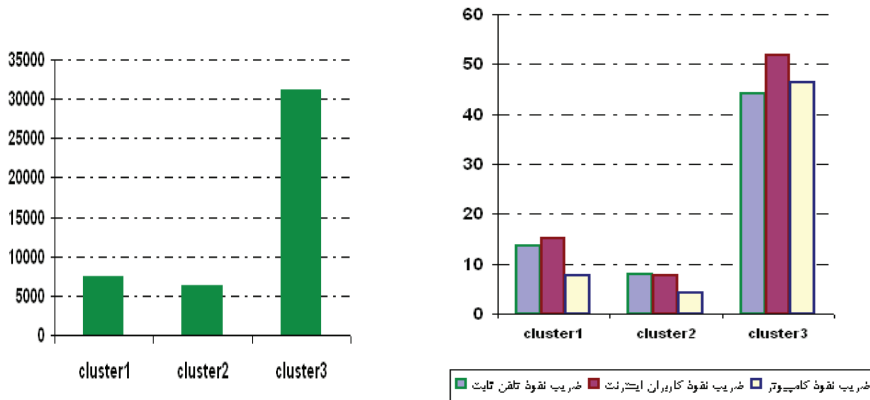
براساس اجرای کلاسترینگ فازی، در کلاستر اول، ۴۸ کشور قرار گرفته‌اند، در کلاستر دوم، ۸۴ کشور قرار گرفته‌است که ایران نیز جزء این کلاستر است و در کلاستر سوم، ۳۷ کشور قرار گرفته‌اند.

## جدول (۱): کشورهای موجود در کلاسترها

کلاسترها	کشورها
کلاستر اول	آنگولا، آذربایجان، اردن، بحرین، بلاروس، بلیز، بروئی دارالسلام، جامائیکا، بوسنی و هرزگوین، کامبوج، شیلی، کویت، کنگو، قرقیزستان، لهستان، لستو، لیتوانی، موریتانی، ماریتوس، مولداوی، منگولیا، جیبوتی، گینه استوایی، فیجی، گامبیا، جورجیا، گویانا، هندوراس، نامیبیا، هلند، نیکاراگوا، عمان، پاناما، گینه نو، پاراگوئه، قطر، عربستان، صربستان، وینسنت، سوایلیند، تایلند، تونگا، ترینیداد و توباگو، تونس، ترکمنستان، اوکراین، واناتو، ویتنام
کلاستر دوم	افغانستان، آلبانی، الجزایر، آنگولا، آرژانتین، ارمنستان، آذربایجان، بنگلادش، بنین، بوتان، بولیوی، بوتسوانا، برزیل، بورکینافاسو، برونڈی، کامرون، کیپ ورد، افریقای مرکزی، چاد، شیلی، چین، کلمبیا، کموروس، جمهوری دموکراتیک کنگو، کنگو، کاند دلواپر، جیبوتی، دومینیکن، اکوادور، مصر، السالوادور، اریتره، اتیوپی، گابن، گامبیا، جورجیا، غنا، گواتمالا، گینه، گینه بیسائو، هائیتی، هند، اندونزی، <b>ایران</b> ، کنیا، قرقیزستان، لاو، لبنان، ماداگاسکار، مالاوی، مالی، موریتانی، مکزیک، مراکش، موزامبیک، نیکاراگوا، نیجر، نیجریه، عمان، پاراگوئه، پرو، فیلیپین، رومانی، روسیه، رواندا، عربستان، سنگال، افریقای جنوبی، سریلانکا، سودان، سورینام، سوریه، تاجیکستان، تانزانیا، توگو، تونگا، تونس، ترکیه، اوگاندا، اوروگوئه، ازبکستان، واناتو، ونزوئلا، زامبیا
کلاستر سوم	آنتیگوا و باربودا، اتریش، باربوداس، بلژیک، کانادا، کاستاریکا، جمهوری چک، دانمارک، استونی، فنلاند، فرانسه، آلمان، یونان، گویانا، هنگ کنگ، مجارستان، ایسلند، ایرلند، ایتالیا، جمهوری کره، لاوس، لوگزامبورک، ماکائو، مالزی، نیوزلند، نروژ، پر تغال، سیچلس، سنگاپور، اسلواکی، اسلونی، اسپانیا، سوئد، سوئیس، امارات متحده عربی، انگلستان، امریکا

با نگاهی به ترکیب کشورهای موجود در هر کلاستر ملاحظه می‌گردد که در کلاستر اول، بخش عمده کشورهای آسیایی، اروپای شرقی و مرکزی جای دارند. کلاستر دوم تمرکز خاصی بر روی کشورهای آفریقایی داشته و در مرحله بعد سهم عمده‌ای از کشورهای آمریکای لاتین و کشورهای خاورمیانه را از جمله ایران به خود اختصاص داده‌است. در مقابل کشورهای مربوط به کلاستر سوم تفاوت زیادی با دو کلاستر دیگر داشته به گونه‌ای که کلیه کشورهای اروپای شمالی و غربی و کشورهای پیشرفته آسیای جنوب شرقی در این کلاستر جای می‌گیرند.

بررسی میانگین شاخص‌های مربوط به ضریب نفوذ کامپیوتر، تلفن ثابت و اینترنت در کلاسترها نشان می‌دهد که به‌عنوان مثال میانگین ضریب نفوذ تلفن ثابت، در کلاستر سوم ۱۴/۴۴، در کلاستر اول ۵۴/۱۳ و در کلاستر دوم ۹۷/۷ می‌باشد. میانگین ضریب نفوذ کاربران اینترنت، در کلاستر سوم ۷۲/۵۱، در کلاستر اول ۰۱/۱۵ و در کلاستر دوم ۸/۷ می‌باشد. ضریب نفوذ کامپیوتر نیز، در کلاستر سوم ۳۲/۴۶، کلاستر اول ۷۴/۷ و کلاستر دوم ۱۹/۴ درصد است. همانطور که ملاحظه می‌شود، تفاوت آشکاری میان شاخص‌های مبین زیرساخت فناوری بین کلاستر سوم با دو کلاستر دیگر وجود دارد.

