چشم‌انداز مدیریت بازرگانی
شماره ۱۳ ـ بهار ۱۳۹۲
ص‌ص ۶۰ -۴۵

مقایسه سه روش برآورد قیمت رایانه همراه در بازار تهران: رگرسیون لذت باورانه (هدانیک)، شبکه عصبی بازگشتی و شبکه عصبی GMDH

محسن نظری*، سیدوحید طباطبائی‌کلجاهی، مهدی احراری*****

چکیده

در این مقاله، با استفاده از سه رویکرد لذت باورانه رگرسیون، شبکه عصبی بازگشتی و شبکه عصبی GMDH، تابع لذت باورانه قیمت رایانه همراه در بازار تهران الگوسازی و مقایسه شده است. برای انجام این پژوهش، داده‌های قیمت رایانه همراه از بازار رضای تهران، بزرگترین بازار رایانه همراه تهران جمع آوری و داده‌های فنی رایانه همراه‌ها از وب‌سایت رسمی شرکت‌های تولید کننده استخراج شده‌اند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که شبکه‌ی عصبی GMDH با کمترین خطا، تابع قیمت را برآورد می‌کند. همچنین ظرفیت حافظه درونی پردازشگر (cache)، دی‌وی‌دی‌رام، حافظه‌ی کارت گرافیکی و داشتن ویندوز بر قیمت رایانه همراه اثر مثبتی دارد. با توجه به نتایج این پژوهش، وارد کنندگان رایانه همراه می‌توانند برای رسیدن به سود بیشتر، رایانه همراه‌هائی را وارد بازار کشور کنند که شامل خصیصه‌هائی با بیشترین تمایل به پرداخت توسط خریداران می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: قیمت‌گذاری لذت‌باورانه؛ شبکه عصبی بازگشتی؛ شبکه عصبی GMDH؛ رگرسیون؛ قیمت رایانه همراه.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۰۳/۱۹، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۰۸/۱۳.

* دانشیار، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول).

E-mail: Mohsen.Nazari@ut.ac.ir

** دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

*** پژوهشگر اقتصادی.

۱. مقدمه

بازار رایانه همراه در ایران، یک بازار در حال رشد است. شرکت های زیادی اقدام به تهیه و تأمین رایانه همراه می کنند. تنوع محصولات روز به روز بیشتر و بازار رقابتی‌تر می‌شود. بر اساس گزارش گمرک جمهوری اسلامی ایران، در ۹ ماه اول سال ۱۳۸۹ حدود ۲/۵ میلیون کیلوگرم رایانه همراه وارد کشور شده است در حالیکه واردات رایانه همراه در ۹ ماه اول سال ۱۳۸۸ فقط ۱/۷۵ میلیون کیلوگرم است و این نشانگر رشد بازار رایانه همراه در ایران است (وب سایت رسمی روزنامه دنیای اقتصاد، ۱۳۸۸). در بازارهای رقابتی و در حال رشد، قیمت‌گذاری مؤثر می‌تواند منجر به فروش و سود بیشتر شرکت عرضه‌کننده شود. یکی از راهبردهای قیمت‌گذاری، قیمت‌گذاری بر مبنای خصیصه‌های حاضر در یک کالا است که آن را روش قیمت‌گذاری هدانیک[1] می‌نامند. در این مقاله تابع قیمت با سه روش رگرسیون لذت باورانه خطی، شبکه عصبی بازگشتی و شبکه عصبی GMDH[2]، برآورد شده و با هم مقایسه می‌شوند. دلیل این مقایسه انتخاب بهترین الگو برای پیش‌بینی قیمت رایانه همراه بر اساس معیارهای خطا است.

هدف اصلی پژوهش تعیین سه نوع تابع قیمت بر اساس خصیصه‌های فنی رایانه همراه و مقایسه این سه تابع بر اساس معیارهای تعریف شده برای انتخاب دقیق‌ترین آن‌ها است.

درادامه در بخش دوم، مبانی نظری تابع قیمت لذت‌باورانه، در بخش ۳ مطالعات تجربی، در بخش ۴ روش شناسی پژوهش، در بخش ۵ یافته‌های پژوهش و در بخش ۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادها ارائه می‌شود.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تابع قیمت لذت باورانه. نظریه قیمت لذت باورانه و مبانی نظری و آماری آن در کارهای لانکستر (۱۹۶۶)، روزن (۱۹۷۴) و فینسترا (۱۹۹۵) وجود دارد. این نظریه مبتنی بر این است که قیمت یک کالا یا خدمت، تابعی از خصیصه‌های ذاتی آن است. یک مثال کلاسیک، اتومبیل است. برای مثال قیمت آن تابعی از ملیت تولید کننده، سایز آن، عملکرد موتور آن و یا نام تجاری آن است (ثرین، ۲۰۰۵؛ نظری و طباطبائی کلجاهی، ۲۰۱۱). دومین فرضیه در این مورد این است که هر مشتری برای خصیصه‌های یک کالا یا خدمت، یک تمایل به پرداخت[3] دارد. تمایل به پرداخت به معنی وجود یک مقدار حداکثر برای خرج کردن از طرف مشتری

1. Hedonic Pricing
2. Group Method of Data Handling
3. Willingness to Pay

است. در طرف دیگر، تولیدکنندگان، بسته‌هایی[1] از خصیصه‌ها را پیشنهاد می‌کنند که سود آن‌ها آن‌ها را با توجه به هزینه‌ی مواد اولیه، عملیات تولید و قیمت بازار حداکثر می‌کند. بنابراین، تمایل به پذیرش[2] یک پیشنهاد یک مقدار حداقل دارد. قیمتی که در بازار وجود دارد، محل طلاقی این دو (تمایل به پرداخت مشتری و تمایل به پذیرش ارائه کننده) است (نظری و طباطبائی کلجاهی، ۲۰۱۱).