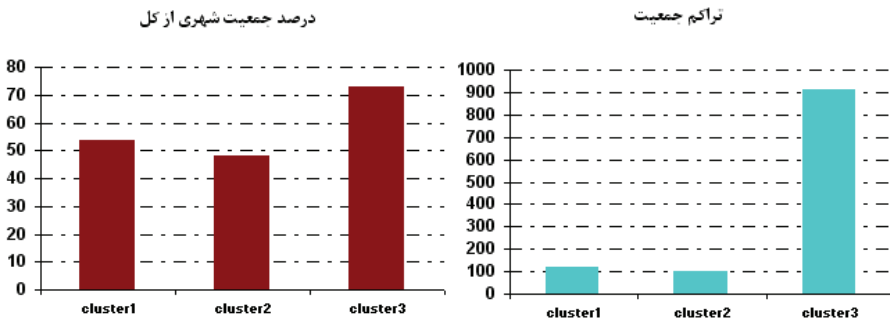


نمودار(۳): وضعیت میانگین کلاسترهای اینترنت از نظر GDP سرانه

نمودار(۲): وضعیت میانگین کلاسترها از نظر ضریب نفوذ اینترنت، تلفن ثابت و کامپیوتر شخصی

میانگین GDP سرانه، در کلاستر سوم ۳۰۹۳۱، در کلاستر اول ۷۳۳۸ و در کلاستر دوم ۶۰۴۳ می‌باشد. که به‌خوبی وضعیت ثروت و درآمد کشورها را به‌لحاظ اقتصادی در کلاسترها نشان می‌دهد.

میانگین درصد جمعیت شهری از کل، در کلاستر سوم ۷۲/۲۴، در کلاستر اول ۵۳/۰۴ و در کلاستر دوم ۴۷/۶۵ می‌باشد. در ارتباط با تراکم جمعیت نیز تفاوت آشکاری میان کشورهای عضو کلاستر سوم با دو کلاستر دیگر وجود دارد.



نمودار(۴): وضعیت میانگین کلاسترهای اینترنت از نظر درصد شهرنشینی و تراکم جمعیت

## وضعیت ایران

وضعیت کشور ایران از حیث نفوذ اینترنت به شرح جدول زیر می باشد:

جدول (۲): ضریب نفوذ اینترنت در ایران (منبع: ITU)

۲۰۰۶	۲۰۰۵	۲۰۰۴	۲۰۰۳	۲۰۰۲	۲۰۰۱	۲۰۰۰	۱۹۹۹	۱۹۹۸	۱۹۹۷	۱۹۹۶	۱۹۹۵	۱۹۹۴	ضریب نفوذ اینترنت
۲۵.۵۴۲	۱۷.۶۹۴	۱۵.۱۸۹	۷.۲۳۷	۴.۷۴۶	۱.۵۵۶	۰.۹۸۲	۰.۳۹۸	۰.۱۰۵	۰.۰۴۹	۰.۰۱۷	۰.۰۰۴	۰.۰۰۰	

## توسعه مدل فازی-نفوذ

## ساخت قواعد اگر-آنگاه مدل اینترنت

پس از انجام کلاسترینگ نوبت به ایجاد قواعد اگر-آنگاه فازی با به کارگیری نتایج کلاسترینگ می رسد. برای ساخت مدل فازی باید مجموعه‌ای از قواعد به شکل زیر را برای هر کلاستر ایجاد نمود:

$$R_i; F \quad x_1 \in A_{i1} \text{ and } x_2 \in A_{i2} \dots x_s \in A_{is} \text{ THEN } y_i = z_i(x) \quad (9)$$

که  $x = (x_1, x_2, \dots, x_s) \in U_1 \times U_2 \times \dots \times U_s$  به عنوان متغیرهای زبانی،  $A_{ij}$  به عنوان مجموعه‌های فازی،  $R_i$  نشان دهنده  $i$  امین قاعده،  $r, i = 1, 2, \dots, r$  و  $y_i$  به عنوان خروجی قاعده  $i$  ام می باشد.  $z_i(x)$  تابعی از بردار  $x$  می باشد.

به منظور ساخت قواعد اگر-آنگاه فازی باید در مرحله اول، درجه عضویت نمونه‌ها به کلاسترها تعیین گردیده و در ادامه نمونه‌های مربوط به هر کلاستر برای ساخت مدل اقتصادی مشخص گردد. به منظور تعیین درجه عضویت نمونه‌ها در کلاسترها از معادله (۱۰) استفاده می شود:

$$u_{ij}(x_j) = \exp\left(-\frac{(x_j - a_j)^2}{\sigma_j^2}\right) \quad (10)$$

جایی که  $a_j$  مرکز تابع عضویت و  $\sigma_j^2$  واریانس آن می باشد. با در نظر گرفتن مرکز کلاستر  $i$  ام به عنوان مرکز بردار  $x$ ،  $\sigma_j^2$  به شرح معادله (۱۱) محاسبه می گردد.

$$\sigma_{ij}^2 = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{jk} - a_{ij})^2}{n} \quad (11)$$

پس از تخمین مقادیر درجه عضویت نمونه‌ها در کلاسترها  $u_{ij}(x_j)$  نوبت به تعیین نمونه‌های مربوط به هر کلاستر می‌رسد. بدین منظور از معادلات (۱۲) و (۱۳) استفاده می‌گردد.

$$m_i(x) = \prod_{j=1}^s u_{ij}(x_j) \quad (12)$$

$$q_i(x) = \frac{m_i(x)}{\sum_{i=1}^r m_i(x)} \quad (13)$$

$m_i(x)$  درجه انطباق بردار  $x$  با قاعده  $i$ ام را نشان می‌دهد. به این ترتیب یک مدل فازی اولیه به دست آمده است که می‌توان به‌ازای بردار ورودی  $x$ ، خروجی این مدل را به کمک رابطه (۱۴) حاصل نمود:

$$y = \sum_{i=1}^r z_i \left[ \prod_{j=1}^s u_{ij}(x_j) \right] / \sum_{i=1}^r \prod_{j=1}^s u_{ij}(x_j), \quad (14)$$

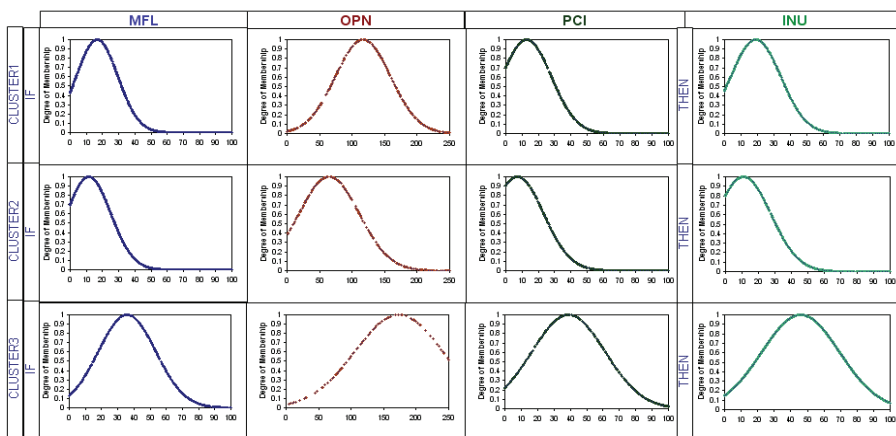
در مرحله بعد توابع عضویت به کمک روابط (۱۵) و (۱۶) اصلاح می‌گردند:

$$\Delta a_{ij} = (y_{dk} - y_k) \frac{(x_{jk} - a_{ij})}{\sigma_{ij}^2} (z_i - y_k) q_i(x) \quad (15)$$

$$\Delta \sigma_{ij} = -(y_{dk} - y_k) \frac{(x_{jk} - a_{ij})^2}{\sigma_{ij}^3} (z_i - y_k) q_i(x) \quad (16)$$

که در آن  $y_k$  و  $Y_{dk}$  به ترتیب خروجی مطلوب و خروجی واقعی می‌باشد.

پس از تعیین  $q_i(x)$  در ادامه پیاده‌سازی مدل، با تعریف حد آستانه (عددی در بازه صفر و یک) نمونه‌های مربوط به هر کلاستر تعیین می‌شود. برای تعیین حد آستانه وضعیت درجات عضویت نمونه‌ها در کلاسترها مورد توجه قرار می‌گیرد. بدین منظور برای تعیین حد آستانه مناسب هدف پیشینه‌سازی آن تا حدی است که مجموع نمونه‌های عضو تمامی کلاسترها از تعداد نمونه‌ها کمتر نباشد. براساس آنالیز درجه عضویت حد آستانه ۰,۴ در نظر گرفته می‌شود. بعد از تعیین حد آستانه (X) در هر کلاستر، تنها از نمونه‌هایی که  $q_i \geq x$  برای مدل‌سازی در مراحل بعدی استفاده می‌شود. بدین ترتیب می‌توان نمونه‌های مربوط به هر کلاستر را از مجموعه نمونه‌های موجود استخراج نمود. براساس روش به کار گرفته شده، ۴۸ نمونه در کلاستر (۱)، ۸۴ نمونه در کلاستر (۲) و ۳۷ نمونه در کلاستر (۳) قرار گرفته‌اند. با توجه به مراکز مربوط به توابع عضویت کلاسترها حاصله از معادله (۱۰) و واریانس حاصله از معادله (۱۲)، قواعد اگر-آنگاه ضریب نفوذ اینترنت در شکل مدل فازی ممدانی به شرح شکل (۱) ارائه می‌گردد.



شکل (۱). قواعد اگر-آنگاه ضریب نفوذ اینترنت در مدل فازی ممدانی

### تعیین مدل نفوذ برآورد برای داده‌های هر کلاستر

برای مدل‌سازی برآورد نفوذ اینترنت از مدل‌های ارائه شده در مطالعات استاچ و دیگران<sup>۱</sup> (۲۰۰۲)، کاسلی و کلمن<sup>۲</sup> (۲۰۰۱) و کیسکی و پجلا<sup>۳</sup> (۲۰۰۲) استفاده گردیده که شکل کاهش‌یافته‌ای از مدل گامپرتز لگاریتمی با سرعت ثابت تعدیل‌یافتگی می‌باشد.

برای توسعه مدل تجربی انتشار در هر کلاستر، از متدولوژی استاچ و دیگران (۲۰۰۲) پیروی شده‌است که تعداد کاربران اینترنت در دوره قبل را به صورت لگاریتمی به سمت راست مدل اضافه

1-Estache, et al.

2-Caselli and Coleman

3-Kiiskia & Pohjola



می‌گردد و مجموعه متغیرهای معرفی شده در این بخش، براساس رهیافت هندری<sup>۱</sup>، در مراحل مختلف و با ترکیب‌های مختلف با رعایت اصل استقلال میان متغیرها وارد مدل شده و براساس سطح معنی‌داری (P-Value) کل و معنی‌داری تک تک متغیرها با توجه به آماره‌های مهم شامل  $R^2$ ،  $\bar{R}^2$ ، مجموع مربعات خطا، سطح معنی‌داری کل رگرسیون و آماره دوربین-واتسون شاخص‌های مؤثر شناسایی گردیده‌اند و طی فرآیند اشاره‌شده با توجه به معنی‌داری در مدل نهایی قرار گرفته‌اند. مجموعه متغیرها و شاخص‌هایی که در فرآیند مدل‌سازی‌ها مورد استفاده و تست آماری قرار گرفته‌است، شامل: تولید ناخالص داخلی، GDP سرانه، درجه بازبودن اقتصاد، ارزش افزوده فعالیت‌های اقتصادی بخش خدمات، ارزش افزوده فعالیت‌های اقتصادی بخش صنعت، جمعیت، درصد (جمعیت) افراد بین ۶۴-۱۵ سال، تراکم جمعیت، جمعیت شهری، درصد جمعیت شهری، تعداد خانوارها، نرخ باسوادی بزرگسالان، نرخ باسوادی جوانان، ضریب جینی، نرخ اشتغال، تعداد خطوط ثابت فعال، درصد خانوارهای دارای تلفن، ضریب نفوذ تلفن ثابت، ضریب نفوذ کامپیوترهای شخصی، درصد خانوارهای دارای کامپیوتر شخصی، ضریب نفوذ تلفن همراه، پهنای باند اینترنت بین‌المللی به ازای هر فرد (بیت بر ثانیه)، درآمد ناشی از خدمات تلفن ثابت، سرمایه‌گذاری در تلفن ثابت، هزینه سه دقیقه مکالمه محلی تلفن ثابت (در زمان غیر اوج)، هزینه سه دقیقه مکالمه محلی تلفن ثابت (در زمان اوج)، شارژ اتصال تلفن ثابت، کل هزینه سرمایه‌گذاری در مخابرات، سهم درآمد مخابرات از GDP، تعداد کل فارغ‌التحصیلان دانشگاهی، کل فارغ‌التحصیلان رشته‌های مهندسی، تولید و ساختمان، تعداد ثبت‌نام‌کنندگان در مقاطع بالاتر از متوسطه، تعداد ثبت‌نام‌کنندگان در مقطع راهنمایی و دبیرستان، درصد فارغ‌التحصیلان بالاتر از متوسطه در کل جمعیت، درصد فارغ‌التحصیلان رشته‌های مهندسی، ساخت و تولید و ساختمان از کل فارغ‌التحصیلان دانشگاهی می‌باشد (Andrés, et al., 2008; Beilock & Dimitrova, 2003; Bohman, 2008; Chaudhuri, et al., 2005; Christopher, & Herbert, 2007; Estache et al., 2002; Frank, 2004; Goldfarb and Prince, 2007; Lam, et al., 2004; LaRose et al., 2007; Meng-chun & San, 2006; Ramesh, 2006).