در این مقاله، روش دو مرحله‌ای روزن، مبنای کار است. روزن فرض می‌کند که خریدار رایانه همراه، مصرف کننده‌ی مجموعه‌ای مشخص از خصیصه‌ها می‌باشند. به این ترتیب، اگر خصیصه‌های یک رایانه همراه ($F_1,F_2,F_3,...,F_n$) باشد و مقدار مصرف سایر کالاها X، و قیمت یک رایانه همراه را با P(H) نشان دهیم، و قیمت سایر کالاها را واحد در نظر بگیریم، مطلوبیت استفاده‌کنندگان از رایانه همراه را بصورت کلی زیر می‌توان نوشت:

$$U = U(X, F_1, F_2, F_3, \dots, F_n)$$ رابطه ۱

$$Y = X + P(H)$$ رابطه ۲

با به حداکثر رساندن تابع مطلوبیت نسبت به قید بودجه از روش لاگرانژ، شرایط اولیه حداکثر نمودن مطلوبیت حاصل می‌شود:

$$L = U(X, F_1, F_2, F_3, \dots, F_n) + \lambda[Y - X - P(H)]$$ رابطه ۳

$$\frac{\partial L}{\partial X} = \frac{\partial U}{\partial X} - \lambda = 0 \Rightarrow \frac{\partial U}{\partial X} = Ux = \lambda$$ رابطه ۴

$$\frac{\partial L}{\partial F_i} = \frac{\partial U}{\partial F_i} - \lambda \frac{\partial P(H)}{\partial F_i} = 0 \Rightarrow \frac{\partial U}{\partial F_i} = \lambda \frac{\partial P(H)}{\partial F_i}$$ رابطه ۵

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = y - x - p(H) = 0$$ رابطه ۶

با استفاده از رابطه ۴ و ۵ شرط حداکثر بودن مطلوبیت زیر حاصل می‌شود:

$$\frac{\partial P(H)}{\partial F_i} = P_{fi} = \frac{U_{fi}}{U_x}; i = 1,2,\dots,n$$ رابطه ۷

که در رابطه‌ی فوق:

U_x = مطلوبیت ناشی از مصرف سایر کالاها (X)

U_{fi} = مطلوبیت ناشی از مصرف i–مین خصیصه رایانه همراه

P_{fi} = میل نهایی به پرداخت برای i–مین خصیصه رایانه همراه

1. Bundle
2. Willingness to Accept

به این ترتیب اولین مرحله، تعیین قیمت‌های ضمنی هر یک از خصیصه‌های یک رایانه همراه است که این کار (استخراج تابع قیمت لذت باورانه) به‌وسیله‌ی برآورد قیمت یک رایانه همراه بر روی کلیه مشخصه‌ها با استفاده از بهترین فرم تابعی برازش شده صورت می‌گیرد (اسفندیاری، ۱۳۸۳).

پیشینه پژوهش. اسفندیاری (۱۳۸۳) با استفاده از روش قیمت‌گذاری لذت باورانه به بررسی و تعیین عوامل موثر بر قیمت واحدهای مسکونی در شهر اصفهان می‌پردازد. نتایج گزارش حاکی از این است که در شهر اصفهان، عوامل فیزیکی بیشتر از عوامل مکانی بر قیمت واحد مسکونی تاثیرگذار است.

عباسلو و سینا (۱۳۸۴) با استفاده از روش لذت باورانه به‌دنبال شناخت واکنش خانواده‌ها نسبت به خصیصه‌های مسکن در تهران بودند. همچنین با این روش، ترجیحات مصرف کننده را در خصوص خصیصه‌های واحد مسکونی شناسائی کردند. نتایج حاصل بیانگر این بود که مساحت زیربنا (اعیانی) و مساحت زمین (عرضه) بیشترین تاثیر را بر قیمت واحد مسکونی دارند.

نظری و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از روش لذت باورانه به بررسی قیمت تلفن همراه در بازار تهران پرداخته‌اند. آن‌ها با انتخاب ۱۰ خصیصه تلفن همراه، تابع برآورد قیمت را برای تلفن همراه تخمین زدند. نتایج نشان‌دهنده‌ی این بود که شناسه تجاری[1] HTC، سامانه مکانیابی جهانی (GPS)، لمسی بودن، توانایی برقراری ارتباط با شبکه‌های بی‌سیم و کیفیت دوربین عکاسی موبایل بیشترین تاثیر را بر قیمت دارند.

سِلیم (۲۰۰۹) در مقاله‌ی خود به بررسی متغیرهای موثر بر قیمت مسکن در ترکیه پرداخته است. سلیم در ابتدا با رگرسیون چندگانه به برآورد تابع قیمت پرداخته است. سپس با توجه به احتمال غیرخطی بودن تابع قیمت، از شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز برای برآورد تابع قیمت استفاده‌کرده است. با مقایسه‌ی این دو تابع به نتیجه رسیده است که شبکه‌های عصبی مصنوعی روشی بهتر برای برآورد قیمت مسکن در ترکیه است.

ایشری و کارلیک (۲۰۰۹) با استفاده از رویکرد شبکه عصبی به برآورد قیمت خودرو در بازار ترکیه پرداخته‌اند. آن‌ها بر اساس خصیصه‌های فنی و نمایی خودرو، به تخمین قیمت خودرو پرداخته‌اند.

کوندو و اونه‌او (۲۰۱۰) با استفاده از شبکه عصبی GMDH به شناسائی نظام‌های غیرخطی پرداخته‌اند. نتیجه‌ی پژوهش آن‌ها بیانگر این است که الگوریتم شبکه عصبی

1. Brand

GMDH برای شناسائی نظام‌های غیر خطی قابل استفاده و برای مسائل پیچیده‌ی واقعی ایده‌آل است.

پژوهش‌های متعددی در حوزه اقتصاد مالی با استفاده از شبکه عصبی GMDH در ایران صورت گرفته که ازمهمترین آن‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد.

ابریشمی و همکاران (۱۳۸۷) از این نوع شبکه عصبی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک، برای پیش‌بینی قیمت بنزین با دو روش قیاسی و قواعد تحلیل تکنیکی، استفاده کرده اند. متغیرهای ورودی در روش تحلیل تکنیکی شامل میانگین‌های متحرک کوتاه و بلندمدت است. نتایج نشان از دقت بیش از ۹۶٪ پیش‌بینی و پایداری روش قیاسی و بیش از ۹۹٪ تحلیل تکنیکی است. همچنین در مقایسه معیارهای خطا، دقت پیش‌بینی‌های شبکه عصبی، به‌طور معنی داری از الگوی رگرسیونی بهتر است.

معینی و همکاران (۱۳۸۷) از رویکرد هوشمند تلفیقی این شبکه عصبی، الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی چند منظوره، برای تحلیل قیمت پیش‌خرید و پیش‌فروش نفت خام به‌منظور محاسبه حداکثر عایدی حاصل از پیش‌بینی در روندهای مختلف بازار مبتنی بر قواعد تحلیل تکنیکی استفاده نموده‌اند. نتایج نشان می‌دهد در بازه زمانی ۵ تا ۱۰ روزه برای دوره‌های مختلف بازار عایدی مطلق به ۹۷٪ می‌رسد.

مهرآرا و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از شبکه عصبی GMDH، الگویی برای پیش‌بینی بی‌ثباتی قیمت نفت ارائه می‌دهند. مقایسهٔ نتایج حاصل از چهار الگوی مورد بررسی، شامل الگوی اقتصادسنجی GARCH(1,1)، دو نوع الگوی مبتنی بر شبکهٔ عصبی GMDH و الگوی ترکیبی شبکهٔ عصبی GMDH و GARCH(1,1) نشان می‌دهد که الگوی ترکیبی و شبکه عصبی بر مبنای معیار جذر میانگین مربع خطای پیش‌بینی (RMSE) برای هر دو سری، پیش‌بینی بهتری را نسبت به الگوی اقتصادسنجی GARCH(1,1) ارائه داده‌اند.

همچنین در زمینه مقایسه الگوریتم GMDH با سایر شبکه‌های عصبی، مطالعات صورت گرفته به‌شرح زیر است.

قهرمانلو (۱۳۸۶) قیمت طلا را با الهام از دو روش تحلیل تکنیکی و پایه‌ای، مبتنی بر شبکه‌های عصبی بازگشتی چند لایه (MLFF)[1] و GMDH پیش‌بینی کرده است. نتایج پژوهش نشان داد، سری زمانی قیمت طلا آشوبناک بوده و بنابراین با استفاده از روش‌های غیرخطی قابل پیش‌بینی است. همچنین وابستگی کوتاه‌مدت در قیمت طلا وجود داشته و شبکه عصبی GMDH، در پیش‌بینی قیمت آن نتایج بهتری نسبت به شبکه عصبی MLFF دارد.

1. Multi Layer Feed Forward

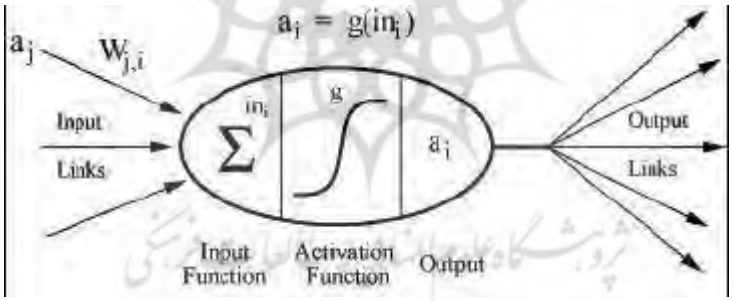
یوسفی (۱۳۸۷) برای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان بانکی، از چهار نوع شبکه عصبی، شامل الگوریتم پس انتشارخطا، بازگشتی، مبتنی بر الگوریتم شعاع محور و GMDH و از روش‌های رگرسیونی لاجیت و پروبیت و الگو تحلیل ممیزی استفاده کرد. نتایج مقایسه این الگوها با یکدیگر نشان داد که شبکه‌های عصبی GMDH و شبکه عصبی با الگوریتم شعاع محور، بالاترین دقت را در پیش‌بینی رفتار اعتباری مشتریان بانکی دارا می‌باشند.

مهرآرا و همکاران (۲۰۱۰) برای پیش‌بینی قیمت کرایه حمل و نقل کشتی های VLCC، از دو نوع شبکه عصبی بازگشتی چند لایه و GMDH، استفاده کردند که نتایج نشان از برتری شبکه عصبی GMDH بر اساس معیارهای خطا بود.

در پژوهش مشابه دیگری، مهرآرا و همکاران (۲۰۱۰) شاخص قیمت سهام بازار بورس تهران را با دو نوع شبکه عصبی بازگشتی چند لایه و GMDH، استفاده کردند که نتایج نشان از برتری شبکه عصبی GMDH بر اساس معیارهای خطا بود.

۳. روش‌شناسی پژوهش

یک نرون، یک سلول در مغز انسان است که کار اصلی آن جمع‌آوری، پردازش و انتشار سیگنال الکترونیکی است. دانشمندان بر این باورند که دلیل وجودی ظرفیت پردازش اطلاعات مغز، شبکه‌ای از نرون‌ها است. شکل شماره ۱ الگوی ریاضی از نرون که توسط مک‌کلوچ و پیتس (۱۹۴۳) طراحی شده است را نشان می‌دهد. به بیان دیگر، وقتی که ترکیب خطی ورودی‌ها از حدی بیشتر باشد، پیغامی ارسال می‌کند.