معادله کلاستر اول، (۱۷):

$$\log(INU_{it}) = \alpha + \beta_1 \log(INU_{it-1}) + \beta_2 \log(PCL_{it}) + \beta_3 \log(TIN_{it}) + \eta_i + \varepsilon_{it}$$

معادله کلاستر دوم، (۱۸):

$$\log(INU_{it}) = \alpha + \beta_1 \log(INU_{it-1}) + \beta_2 \log(GDP_{it}) + \beta_3 \log(PCL_{it}) + \beta_4 \log(ENS_{it}) + \beta_5 \log(FPO_{it}) + \eta_i + \varepsilon_{it}$$

و معادله کلاستر سوم، (۱۹):

$$\log(INU_{it}) = \alpha + \beta_1 \log(INU_{it-1}) + \beta_2 \log(GDP_{it}) + \beta_3 \log(PCL_{it}) + \beta_4 \log(ENSP_{it}) + \beta_5 \log(IBW_{it}) + \eta_i + \varepsilon_{it}$$

همچنین برای مقایسه میان مدل فازی-نفوذ ارائه شده با عدم استفاده از آن، همه داده‌ها بدون انجام کلاسترینگ مدل شده‌اند که معادله مدل فاقد کلاسترینگ عبارتست از:

$$\log(INU_{it}) = \alpha + \beta_1 \log(INU_{it-1}) + \beta_2 \log(PCL_{it}) + \beta_3 \log(MOBP_{it}) + \beta_4 \log(IBW_{it}) + \eta_i + \varepsilon_{it} \quad (۲۰)$$

که در آن‌ها:

- $INU_{it}$ : تعداد کاربران اینترنت در ۱۰۰ نفر جمعیت در کشور  $i$  و دوره  $t$   
 $PCL_{it}$ : تعداد کامپیوترهای شخصی به ازای هر صد نفر جمعیت در کشور  $i$  و دوره  $t$   
 $TIN_{it}$ : سرمایه‌گذاری سالیانه بر روی مخابرات (میلیون دلار) در کشور  $i$  و دوره  $t$   
 $GDP_{it}$ : تولید ناخالص داخلی در کشور  $i$  و دوره  $t$   
 $ENS_{it}$ : تعداد دانش‌آموزان ثبت‌نام‌شده در مقطع تحصیلی راهنمایی و دبیرستان در کشور  $i$  و دوره  $t$   
 $FPO_{it}$ : هزینه سه‌دقیقه مکالمه تلفن ثابت محلی در زمان غیر اوج (برحسب دلار) در کشور  $i$  و دوره  $t$   
 $ENSP_{it}$ : درصد دانش‌آموزان ثبت‌نام شده در مقطع تحصیلی راهنمایی و دبیرستان در کل جمعیت در کشور  $i$  و دوره  $t$   
 $MOBP_{it}$ : ضریب نفوذ تلفن همراه در کشور  $i$  و دوره  $t$   
 $IBW_{it}$ : پهنای باند اینترنت بین‌الملل در کشور  $i$  و دوره  $t$   
 $t$ : سال؛  $\eta_i$ : تأثیرات ثابت کشورها و  $\varepsilon_{it}$ : جمله خطای استاندارد.  
 ساخت مدل فازی-نفوذ اینترنت  
 براساس خروجی‌های دو بخش ساخت قواعد اگر-آنگاه و معادلات نفوذ، مدل فازی-نفوذ به شرح جدول (۳) ارائه می‌گردد.

جدول (۳): مدل فازی-نفوذ در هر کلاستر

Criteria	MFL	OPN	PCL	INU Diffusion Equations
Rule <sub>i</sub>	$N(\mu, \sigma^2)$			
Cluster <sub>1</sub>	(16.63,329)	(116.73,3625)	(12.81,464)	$\log(INU_t) = -1.91 + 0.74 \log(INU_{t-1}) + 0.36 \log(PCL_t) + 0.11 \log(TIN_t)$
Cluster <sub>2</sub>	(11.45,374)	(0 64.46,431)	(7.08,527)	$\log(INU_t) = -12.70 + 0.56 \log(INU_{t-1}) + 0.21 \log(GDP_t) + 0.32 \log(PCL_t) + 0.60 \log(ENS_t) - 0.02 \log(FPO_t)$

$Cluster_3$	(۳۵.۷۵,۶۲۹)	(۱۷۳.۳,۹۰۴۱)	(۳۸.۸۸,۱۰۰۶)	$\log(INU_t) = -3.09 + 0.50 \log(INU_{t-1}) + 0.13 \log(GDP_t) + 0.26 \log(PCL_t) - 0.02 \log(IBW_t) + 0.22 \log(ENSP_t)$
<p>که در آن:</p> <p><math>INU</math>: تعداد کاربران اینترنت در ۱۰۰ نفر جمعیت</p> <p><math>PCL</math>: تعداد کامپیوترهای شخصی به ازای هر صد نفر جمعیت</p> <p><math>TIN</math>: سرمایه‌گذاری سالیانه بر روی مخابرات (میلیون دلار)</p> <p><math>ENS</math>: تعداد دانش‌آموزان ثبت‌نام‌شده در مقطع تحصیلی راهنمایی و دبیرستان</p> <p><math>ENSP</math>: تعداد دانش‌آموزان ثبت‌نام‌شده در مقطع تحصیلی راهنمایی و دبیرستان به کل جمعیت</p> <p><math>FPO</math>: هزینه سه دقیقه مکالمه تلفن ثابت محلی در زمان غیر اوج (بر حسب دلار)</p> <p><math>IBW</math>: پهنای باند اینترنت بین‌الملل؛ <math>GDP</math>: تولید ناخالص داخلی و <math>t</math>: سال</p>				

به‌منظور تعیین صحت مدل فازی- نفوذ و مقایسه نتایج آن با یک مدل دیگر که در آن مفهوم کلاسترینگ مورد استفاده قرار نگرفته، براساس کلیه نمونه‌های موجود (۱۵۳ کشور)، مدل نفوذ استخراج گردیده که معادله آن به شرح ذیل ارائه می‌شود:

$$\log(INU_t) = 0.33 + 0.68 \log(INU_{t-1}) + 0.14 \log(PCL_t) + 0.03 \log(IBW_t) + 0.04 \log(MOB_t) \quad \text{معادله (۲۱)}$$

تجزیه و تحلیل یافته‌ها  
نتایج مدل نفوذ در هر کلاستر

جدول (۴): نتایج برآورد مدل‌های نفوذ اینترنت در هر کلاستر

P-value ضرایب	ضرایب متغیرها	عنوان متغیرهای مدل	متغیرهای مستقل	متغیر وابسته	محدوده داده‌ها
0.038	-1.908	ضریب ثابت	C	لگاریتم ضریب نفوذ اینترنت	کلاستر اول
0	0.736	لگاریتم ضریب نفوذ اینترنت (دوره قبل)	LOG(INTERNET_ PEN?(-۱))		
0.001	0.364	لگاریتم ضریب نفوذ کامپیوتر	LOG(PC_PEN?)		
0.038	0.108	لگاریتم میزان سرمایه‌گذاری در مخابرات	LOG(TELECOM_IN- VEST?)		