شکل۱. الگوی ریاضی یک نرون

شبکه‌های عصبی متشکل از گره‌ها (Nodes) یا واحدها (Units) می‌باشند که به‌صورت مستقیم با همدیگر ارتباط دارند. هر پیوند از واحد j به واحد i، a_j را از j به i منتقل می‌کند. هر

پیوندی همچنین دارای وزن $W_{j,i}$ مربوط به آن است که قدرت و علامت (مثبت یا منفی) هر پیوند را مشخص می‌کند. هر واحد i در ابتدا جمع وزنی ورودی‌های خود را محاسبه می‌کند:

$$in_i = \sum_{j=0}^{n} W_{j,i} a_j$$

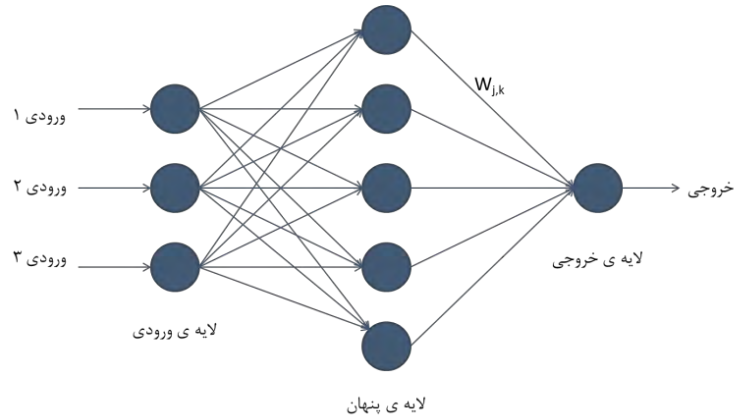
سپس تابع فعال‌سازی (Activation Function) g را به مجموع وزنی ورودی‌ها اعمال می‌کند تا خروجی را به‌دست آورد:

$$a_i = g(in_i) = g\left(\sum_{j=0}^{n} W_{j,i} a_j\right)$$

دو دسته‌ی اصلی در ساختار شبکه‌های عصبی مصنوعی وجود دارد: شبکه‌های غیر مدور (Acyclic) یا بازگشتی و شبکه‌های دوره‌ای (Cyclic) یا برگرداننده (Recurrent). شبکه‌ی بازگشتی تابعی را ارائه می‌دهد که وابسته به ورودی‌های آن است و به غیر وزن‌های پیوندها، متغیر دیگری برای نگهداری وضعیت داخلی (Internal State) ندارد. از طرف دیگر، شبکه‌های برگرداننده (Recurrent Networks) برون‌داد خود را نیز به عنوان ورودی دریافت می‌کند. این بدین معنی است که سطع فعال سازی شبکه، یک نظام پویا تشکیل می‌دهد که ممکن است به وضعیت پایدار برسد یا نوسان از خود نشان دهد یا اینکه حتی رفتار آشوبی داشته باشد (راسل و نورویگ، ۲۰۰۶).

در این مقاله از شبکه عصبی مصنوعی بازگشتی با تابع فعال‌ساز خطی استفاده شده است. این الگوها از سه جز اصلی تشکیل شده‌اند: لایه‌ی ورودی، لایه‌ی (های) پنهان و لایه‌ی خروجی. هر کدام از این لایه‌ها شامل گره‌هائی است و این گره‌ها به گره مجاور خود پیوند دارند. یک شبکه‌ی عصبی ساده‌شده در شکل شماره ۲ نمایش داده شده است (سلیم، ۲۰۰۹).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل۲. یک شبکه‌ی عصبی مصنوعی ساده شده

شبکه عصبی با الگوریتم GMDH. شبکه‌ی عصبی GMDH، روش دسته بندی گروهی داده‌های عددی و یکی از الگوریتم‌های خانواده استخراج کننده‌ی تکراری (Iterative Heuristic) است که شکل چندجمله‌ی خطی و غیر خطی را کشف می‌کند و الگو را بر اساس داده‌های مشاهده شده تعدیل و تطبیق می‌دهد (ایواخنکو، ۱۹۷۱؛ فارلو، ۱۹۸۴ و ۱۹۸۵).

شبکه‌های عصبی GMDH برگرفته از الگوریتم GMDH است که به فرم و ساختار شبکه‌ای بیان شده است. شبکه عصبی GMDH شبکه‌ای خود سامانده و یک سویه است که از چند لایه و هر لایه نیز از چندین نرون تشکیل یافته است که تمامی نرون‌ها از یک ساختار مشابه برخوردارند. وزن‌ها (w) براساس روش‌های تجزیه مقادیر منفرد (SVD)[1] و حل معادلات متعامد (SNE)[2] به‌عنوان مقادیر مشخص و ثابت در داخل هر نرون جایگذاری می‌شود. ویژگی بارزی که در این نوع از شبکه‌ها مشاهده می‌شود، حاکی از آن است که نرون‌های مرحله قبلی و یا لایه قبلی (m)، عامل و یا مولد تولید نرون‌های جدید به تعداد C_m^2 می‌باشند از میان نرون‌های تولید شده لزوماً بایستی تعدادی از آن‌ها حذف گردند تا بدین وسیله از واگرایی شبکه جلوگیری به عمل آید، اصطلاحاً به اینگونه نرون‌ها نرون مرده گفته می‌شود (لمکه، ۱۹۹۷).