P-value ضرایب	ضرایب متغیرها	عنوان متغیرهای مدل	متغیرهای مستقل	متغیر وابسته	محدوده داده‌ها
0.000	-11.563	ضریب ثابت	C	لگاریتم ضریب نفوذ اینترنت	کلاستر دوم
0	0.549	لگاریتم ضریب نفوذ (اینترنت (دوره قبل)	LOG(INTERNET_ PEN?(-۱))		
0.060	0.168	لگاریتم GDP	LOG(GDP?)		
0.000	0.361	لگاریتم ضریب نفوذ کامپیوتر	LOG(PC_PEN?)		
0.002	0.576	لگاریتم تعداد دانش‌آموزان مقطع راهنمایی و دبیرستان	LOG(ENROLMENTS_ SECONDARY?)		
0.066	-3.091	ضریب ثابت	C	لگاریتم ضریب نفوذ اینترنت	کلاستر سوم
0.000	0.504	لگاریتم ضریب نفوذ (اینترنت (دوره قبل)	LOG(INTERNET_ PEN?(-۱))		
0.033	0.261	لگاریتم ضریب نفوذ کامپیوتر	LOG(PC_PEN?)		
0.134	0.024	لگاریتم پهنای باند اینترنت بین‌المللی	LOG(INTBAND- WIDTH_PEN?)		
0.071	0.133	لگاریتم GDP	LOG(GDP?)		
0.078	0.217	لگاریتم درصد دانش‌آموزان مقطع راهنمایی و دبیرستان	LOG(ENROLMENTS_ SECONDR_P?)		
0	0.328	ضریب ثابت	C	لگاریتم ضریب نفوذ اینترنت	همه کشورها (بدون کلاسترینگ)
0	0.678	لگاریتم ضریب نفوذ (اینترنت (دوره قبل)	LOG(INTERNET_ PEN?(-۱))		
0.005	0.137	لگاریتم ضریب نفوذ کامپیوتر	LOG(PC_PEN?)		
0.004	0.034	لگاریتم پهنای باند اینترنت بین‌المللی	LOG(INTBAND- WIDTH_PEN?)		
0.108	0.037	لگاریتم ضریب نفوذ موبایل	LOG(MOBILE_PEN?)		

با توجه به نتایج مدل‌ها در کلاسترهای مختلف، مشاهده می‌گردد که: ضریب نفوذ دوره قبل بر نفوذ اینترنت در دوره بعد در تمامی مدل‌ها اثرگذار بوده است. از این اثر به‌عنوان تأثیرات شبکه‌ای<sup>۱</sup> یاد می‌شود. تولید ناخالص داخلی در کشورهای ضعیف از یک سو و در کشورهای توسعه‌یافته از سوی دیگر به‌عنوان یک متغیر تأثیرگذار متمایز شده است، اما در کشورهایی که در کلاستر اول قرار گرفته و از حیث توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در شرایط میانی قرار گرفته‌اند، اثر معناداری در ایجاد تمایز میان کشورهای آن کلاستر نداشته است. در کشورهای کلاستر دوم، نشان از تأثیرات اقتصادی و اثرگذاری درآمدزایی کشورها در استفاده و توسعه از اینترنت به‌عنوان یک فناوری می‌باشد. کلاستر سوم، مجموعه کشورهای توسعه‌یافته و صنعتی جهان است که از حیث توسعه ضریب نفوذ اینترنت و نیز زیرساخت‌های مخابراتی در بالاترین سطح قرار گرفته‌اند. با توجه به شاخص‌های معنادار برای این کلاستر، هر چه میزان رفاه که تولید ناخالص داخلی به‌عنوان یک نماینده<sup>۲</sup> برای آن در نظر گرفته می‌شود، در این کشورها بالاتر باشد، نفوذ اینترنت نیز بهتر و بیشتر صورت پذیرفته است.

میزان نفوذ کامپیوترهای شخصی در کشورهای ضعیف‌تر (کلاستر اول) و نیز در مدل فاقد کلاسترینگ، با اثر مثبت شناسایی شده است. کامپیوتر به‌عنوان ابزار اصلی برای ارتباط و استفاده از اینترنت بیان می‌نماید که منطقیاً هر چه تعداد کامپیوترهای شخصی افزایش یابد در درجه اول امکان‌پذیری دسترسی به اینترنت تسهیل می‌شود و در درجه بعد، وجود کامپیوتر شخصی، تقاضا برای اینترنت و استفاده از آن را در میان افراد ایجاد می‌کند.

میزان سرمایه‌گذاری سالانه در مخابرات برای کشورهای کلاستر اول نیز با اثرگذاری مثبت برای کشورهای موجود در این کلاستر نشان می‌دهد که هر چه کشوری سرمایه‌گذاری بیشتری در بخش مخابرات داشته است، در واقع، با تأمین زیرساخت‌های لازم امکان فراهم‌آوری دسترسی و بنابراین استفاده بیشتر از اینترنت را برای کاربران در اختیار قرار می‌دهد. این کلاستر چنان‌که اشاره گردید از حیث نفوذ اینترنت یک کلاستر میانی محسوب می‌شود، به‌عبارت دیگر، کشورهایی که در اواسط رشد خود از نظر ضریب نفوذ اینترنت قرار دارند (با میانگین تقریبی ۱۵/۰۱ درصد، در مقایسه با ضریب نفوذ متوسط ۷/۸ برای کلاستر دوم و ضریب نفوذ متوسط ۵۱/۷۲ برای کلاستر سوم) می‌توانند با افزایش میزان سرمایه‌گذاری در بخش مخابرات خود که نقش توسعه‌دهندگی زیرساخت را ایفا می‌نماید، شرایط لازم برای رشد اینترنت را ایجاد نمایند.

قیمت مکالمه محلی با تلفن ثابت در ساعات غیر اوج برای کشورهای ضعیف‌تر که در کلاستر دوم قرار دارند و به‌عنوان یک پروکسی برای هزینه استفاده از اینترنت عمل می‌نماید و با تأثیر منفی خود نشان می‌دهد که هر چه این قیمت پایین‌تر باشد، تعداد استفاده‌کنندگان از اینترنت نیز افزایش خواهد یافت.

تعداد ثبت‌نام‌کنندگان در مقاطع راهنمایی و دبیرستان در کشورهای کلاستر دوم نیز به‌عنوان یک عامل اثرگذار بر توسعه اینترنت مشخص شده است. این شاخص در واقع نشان می‌دهد که مخاطبان عمده اینترنت در کشورهای این کلاستر، دانش‌آموزانی هستند که در سنین نوجوانی و جوانی قرار داشته و از اینترنت به‌عنوان یک ابزار ارتباطاتی استفاده می‌نمایند. جالب آنکه اکثر کشورهای واقع در این کلاستر که از نظر اقتصادی در طبقه پایین قرار دارند (با میانگین درآمد

1-Network Effects

2-Proxy

سرانه ۶۰۴۳ دلار، در مقایسه با میانگین ۷۳۳۹ دلار برای کلاستر اول و میانگین ۳۰۹۳۲ دلار برای کلاستر سوم)، با رشد جمعیت بالا و بنابراین جمعیت جوان دانش‌آموزی نیز روبه‌رو هستند که برای نفوذ اینترنت می‌تواند به‌عنوان یک فرصت تلقی گردد که در صورت ارائه آموزش‌های مناسب در مقاطع تحصیلی آموزش‌های عمومی مدارس، می‌توانند تعداد استفاده‌کنندگان از اینترنت و سایر فناوری‌های نوین ارتباطاتی را در کشور خود توسعه بخشند.

درصد دانش‌آموزان مقاطع تحصیلی راهنمایی و دبیرستان (Secondary) از کل جمعیت در کشورهای کلاستر سوم، به‌عنوان جمعیت نوجوان و جوان از کل جمعیت، تعیین‌کننده مهمی برای ضریب نفوذ اینترنت شناخته شده‌است. همچنان که در کلاستر دوم نیز تعداد جمعیت دانش‌آموزی اثرگذار بوده‌است، نشان می‌دهد که در مجموع چه برای کشورهای ابتدای مسیر توسعه اینترنت و چه برای کشورهای توسعه‌یافته، جمعیت دانش‌آموزی از استفاده‌کنندگان اصلی اینترنت محسوب می‌گردند و بنابراین توجه به این قشر هم در ارائه دسترسی مناسب و هم در ارائه آموزش‌های لازم برای استفاده بهینه از اینترنت و خدمات آن، به‌عنوان یک جامعه هدف تأثیرگذار، بسیار حائز اهمیت است.

سرانه پهنای باند بین‌المللی اینترنت برحسب بیت بر ثانیه کشورهایی که از پهنای باند اینترنت بیشتری برخوردار هستند در واقع زیرساخت لازم برای عرضه اینترنت را در اختیار دارند و بنابراین تقاضای نهفته کمتری داشته و امکان دسترسی با کیفیت را برای افراد جامعه خود فراهم کرده‌اند. با توجه به این شاخص، یکی از شاخص‌های مهمی که برنامه‌ریزان در کشورها برای توسعه اینترنت باید مورد توجه قرار دهند، افزایش پهنای باند بین‌المللی خود به‌ازای جمعیت آن کشور می‌باشد که در واقع توسعه طرف عرضه اینترنت محسوب می‌گردد.

ضریب نفوذ موبایل از این جهت شاید قابل تفسیر می‌باشد که کشورهای با سطح بالای نفوذ موبایل در واقع دارای ساختارهای مناسب برای انتشار فناوری‌های نوین بوده و با پذیرش فناوری‌های مشابه مانند اینترنت که اکنون بر بستر فناوری تلفن همراه نیز قابل ارائه است، از بسترهای لازم برای پذیرش اینترنت به لحاظ زیرساختی و نیز اقتصادی و اجتماعی برخوردار هستند و این یک عامل کاملاً متمایزکننده میان همه کشورها محسوب می‌گردد.

پیش‌بینی ضریب نفوذ اینترنت کشور ایران با به‌کارگیری مدل فازی- نفوذ به‌منظور پیش‌بینی ضریب نفوذ اینترنت در ایران لازم است در مرحله اول، مقادیر هر کدام از متغیرهای مستقل برای سال‌های بعد پیش‌بینی گردد و با جایگزینی مقادیر پیش‌بینی شده در مجموعه معادلات، خروجی نهایی حاصل گردد.

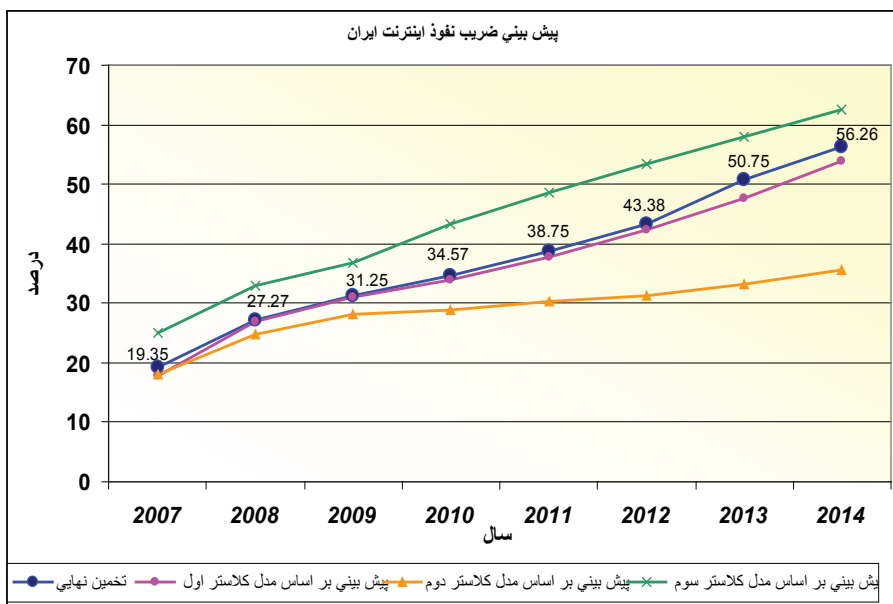
برای پیش‌بینی متغیرهای مستقل از روش‌های سری زمانی و برازش منحنی استفاده شده و با انجام پیش‌بینی‌های مختلف براساس سناریوهای گوناگون، مدل بهینه با توجه به طبیعت هر متغیر و نیز نتایج تست‌های آماری انتخاب شده‌است.

با توجه به مدل مربوط به کلاسترها، مجموعه متغیرهای مستقلی که باید پیش‌بینی گردد شامل ضریب نفوذ کامپیوتر شخصی، سرمایه‌گذاری در مخابرات، تولید ناخالص داخلی، تعداد ثبت‌نام‌کنندگان در مقاطع راهنمایی و دبیرستان، قیمت مکالمه محلی با تلفن ثابت در ساعات غیر اوج و میزان پهنای باند بین‌المللی به‌ازاء هر فرد و ضریب نفوذ موبایل می‌باشد. همچنین برای تعیین درجه عضویت ایران در کلاسترها علاوه بر متغیرهای مورد اشاره باید متغیر درجه بازبودن اقتصاد و نیز ضریب نفوذ تلفن ثابت پیش‌بینی گردد.