برخی از مزیت‌های اصلی الگوریتم GMDH به‌صورت زیر هستند:

– ساختار چند جمله‌ای (مانند غیرخطی بودن) را بدون نیاز به تخمین و دانستن قبلی و به‌طور مستقیم از روری داده‌های ورودی انتخاب می‌کند (ایواخنکو، ۱۹۷۱؛ فارلو ۱۹۸۴ و ۱۹۸۵؛ کوندو و اونو، ۲۰۱۰).

1. Singular Value Decomposition
2. Solving Normal Equation

– در مواقعی که داده‌ها خیلی مناسب نیستند و دارای خطا می‌باشند، کاملا موثر و مفید است. این الگوریتم می‌تواند با تعداد داده‌های محدودی یک تابع غیرخطی را تخمین بزند.
– مانع تطبیق و همخوانی بیش از حد[1] الگو و داده‌های سازنده‌ی آن می‌شود.

با این وجود، الگوریتم GMDH دو عیب اساسی دارد؛ مخصوصا اینکه، این الگوریتم برای تولید الگوهای دقیق و نه ساده طراحی شده است. معمولا الگوهای ارائه شده توسط این الگوریتم، بیش از اندازه پیچیده می‌شوند. علاوه‌بر این، این الگوریتم برای عبارات متعارف ریاضی یک چند جمله‌ای پیچیده برآورد می‌کند. برای مثال برای $\frac{1}{X}$ یک چند جمله‌ای با درجه‌ی ۹ برآورد می‌کند (کوندو و اونو، ۲۰۱۰).

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

در این بخش ابتدا به بیان داده‌ها و متغیرها می‌پردازیم، نتیجه های روش‌های مختلف را ارائه می‌کنیم و سپس آن‌ها را با هم مقایسه می‌کنیم.

داده‌ها و متغیرها. داده‌های تحلیل شده از بازار رضا، بزرگترین بازار رایانه همراه تهران در تاریخ ۱۴ اردیبهشت ۱۳۹۰ جمع‌آوری شده است. علاوه‌بر قیمت، مشخصات فنی رایانه همراه‌ها مانند حافظه‌ی موقت[2] از وب‌سایت شرکت‌های تولید کننده اقتباس شده است.

جدول شماره ۱، مشخصات توصیفی آماری را برای متغیرها ارائه می‌کند. متغیرهائی که زیر آن‌ها خط کشیده شده است، متغیر ساختگی[3] می‌باشند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Over Fit
2. RAM
3. Dummy

جدول ۱. توصیف آماری متغیرها

متغیر	تعداد	میانگین	انحراف معیار	متغیر	تعداد	میانگین	انحراف معیار
PriceInTomans	۱۱۳	۹۶۰۸۸۵	۴۱۶۶۱۲	HDDGB	۱۱۳	۳۶۰/۷	۱۳۲/۴۹
isLenovo	۱۱۳	۰/۲۳	۰/۴۲۳	hasDVDRom	۱۱۳	۰/۸۴	۰/۳۷
isSONYVAIO	۱۱۳	۰/۱۹	۰/۳۹	ScreenInch	۱۱۳	۱۶/۴۴	۱۶/۹
isSAMSUNG	۱۱۳	۰/۱۰	۰/۲۹۸	GCRAM	۱۱۳	۰/۷۱۶	۰/۵۸
isASUS	۱۱۳	۰/۱۷	۰/۳۷۶	GCIntel	۱۱۳	۰/۴۶	۰/۴۸
isACER	۱۱۳	۰/۱۸	۰/۳۸۳	GCGForce	۱۱۳	۰/۳۷	۰/۴۸
isDELL	۱۱۳	۰/۱۴	۰/۳۵	GCATI	۱۱۳	۰/۲۳	۰/۴۲
CPUGhz	۱۱۳	۲/۲۱	۰/۴۲۴	hasWindows	۱۱۳	۰/۶۲	۰/۴۹
CPUCache	۱۱۳	۲/۶۰	۱/۶۶	BatteryCell	۱۱۳	۵/۹۶	۰/۸۴
CPUisATOM	۱۱۳	۰/۱۴	۰/۳۵	WeightKG	۱۱۳	۲/۱۹	۰/۵۵
RAMGB	۱۱۳	۲/۹۸	۱/۳۲۳	hasHDMI	۱۱۳	۰/۴۶	۰/۵

خصیصه‌های الگوهای برآورد کننده

انتخاب شکل مناسب تابع یک دغدغه در ادبیات قیمت‌گذاری لذت باورانه است، چون پایه‌ی نظری برای آن وجود ندارد (استیگر، ۱۹۹۷) برخی از اشکال توابع استفاده شده خطی، لگاریتم-لگاریتم، و نیمه لگاریتم می‌باشند (کاوای و گودمن، ۱۹۸۲؛ چاکراوارتی، دوگان و تواملینسون، ۲۰۰۶) بر اساس آماره‌های الگو، شکل خطی، بهترین الگو تشخیص داده شد.

همچنین در این مقاله از شبکه‌ی عصبی مصنوعی بازگشتی استفاده شده است. این شبکه توسط نرم‌افزار MATLAB طراحی شده است. ۷۰٪ داده ها برای یادگیری شبکه‌ی عصبی، ۱۵٪ داده ها برای اعتبار سنجی و ۱۵٪ داده‌ها برای آزمون استفاده شده است. این الگو دارای ۲۵ نرون درون شبکه‌ی پنهان خود بوده و لایه‌ی خروجی آن (PriceInTomans) یک عدد بوده که بیانگر قیمت رایانه همراه به واحد پولی تومان است.

شبکه عصبی GMDH از دو لایه‌ی پنهان تشکیل شده است و برای اجرای آن از ۲۵۰ نسل استفاده شده است.

رگرسیون. نتایج تحلیل رگرسیون در جدول شماره ۲ ارائه شده است. در انتخاب متغیرهای الگو از رویه‌ی حذف عقبگرد استفاده شده است. بنابراین، بیشتر متغیرهای ارائه شده درشماره ۱ از الگو کنار گذاشته شد. آماره F برابر ۴۶/۸۱۸ است و به لحاظ آماری قابل توجه است و اهمیت آماری الگو رگرسیون را تائید می‌کند. مقدار R^2 الگو برابر ۰/۷۱۱ است. این بدین معنی

است که ۷۱/۱ درصد تغییرات قیمت رایانه همراه توسط متغیرهای درنظر گرفته شده توضیح داده می‌شود. دو متغیر VIF و CI نیز برای تمام متغیرها (به جز برای یک متغیر که آن هم مشکلی ایجاد نمی‌کند) زیر ۱۰ است و بدین معنی است که الگو هم‌خطی قابل توجهی ندارد.

جدول ۲. خلاصه الگوی رگرسیون

		مقدار ثابت	isACER	isDELL	CPU_ Cache	Has_ DVDRom	GCRAM	Has_ Windows
ضرایب غیر استاندارد	B	۲۲۰۶۸۱	-۳۳۹۲۴۳	-۲۰۱۷۸۲	۱۳۳۶۰۲	۳۲۶۱۸۸/۲	۱۱۳۲۴۴	۲۴۵۳۰۰
	خطای استاندارد	۷۳۰۷۱/۷	۶۸۰۸۷/۷	۶۶۷۲۳	۱۹۸۰۴/۲	۸۰۵۶۴/۶۴	۴۷۴۷۴	۵۲۲۰۲
ضرایب استاندارد	Beta		-۰/۳۱	-۰/۱۷	۰/۵	۰/۲۸۸	۰/۱۵۸	۰/۲۸۷
t-value		۳/۰۲	-۴/۹۸	-۳/۰۲	۶/۲۴	۴/۰۴۹	۲/۳۸۵	۴/۶۹۹
Sig.		۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰
VIF			۱/۵۲	۱/۲۱	۲/۴۱	۱/۹۵۵	۱/۶۹۹	۱/۴۵۵
Condition Index		۱	۲/۰۹۵	۲/۵۵۷	۳/۴۶	۴/۲۰۳	۵/۶۹	۱۱/۱۱۷

در الگوی رگرسیون تخمین زده شده، ضریب چهار متغیر مثبت و ضریب دو متغیر (که متغیرهای ساختگی برای دو شناسه‌ی تجاری هستند) منفی هستند. با توجه به اینکه شناسه‌ی جاری پایه SONY VAIO انتخاب شده است این ضرایب منفی بیانگر این است که دو شناسه‌ی تجاری DELL و ACER نسبت به شناسه‌ی تجاری پایه ارزش کمتری دارند که باعث کاهش قیمت رایانه همراه شده و اثر منفی بر قیمت رایانه همراه دارند. با توجه به نتایج شناسه‌ی تجاری ACER حدود ۳۴۰ هزار تومان و شناسه‌ی تجاری DELL حدود ۲۰۰ هزار تومان باعث کاهش قیمت رایانه همراه می‌شوند. این بدین معنی است که شناسه‌ی تجاری SONY VAIO پذیرش بیشتری بین استفاده کنندگان رایانه همراه دارد.

کش سی‌پی‌یو[1]، حافظه‌ی داخلی درون واحد مرکزی پردازش[2] است که باعث کاهش میانگین تعداد دفعات دسترسی به حافظه‌ی موقت و در نتیجه باعث افزایش سرعت پردازش می‌شود. کش، یک حافظه‌ی کوچک و در عین حال سریع است که دستورات و داده‌های قابل پردازش را از حافظه‌ی موقت، کپی و ذخیره می‌کند و باعث کاهش تاخیر میانگین دسترسی به دستورالعمل ها و داده‌های در حال پردازش می‌شود. با توجه به جدول شماره ۲ به ازای افزایش هر مگابایت در ظرفیت حافظه درونی پردازشگر، قیمت رایانه همراه حدود ۱۲۳ هزار تومان افزایش می‌یابد.

اگر رایانه همراه دارای دی‌وی‌دی‌رام (DVD-ROM) باشد، قیمت آن حدود ۳۲۶ هزار تومان افزایش می‌یابد. البته این عدد نامتعارف است و این از معایب رگرسیون است و به همین

1. CPU cache
2. Central Processing Unit

دلیل از شبکه‌های عصبی نیز استفاده شده است. چون یک دی‌وی‌دی‌رام خارجی (External DVD-ROM) که به هر رایانه رومیزی و رایانه همراهی وصل می‌شود حدود یک چهارم عدد ذکر شده قیمت دارد.

کارت گرافیکی[1] اگر دارای حافظه‌ی داخلی باشد و برای پردازش نیازی به حافظه‌ی موقت رایانه همراه نداشته باشد، به ازای هر گیگابایت آن، قیمت رایانه همراه حدود ۱۱۳هزار تومان افزایش می‌یابد. در نهایت رایانه همراه‌هائی که دارای سیستم عامل ویندوز باشند، حدود ۲۴۵هزار تومان نسبت به بقیه‌ی رایانه همراه‌ها گران‌تر هستند.

شبکه عصبی بازگشتی و شبکه عصبی GMDH. نتایج حاصل از خروجی برنامه شبکه‌های عصبی و رگرسیون، بر مبنای معیارهای خطا به شرح جدول ۳ ارائه می‌شود.