با به‌کارگیری مقادیر پیش‌بینی‌شده متغیرهای توضیحی و ورود اطلاعات به‌صورت سالیانه در داخل مدل فازی- نفوذ، مدل پویایی شکل گرفته که خروجی هر سال متغیر وابسته ( $INU_t$ ) به‌عنوان یکی از متغیرهای ورودی سال بعد ( $INU_{t-1}$ ) مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عبارت دیگر، ورود اطلاعات مربوط به متغیرهای توضیحی در هر سال منجر به ارائه خروجی برای هر کلاستر می‌گردد، سپس با توجه به شاخص‌های به‌کارگرفته‌شده در کلاسترینگ، درجه عضویت هر کلاستر در ارائه خروجی نهایی (MM) تعیین گردیده و سپس پیش‌بینی نهایی از طریق میانگین وزنی خروجی‌های حاصله از کلاسترها صورت می‌پذیرد:

جدول (۵): نتایج نهایی پیش‌بینی ضریب نفوذ اینترنت ایران براساس مدل فازی نفوذ در کلاسترها

سال / ضریب نفوذ / درجه عضویت	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
INU	19.35	27.27	31.25	34.57	38.75	43.38	50.75	56.26
INU (C1)	17.9	26.9	30.97	33.94	37.72	42.30	47.67	53.82
INU (C2)	18.06	24.84	28.23	28.75	30.32	31.35	33.20	35.58
INU (C3)	24.90	32.93	36.81	43.26	48.71	53.44	58.07	62.45
MM (C1)	0.09	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.04
MM (C2)	0.23	0.19	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07	0.05
MM (C3)	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.18	0.17



### نمودار (۵): نتایج نهایی پیش‌بینی ضریب نفوذ اینترنت ایران براساس مدل فازی نفوذ در کلاسترها

براساس پیش‌بینی صورت‌گرفته مشاهده می‌شود که ضریب نفوذ اینترنت در ایران در سال ۱۳۸۶ (۲۰۰۷)، ۱۹.۳۵٪ بوده که در سال ۱۳۸۷ (۲۰۰۸) با جهش قابل توجهی به رقم ۲۷.۲۷٪ رسیده‌است. مقدار این شاخص، در سال ۱۳۸۸ (۲۰۰۹) با رشد آرام به ۳۱/۲۵٪ و پس از آن با یک شیب فزاینده و آرام تا سال ۱۳۹۳ به ترتیب با مقادیر ۳۴/۵۷، ۴۳/۳۸، ۵۰/۷۵ به سطح ضریب نفوذ ۵۶/۲۶٪ خواهد رسید.

براساس برآورد مربوط به مدل‌های مبتنی بر کلاسترینگ و مدل کلی فاقد کلاسترینگ، میزان مجموع مربعات خطا به ترتیب ۳۳/۶۶ و ۷۱/۹۹ به‌دست آمده‌است که با تقسیم بر تعداد کشورها در دو مدل، میانگین مربعات خطا برای مدل فازی-نفوذ ۰/۱۹۹ و برای مدل کلی فاقد کلاسترینگ ۰/۴۷۷ به‌دست می‌آید که نشان‌دهنده دقت بالاتر مدل فازی-نفوذ نسبت به مدل کلی می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف ارائه یک الگوی جامع برای پیش‌بینی ضریب نفوذ اینترنت ارائه شده‌است. استفاده از روش کنترل فازی امکان به‌کارگیری داده‌های تابلویی از ۱۵۳ کشور از مناطق مختلف جهان با شرایط مختلف اقتصادی، اجتماعی و اقلیمی را میسر می‌سازد. تا قبل از تحقیق ارائه شده، تمامی محققین برای پیش‌بینی وضعیت آتی یک سرویس ارتباطی در یک کشور یا منطقه خاص به‌گزینش مجموعه‌ای از کشورها با توجه به حداکثر یک شاخص منطقه‌ای یا اقتصادی پرداخته



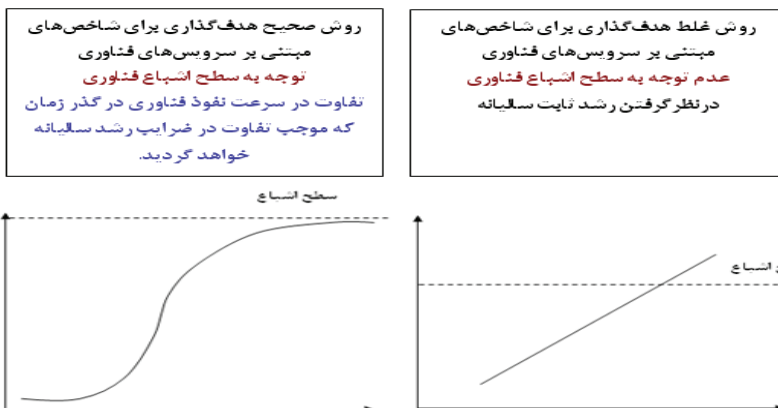
و این درحالی‌است که بکارگیری روش کنترل فازی علاوه بر افزایش تعداد شاخص‌های مربوط به کلاسترینگ و نتیجتاً گزینه‌های بهتر نمونه‌ها برای ایجاد مدل‌های انتشار، امکان به‌کارگیری مدل را برای پیش‌بینی ضریب‌نفوذ کشورها با مشخصه‌های متفاوت ممکن می‌سازد. در واقع وجود قواعد اگر-آنگاه موجب می‌گردد که در زمان ورود داده‌های مربوط به هر کشور، مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل‌های نفوذ مربوط به کلاسترهای مرتبط با آن کشور با ارائه درجات عضویت بیشتر، تأثیر بسیار بالاتری را بر روی خروجی نهایی به نسبت سایر کلاسترها داشته باشند. آنچه از این مقاله برای توصیه‌های مدیریتی و سیاستی نیز قابل استفاده است می‌توان به مجموعه موارد زیر اشاره داشت:

در سند توسعه بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات برنامه چهارم توسعه، به‌منظور هدف‌گذاری مقادیر شاخص‌های سرویس‌های ICT از ضرایب متوسط رشد سالیانه استفاده شده است. به عنوان نمونه، برای ضریب نفوذ تلفن ثابت در کشور ایران، رشد سالیانه ۰.۵٪ لحاظ گردیده که براساس این هدف‌گذاری مقدار این شاخص از ۲۶٪ در سال ۱۳۸۳ به ۵۰٪ در سال ۱۳۸۸ (پایان برنامه چهارم) خواهد رسید.

این درحالی‌است که براساس مطالعاتی که در این مقاله صورت پذیرفت رشد و نفوذ فناوری، سرویس‌ها و خدمات مبتنی بر فناوری از یک روند ثابت برای رشد تبعیت نکرده و ضرایب رشد سالیانه در گذر زمان از یک نمودار S-شکل تبعیت می‌نماید. همچنین مقادیر مربوط به این شاخص‌ها پس از مدتی به یک حد اشباع خواهند رسید.

این دو نکته موضوعاتی است که باید در ارائه هدف‌گذاری‌های بعدی از جمله هدف‌گذاری‌های موردنظر در برنامه پنجم در ارتباط با شاخص‌های مبتنی بر فناوری از جمله سرویس‌های ICT لحاظ گردد.

### شکل (۲): اصول هدف‌گذاری در برنامه‌های توسعه فناوری‌ها



علاوه بر این اصل عمومی، در ارتباط با توسعه اینترنت چنانچه از مدل‌های مربوط به ایران برمی‌آید، عواملی که در توسعه و نفوذ اینترنت در کشور حائز اهمیت است شامل: سرانه پهنای باند اینترنت بین‌الملل، ضریب‌نفوذ کامپیوتر شخصی، سرمایه‌گذاری در مخابرات، تولید ناخالص داخلی،

تعداد ثبت‌نام‌کنندگان در مقاطع راهنمایی و دبیرستان، قیمت مکالمه محلی با تلفن ثابت در ساعات غیر اوج و ضریب نفوذ موبایل می‌باشد.

برخی از این متغیرها جنبه سیاست‌گذاری و کنترلی داشته (سرمایه‌گذاری در مخابرات، سرانه پهنای باند اینترنت بین‌الملل، قیمت مکالمه محلی با تلفن ثابت در ساعات غیر اوج و ضریب نفوذ موبایل) و برخی نیز به‌عنوان پیش‌برنده (تولید ناخالص داخلی، تعداد ثبت‌نام‌کنندگان در مقاطع راهنمایی و دبیرستان، ضریب نفوذ کامپیوتر شخصی) عمل می‌نمایند.

سپاسگزاری:

از حمایت‌های معنوی و مادی مرکز تحقیقات مخابرات ایران، خصوصاً گروه مطالعات راهبردی و اقتصادی و جناب آقای مهندس جلایی سپاسگزاری می‌نماییم. همچنین از رئیس محترم پژوهشکده ICT جهاد دانشگاهی جناب آقای مهندس حبیب‌ا... اصغری و سایر همکارانی که بستر مناسب جهت انجام این پژوهش را ایجاد نمودند، قدردانی می‌گردد.

## منابع:

- Andrés, Luis, Cuberes, David, Diouf, Mame Astou & Serebrisky, Tomás, 2008. "The Diffusion of Internet: A Cross-Country Analysis", The World Bank.
- Beilock, Richard & Daniela V. Dimitrova. 2003. "An exploratory model of inter-country Internet diffusion", *Telecommunications Policy*, 27, 237–252
- Bohman, Helena. 2008. "Income distribution and the diffusion of networks: An empirical study of Brazilian telecommunications", *Telecommunications Policy*, 32.
- Bonaccorsti Andrea, Lucia Piscitello and Cristina Rossi. 2005. "Explaining the Territorial Adoption of New Technologies. A Spatial Econometric Approach", Paper to be presented at 45th Congress of the European Regional Science Association, Vrije Universiteit Amsterdam, Land Use and Water Management in a Sustainable Network Society. 23-27.
- Botelho, Anabela and Costa Pinto, Ligia. 2004. "The diffusion of cellular phones in Portugal", *Telecommunications Policy*, 28, 427–437.
- Caselli, Francesco & Coleman, Wilbur John. 2001. "Cross-Country Technology Diffusion: The Case of Computers," *American Economic Review*, American Economic Association, 91(2), 328-335.
- Chaudhuri, Anindya, Kenneth S. Flamm & John Horrigan. 2005. "An analysis of the determinants of internet access", *Telecommunications Policy*, 29, 731–755.
- Chen, Min-you & D.A. Linkens. 2003. "Rule-base self-generation and simplification for data-driven fuzzy models," Department of Automatic Control and System Engineering, University of Sheffield.
- Christopher, G. & G. Herbert. 2007. "Demand for telecommunication services in developing countries", *Telecommunication Policy*. Vol. 31, Issue 5.
- Cuervo, Mari'a Rosali'a Vicente & Ana Jesu's Lo'pez Mene'ndez. 2006. "A multivariate framework for the analysis of the digital divide: Evidence for the European Union-15", *Information & Management*, 43, 756–766.
- Estache. A. & Marco Manacorda & Tommaso M. Valletti. 2002. "Telecommunications reform, access regulation, and Internet adoption in Latin America", *Economic*, 153-217.
- Forman Chris, Goldfarb Avi & Greenstein Shane. 2005. "Geographic location and the diffusion of Internet technology", *Electronic Commerce Research and Applica*

tions, 4, 1–13.

- Frank, Lauri Dieter. 2004. “An analysis of the effect of the economic situation on modeling and forecasting the diffusion of wireless communications in Finland”, *Technological Forecasting & Social Change*, 71, 391–403.
- Goldfarb, Avi, and Jeff Prince. 2007. “Internet Adoption and Usage Patterns are Different: Implications for the Digital Divide” Toronto, Rotman School of Management, University of Toronto, 1-22.
- Hargittai, Eszter. 1999. “Weaving the Western Web: explaining differences in Internet connectivity among OECD countries” *Telecommunications Policy*, 23, 701-718.
- Kiiskia, Sampsa & Matti Pohjola. 2002. “Cross-country diffusion of the Internet”, *Information Economics and Policy*, 14, 297–310.
- Lam, Dieu, Jonathan Boymal & Bill Martin. 2004. “Internet diffusion in Vietnam”, *Technology in Society*, 26, 39–50.
- LaRose, Robert, Jennifer L. Gregg, Sharon Strover, Joseph Straubhaar, and Serena Carpenter. 2007. “Closing the rural broadband gap: Promoting adoption of the Internet in rural America”, *Telecommunications Policy*, 31, 359-37.
- Lee, Minkyu & Almas Heshmati. 2006. “A Dynamic Flexible Partial-Adjustment Model of International Diffusion of the Internet”, College of Engineering, Seoul National University.
- Madden, Gary, & Michael Simpson. 1996. “A probit model of household broadband service subscription intentions: A regional analysis.”, *Information Economics and Policy*, 8, 249-268.
- Meng-chun, Liu, and Gee San. 2006. “Social Learning and Digital Divides: A Case Study of Internet Technology Diffusion”, *KYKLOS*, 59, 307-321.
- Ramesh, Mohan. 2006. “Economics Of The Internet: A Comparison Between Asia-Pacific And OECD.” *Journal of Internet Business*, 3, 3-20.
- Sohn, So Young, Yoonseong Kim & Ho Young Hwang. 2008. “Demand forecasting of high-speed Internet access service considering unknown time-varying covariates”, *Computers & Industrial Engineering*, 54, 45–52.
- Takagi T, Sugeno M. 1985 . “Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control”. *IEEE Trans Syst Man Cybern* 15(1):116–132.

- Turk, Tomaž & a, JTomaž Turk. 2008. "Factors and sustainable strategies fostering the adoption of broadband communications in an enlarged European Union", *Technological Forecasting & Social Change*, 933–951.
- Zadeh, L. A. 1965. "Fuzzy Sets", *Information and Control*, 8, 338-353.
- Zimmermann, H. J. 1996. "Fuzzy Set Theory and Its Applications", Boston, Kluwer Academic Publishers.