جدول ۳. نتایج مقایسه‌ای الگوهای پیش‌بینی بر اساس معیارهای خطا

روش	معیار	RMSE[2]	MAE[3]	MER*
شبکه عصبی	GMDH	۱۱/۷۷	۴۴۰۰۷	۰/۰۵۱
شبکه عصبی بازگشتی		۱۲/۱۱	۴۹۴۴۶	۰/۰۵۷
رگرسیون		۴۲/۳۸	۱۴۷۱۲۴	۰/۱۵۸

* میانگین نرخ خطای Mean Error rate

نتایج نشان می دهد که شبکه‌های عصبی عملکرد بهتری نسبت به روش رگرسیونی در الگوسازی و پیش‌بینی متغیر هدف دارند به طوریکه مقدار عددی آماره آزمون F [4] مربوط به نسبت RMSE هر دو الگوی شبکه عصبی به الگوی رگرسیونی (به ترتیب برابر با ۳/۶ و ۳/۵ است) بزرگتر از مقدار بحرانی جدول ۲/۹۶=(۱۰و۱۰)$F_{.05}$ است، لذا تفاوت معنی‌داری میان این دو الگو وجود دارد. اما بر اساس آزمون F، تفاوت معنی داری بین دو الگوی شبکه عصبی وجود ندارد. نگاره شماره ۱ خروجی هر سه الگو را به همراه داده‌های واقعی نشان می دهد.

1. Graphic Card

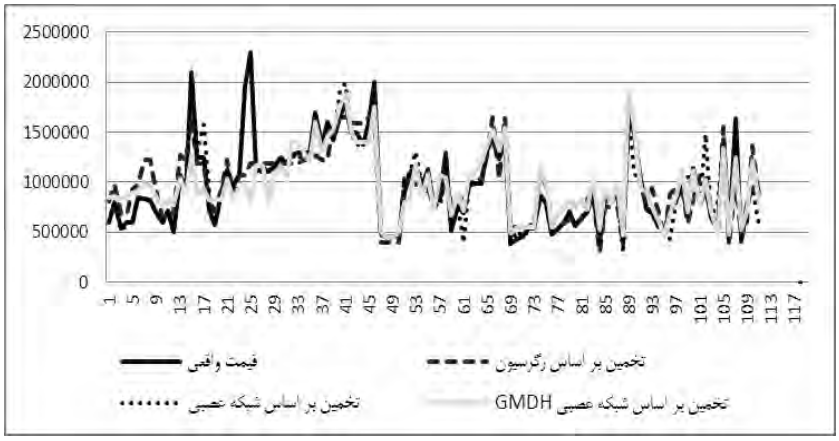
۲. معیار میانگین مربع خطا MSE (Mean Square Error) و ریشه میانگین مربع خطا RMSE

$$MSE = \frac{\sum (y_t - y_t)^2}{n} \qquad RMSE = \sqrt{\frac{\sum (y_t - y_t)^2}{n}}$$

۳. معیار میانگین مطلق خطا MAE (Mean Absolute Error)

$$MAE = \frac{\sum |y_t - y_t|}{n}$$

4. F= RMSE (رگرسیون) /RMSE (شبکه عصبی)



نگاره ۱. تخمین قیمت رایانه همراه بر اساس سه الگوی رگرسیون، شبکه عصبی بازگشتی و شبکه عصبی GMDH

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله با سه رویکرد رگرسیون، شبکه عصبی بازگشتی و شبکه عصبی GMDH، قیمت رایانه همراه در بازار ایران الگو سازی و پیش‌بینی شده است. نتیجه‌ی تحلیل رگرسیون حاکی از این است که ظرفیت حافظه درونی پردازشگر (cache)، داشتن دی‌وی‌دی‌رام، حافظه‌ی کارت گرافیکی و ویندوز بر قیمت اثر مثبت دارند. شناسایی عوامل موثر بر قیمت رایانه همراه در بازار ایران یکی از اصلی ترین مشخصه این پژوهش است.

از آنجائی که ممکن است تابع قیمت رایانه همراه غیرخطی باشد، از دو رویکرد شبکه عصبی نیز برای الگوسازی استفاده شده است. با توجه به نتایج حاصله، شبکه عصبی GMDH کمترین خطا را در پیش‌بینی دارد.

از آنجائی که رایانه همراه یک کالای وارداتی است، بازرگانان و واردکنندگان رایانه همراه می‌توانند برای رسیدن به سود بیشتر، رایانه همراه‌هائی را وارد کشور کنند که خصیصه‌های بیان شده را داشته باشند. همچنین الگوهای ارائه شده در این مقاله کمک شایانی به بازرگانان و عرضه کنندگان داخلی در امر قیمت‌گذاری خواهد کرد.

اساسی ترین پیشنهاد کاربردی این پژوهش، استفاده از نظام‌های مبتنی بر فناوری اطلاعات برای رصد کردن روزانه قیمت‌های رایانه‌های همراه و بهبود الگوها و توابع قیمت‌گذاری بر اساس داده‌های جدید است.

در بیشتر پژوهش‌های گذشته دقت تخمین شبکه‌های عصبی نیز بالاتر از رگرسیون خطی است که نتایج این پژوهش نیز با پژوهش‌های گذشته همخوانی دارد.

همچنین باید به این نکته توجه کرد که این پژوهش در شهر تهران انجام شده است. مطمئناً ترجیحات مصرف کننده در شهرهای دیگر متفاوت است. برای همین منظور باید با

استفاده از روش‌های مذکور در دیگر شهرهای کشور نیز ترجیحات مصرف‌کننده و ارزش اقتصادی خصیصه‌های مهم رایانه همراه‌ها را محاسبه کرد و سپس بر اساس نتایج به‌دست آمده، تصمیم‌گیری‌های مورد نظر در مورد قیمت‌گذاری را اتخاذ کرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱. ابریشمی، حمید، معینی، علی، مهرآرا، محسن، احراری، مهدی و سلیمانی کیا، فاطمه. (پائیز ۱۳۸۷). مدل سازی و پیش بینی قیمت بنزین با استفاده از شبکه عصبی GMDH. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران* ، *۳۶*، ۵۸-۳۷.

۲. اسفندیاری مرضیه (۱۳۸۳). برآورد تابع قیمت هدانیک مسکن در شهر اصفهان در فاصله سالهای ۷۷-۱۳۷۱. *مجله دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان*، ۱۶(۳و ۴)، ۱۷۷-۱۶۳.
۳. عباسلو، محمد و سینا، فرشید. (زمستان ۱۳۸۴). برآورد تابع قیمت هدانیک مسکن شهری تهران. *فصلنامه بررسیهای اقتصادی*، ۲(۴)، ۱۰۶.
۴. قهرمانلو، رضا. (۱۳۸۶). *روشی برای پیش‌بینی قیمت طلا با استفاده از شبکه‌های عصبی. (پایان نامه کارشناسی ارشد)*. دانشکده صنایع دانشگاه خواجه نصیر طوسی.
۵. معینی، علی، مهرآرا، محسن و احراری، مهدی. (زمستان ۱۳۸۷). محاسبه هوشمند حداکثر عایدی در بازار پیش خرید و پیش فروش نفت خام. *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۵(۱۹)، ۲۲-۱.
۶. مهرآرا، محسن، بهرادمهر، نفیسه، احراری، مهدی و محقق، محسن. (۱۳۸۹). پیش‌بینی بی‌ثباتی قیمت نفت با استفاده از شبکه عصبی GMDH. *فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۷(۲۵)، ۱۱۲-۸۹.
۷. وب سایت رسمی روزنامه دنیای اقتصاد (اسفند ۱۳۸۹)، *رشد ۲هزار تنی حجم واردات رایانه همراه*. قابل دسترسی در آدرس: http://www.donya-e-eqtesad.com/Default_view.asp?@=240395.
۸. یوسفی، هیدی. (بهمن ۱۳۸۷). *رتبه‌بندی اعتباری مشتریان بانک با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. (پایان‌نامه کارشناسی ارشد)*. دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.
9. Chakravarty, S., Dogan, K., & Tomlinson, N. (2006). A hedonic study of network effects in the market for word processing software. *Decision Support Systems*, 41, 747-763.
10. Farlow, S. J. (1984). *Self Organizing Methods in Modeling: GMDH-Type Algorithms*. New York: Marcel Dekker.
11. Farlow, F. J. (1985). *A.R. Barron, Predicted Squared Error: A Criterion for Automatic Model Selection, in: Self-Organizing Methods in Modeling GMDH Type Algorithms*. New York: Marcel Dekker.
12. Feenstra, R. C.(1995). Exact Hedonic Price Indexes. *Review of Economics and Statistics*, 77, 634-54.
13. Goodman, A., & Kawai, M. (1982). Permanent Income, Hedonic Prices and Demand for Housing. *Journal of Urban Econ*, 12, 214-237.
14. Ivakhnenko, A. G. (1971). Polynomial Theory of Complex Systems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 4, 364-384.
15. eri, A., & Karl ,kB. (2009). An Artificial Neural Networks Approach on Automobile Pricing. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 2155-2160.
16. Lancaster, K. J. (1966). A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy*, 74(2), 57-132.
17. Lemke, F. (1997). Knowledge Extraction from Data Using Self-organizing modeling Technologies ESE. Am. 97, Conferences.
18. Mehrara, M., Moeini, A., Ahrari, M., & Ghafari, A. (2010). Using Technical Analysis with Neural Networks for Forecasting Stock Price Index in Tehran Stock Exchange, *Middle Eastern Finance and Economics*, 6, 50-61.
19. Mehrara, M., Moeini, A., Ahrari, M., & Karubi, F. (2010). VLCC's Freight Rate Forecasting by Using Neural Network, *Research Journal of International studies*, 14, 53-62.

20.Nazari, M., & Tabatabaie, S. V. (2011). Comparing Laptop Price Estimators in the Iran Market: Hedonic Regression and Artificial Neural Network. *Conference*.Gottenheim, Germany.
21.Nazari, M. Tabatabaie, S. V. & Jambor Sadeghiyan, A. (2010). Hedonic Prices in Iran Market for Mobile Phones. In the preceeding of the ICIF 2010 (pp 67-70). Kuala Lumpur, Malaysia: IEEE.
22.Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Market:Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, 82, 34-55.
23.Russell, S., & Norvig, P. (2006). *Artifical Inteligence, A modern approach.* New Dehli: Prentice Hall of India.
24.Selim, H. (2009). Determinants of House Prices in Turkey: Hedonic Regression Versus Artificial Neural Network. *Expert Systems with Applications*, 36, 2843-2852.
25.Steiger, D. M. (1997). Using Non-Traditional Approaches to Statistical Classification and Regression in DSS Model Analysis. *Annals of Operations Research*, 74, 269-276.
26.Tadashi, K., & Junji U. (2010). Nonlinear System Identification by Feedback GMDH-Type Neural Network with Architecture Self-Selecting Function. In the preceeding of 2010 IEEE International Symposium on Intelligent Control Part of 2010 IEEE Multi-Conference on Systems and Control. 1521-1526, Yokohama, Japan: IEEE.
27.Tamura, H. (1984). *On revised algorithms of GMDH with applications, in: Self-Organizing Methods in Modeling GMDH Type Algorithms.* New York: F.J. Farlow, ed., Marcel Dekker.
28.Thrane, C. (2005) Hedonic Price Models and Sun-and-Beach Package Tours: The Norwegian Case. *Journal of Travel Research*, 43, 302-308.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی