

تحلیل سلسله مراتبی در انتخاب سرویس ابری

امیر حسین شاه‌بخش رضوی^{۱*} و مرتضی جعفرزاده^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

^۲ گروه ریاضی کاربردی، دانشکده‌ی ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

چکیده

تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش‌های چند معیاره است که به منظور تصمیم‌گیری و انتخاب بین یک یا چند گزینه از میان گزینه‌های متعدد تصمیم با توجه به شاخص‌هایی که تصمیم‌گیرنده تعیین می‌کند در مسائل مختلف از جمله انتخاب سرویس‌های ابری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مقاله بر اساس ویژگی‌های سرویس‌های ابری مقایسه‌هایی بین گزینه‌های مختلف براساس هر شاخص صورت می‌پذیرد و با استفاده از شاخص تصمیم و انجام مقایسه بین گزینه‌های تصمیم بهترین سرویس ابری انتخاب می‌گردد. در این پژوهش برای مقایسه سرویس‌های ابری مختلف از شاخص اندازه‌گیری خدمات^۱ که بر اساس ویژگی‌های مشترک سرویس‌های ابری تعیین می‌شود، استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء، مساله بهینه‌سازی چند معیاره

کد موضوع‌بندی ریاضی [۲۰۱۰]: 97R40, 90Bxx, 97Rxx

۱ مقدمه

مفهوم اینترنت اشیاء^۲ که در دنیای ارتباطات و فناوری اطلاعات مطرح است، مضامین گسترده‌ای را در بر می‌گیرد ولی با تعریف اتحادیه جهانی مخابرات^۳ اینترنت اشیاء، بخشی از اینترنت یکپارچه‌شده آینده به حساب می‌آید که ضمن برقراری ارتباط بین انسان‌ها و اشیاء فیزیکی و مجازی مختلف، ارتباط میان این اشیاء را از طریق شبکه‌های اینترنتی فراهم می‌آورد [۲]. شبکه ابری یک شبکه جهانی از مراکز داده‌هایی است که در سرتاسر کره زمین پخش شده‌اند. این شبکه‌ها سرویس‌هایی چون پردازش و ذخیره‌سازی را در اختیار کاربران قرار می‌دهند تا کاربران بتوانند از راه دور و از طریق اینترنت به آنها دسترسی داشته باشند. ابرها کاربرد و اهمیت خود را در حوزه‌های تجاری و علمی ثابت کرده‌اند؛ ارائه دهندگانی مانند (مایکروسافت، اورکل، Salesforce و...) ابعاد جدیدی از امکانات و فناوری را برای برنامه‌های علمی ایجاد کرده‌اند که پردازش مجموعه وسیعی از داده‌ها و محاسبات به صورت موازی و با کارایی بالا را در اختیار کاربر قرار می‌دهند. چند نمونه از شرکت‌های بزرگ ارائه دهنده سرویس‌های ابری به شرح ذیل هستند:

۱. گوگل: **IoT Core** یک سرویس کاملاً مدیریت شده است که این امکان را به کاربران می‌دهد تا به راحتی و در امنیت کامل، داده‌های میلیون‌ها دستگاه پراکنده در سراسر جهان را متصل، مدیریت و دریافت کنند.
۲. آمازون: خدمات ذخیره‌سازی خود را با نام **خدمات ذخیره‌سازی ساده آمازون**^۴ ارائه می‌کند.
۳. مایکروسافت یک پلتفرم ابری است که مجموعه‌ی گسترده‌ای از ابزارهای قدرتمند یکپارچه‌سازی خدمات و محصولات را در اختیار کسب و کارها و توسعه‌دهندگان قرار می‌دهد. این ابزارها به فضای ابری وابسته هستند و می‌توانند به بهبود امنیت و توان پردازشی کامپیوترها کمک کنند.

* سخنران. آدرس ایمیل: amirhosein.shahbakhsh@hsu.ac.ir

^۱ Service Measurement Index

^۲ Internet Of Things (IoT)

^۳ International Telecommunication Union (ITU)

^۴ Amazon Simple Storage Service

۲ تحلیل سلسله مراتبی^۱

در بسیاری از موارد، نتیجه تصمیم‌گیری‌ها وقتی مطلوب و مورد رضایت تصمیم‌گیرنده است که تصمیم‌گیری بر اساس چندین معیار، بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شده باشد. در بعضی از مسائل، معیارها ممکن است با یکدیگر متضاد باشند، یعنی افزایش یک شاخص یا معیار موجب کاهش عمل و معیار دیگر می‌شود. مسائل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه معمولاً به دنبال گزینه‌ای هستند که بیشترین مزیت را برای تمامی معیارها داشته باشد. یک چارچوب کامل و منطقی برای ساختار یک مساله تصمیم‌گیری، نمایش و کمی کردن عناصر آن، ارتباط آن عناصر با اهداف کلی و ارزیابی راه‌حل‌های جایگزین را فراهم می‌کند. روش استفاده از AHP را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد [۴، ۵]:

- مسئله به صورت سلسله مراتبی شامل هدف تصمیم‌گیری، گزینه‌های دستیابی به آن و شاخص‌هایی برای ارزیابی گزینه‌ها مدل می‌شود.
- با انجام یک سری مقایسه‌ها بر اساس مقایسه زوجی عناصر، اولویت‌ها در میان عناصر سلسله مراتبی تعیین می‌شود.
- مقایسه‌ها ترکیب می‌شوند تا مجموعه‌ای از اولویت‌های کلی برای سلسله مراتب به دست آورده شود.

هدف روش AHP تصمیم‌گیری و انتخاب یک گزینه از میان گزینه‌های متعدد تصمیم با توجه به شاخص‌هایی که تصمیم‌گیرنده تعیین می‌کند، است. به کارگیری این روش مستلزم پنج گام زیر است [۱].

۱. مدل‌سازی: در این قدم، مسأله و هدف تصمیم‌گیری به صورت سلسله مراتبی از عناصر تصمیم که با هم در ارتباط هستند، تعریف می‌شود. عناصر تصمیم شامل «شاخص‌های تصمیم‌گیری» و «گزینه‌های تصمیم» است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی نیازمند شکستن یک مساله به چندین شاخص به سلسله مراتبی از سطوح است. سطح بالا بیان‌گر هدف اصلی فرایند تصمیم‌گیری است. سطح دوم، نشان‌دهنده شاخص‌های عمده و اساسی که ممکن است به شاخص‌های فرعی و جزئی‌تر در سطح بعدی شکسته شود، است. سطح آخر گزینه‌های تصمیم را ارائه می‌کند.

۲. قضاوت ترجیحی: قضاوت ترجیحی انجام مقایسه‌هایی بین گزینه‌های مختلف تصمیم بر اساس هر شاخص و قضاوت در مورد اهمیت شاخص تصمیم با انجام مقایسه‌های زوجی است. بعد از طراحی سلسله مراتبی مساله تصمیم، تصمیم‌گیرنده بایستی مجموعه ماتریس‌هایی که به طور عددی اهمیت یا ارجحیت نسبی شاخص‌ها را نسبت به یکدیگر و هر گزینه تصمیم را با توجه به شاخص‌ها نسبت به سایر گزینه‌ها اندازه‌گیری می‌نماید، ایجاد کند. این کار با انجام مقایسه‌های دو به دو بین عناصر تصمیم (مقایسه زوجی) و از طریق تخصیص امتیازات عددی که نشان‌دهنده ارجحیت یا اهمیت بین دو عنصر تصمیم است، صورت می‌گیرد. برای انجام این کار معمولاً از مقایسه گزینه‌ها با شاخص‌های n ام نسبت به گزینه‌ها یا شاخص‌های m ام استفاده می‌شود.

۳. محاسبه وزن‌های نسبی: هدف تعیین وزن «عناصر تصمیم» نسبت به هم از طریق مجموعه‌ای از محاسبه‌های عددی است که اولویت و وزن هر یک از عناصر تصمیم با استفاده از اطلاعات ماتریس مقایسه‌های زوجی تعیین می‌گردد.

۴. ادغام وزن‌های نسبی: به منظور رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم، در این مرحله بایستی وزن نسبی هر عنصر را در وزن عناصر بالاتر ضرب کرد تا وزن نهایی آن به دست آید. با انجام این مرحله برای هر گزینه، مقدار وزن نهایی به دست می‌آید.

۵. سازگاری در قضاوت‌ها: به طور معمول تمامی محاسبه‌های مربوط به AHP بر اساس قضاوت اولیه تصمیم‌گیرنده که در قالب ماتریس مقایسه‌های زوجی ظاهر می‌شود، صورت می‌پذیرد و هر گونه خطا و ناسازگاری در مقایسه و تعیین اهمیت بین گزینه‌ها و شاخص‌ها، نتیجه نهایی به دست آمده از محاسبات را مخدوش می‌سازد. نرخ ناسازگاری^۲ ابزاری است که سازگاری را مشخص ساخته و نشان می‌دهد که تا چه حد می‌توان به اولویت‌های حاصل از مقایسه‌ها اعتماد کرد. شاید مقایسه دو گزینه امری ساده باشد، اما وقتی که تعداد مقایسه‌ها افزایش یابد اطمینان از سازگاری مقایسه‌ها به راحتی میسر نبوده و باید با به کارگیری نرخ سازگاری به این اعتماد دست یافت. اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰٫۱۰ باشد، سازگاری مقایسه‌ها قابل قبول بوده و در غیر این صورت مقایسه‌ها باید تجدید نظر شود. نرخ ناسازگاری بر اساس گام‌های زیر محاسبه می‌گردد که در آن ماتریس مقایسه‌های زوجی یک ماتریس $n \times n$ ، مثبت و معکوس^۳ است:

^۱ Analytical Hierarchy Process (AHP)

^۲ Inconsistency Ratio

^۳ درایه‌های آن نسبت به قطر اصلی معکوس هستند

- گام ۱ (محاسبه بردار مجموع وزنی^۱): ماتریس مقایسه‌های زوجی را در بردار ستونی «وزن نسبی» ضرب می‌کنیم.
- گام ۲ (محاسبه بردار سازگاری^۲): عناصر بردار مجموع وزنی را بر بردار وزن نسبی تقسیم می‌کنیم.
- گام ۳ (به‌دست آوردن λ_{max} ^۳): با محاسبه میانگین عناصر بردار سازگاری، λ_{max} به‌دست می‌آید.
- گام ۴ (محاسبه شاخص سازگاری^۴): شاخص سازگاری بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

- گام ۵ (محاسبه نرخ سازگاری): نرخ سازگاری از تقسیم شاخص سازگاری بر شاخص تصادفی^۵ به‌دست می‌آید:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

۳ سیستم شاخص ارزیابی خدمات ابری

بر اساس ویژگی‌های سرویس‌های ابری، برخی از شاخص‌ها مانند امنیت، کیفیت خدمات، هزینه و اعتبار در انتخاب شرکت‌های ارائه دهنده سرویس‌های ابری مانند (مایکروسافت، اورکل، Salesforce و ...) مؤثر هستند [۴]. از این رو چهار شاخص زیر را در روش AHP در نظر می‌گیریم:

- امنیت: زمانی است که کاربران تصمیم می‌گیرند داده‌ها را در فضای ابری ذخیره کنند، به این معنی که کنترل امنیت داده‌ها را از دست داده‌اند و به سرویس امنیتی ارائه دهنده ابری، اطمینان می‌کنند. بنابراین، امنیت به عنوان یک نگرانی اصلی برای سرویس ابری در نظر گرفته می‌شود.
- کیفیت خدمات: به طور معمول برای توصیف سرویس‌های دریافت شده از اینترنت به‌کار می‌رود.
- هزینه: این شاخص، بیان‌گر هزینه‌هایی است که هنگام استفاده مشتری از خدمات ارائه شده توسط ارائه دهنده خدمات ابری پرداخت می‌شود.
- اعتبار: خدماتی است که سرویس‌های ابری در اختیار مشتریان خود قرار می‌دهند و باعث اعتبار بخشی به کار خود می‌شوند.

۴ مثال

یکی از کاربردهای سرویس ابری، مدیریت ارتباط با مشتری به صورت آنلاین^۶ است. در این مثال هدف این است که از بین شرکت‌های ارائه دهنده خدمات ابری Oracle Salesforce، و Microsoft بهترین سرور ابری برای سیستم ارتباط با مشتری با روش سلسله مراتبی انتخاب شود.

۱.۴ ساختار سلسله مراتبی

با توجه به سیستم شاخص ارزیابی سرویس ابری در این مثال، می‌توان سلسله مراتب AHP را بر اساس شکل ۱ در نظر گرفت [۴].

۲.۴ وزن‌دهی به ویژگی‌ها

در جدول ۱ ماتریس مقایسه زوجی با توجه به هدف مساله آمده است. درایه‌های قطر اصلی در ماتریس مقایسه زوجی همیشه یک است، یعنی هر گزینه نسبت به خودش برتری ندارد. تمامی اعداد ماتریس مقایسه زوجی به صورت متقارن و معکوس لحاظ می‌شوند. برای محاسبه وزن کفایت که مجموع هر ستون ماتریس را محاسبه کرده و سپس هر درایه را تقسیم بر مجموع ستونش کرد. در

^۱Weighted sum vector

^۲Consistency vector

^۴Consistency Index (CI)

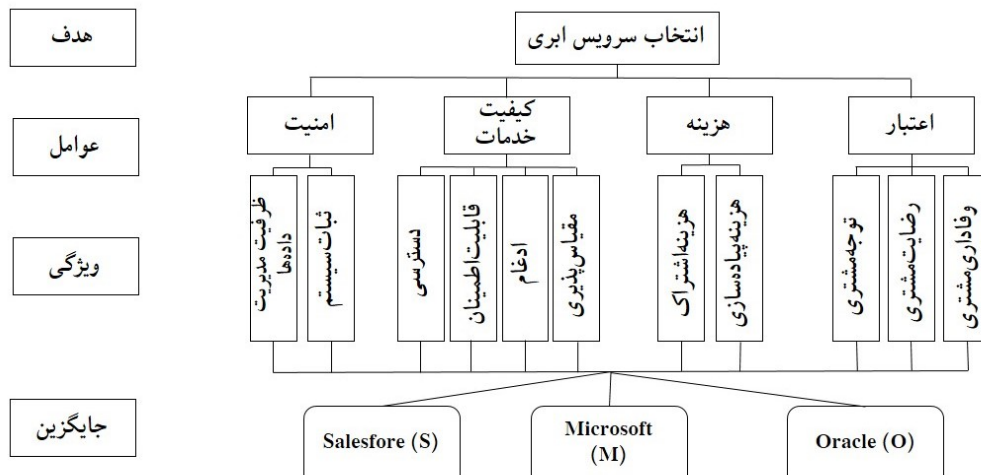
^۵Random Index (RI)

^۶Customer Relationship Management (CRM)

^۳بزرگترین مقدار ویژه ماتریس مقایسه‌های زوجی

انتها از اعداد به‌دست آمده می‌توان میانگین سطری گرفت تا وزن‌های هر شاخص نسبت به هدف (W_i) به‌دست آید. به‌طور مشابه، می‌توان وزن هر ویژگی نسبت به هدف (W_j) را بر اساس رابطه (۱) به‌دست آورد. در جدول ۲ وزن‌های اصلی و فرعی آمده است.

$$W_j = W_i * W_{ij} \quad (1)$$



شکل ۱: سلسله مراتب AHP برای تصمیم خرید سرویس CRM آنلاین

جدول ۱: مقایسه زوجی شاخص‌ها با توجه به هدف

هدف	امنیت	کیفیت خدمات	هزینه	اعتبار	وزن
امنیت	۱	۲	۴	۳	۰/۴۷۲
کیفیت خدمات	۱/۲	۱	۲	۲	۰/۲۵۱
هزینه	۱/۴	۱/۲	۱	۲	۰/۱۵۷
اعتبار	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱	۰/۱۲۰

جدول ۲: وزن‌های اصلی و فرعی

شاخص‌ها	وزن اصلی (W_i)	ویژگی	وزن فرعی (W_{ij})	وزن W_j
امنیت	۰/۴۷۲	ظرفیت مدیریت داده	۰/۶۶۷	۰/۳۱۴۸
		پایداری سیستم	۰/۳۳۳	۰/۱۵۷۲
کیفیت خدمات	۰/۲۵۱	دسترسی	۰/۴۰۰	۰/۱۰۰۰۴
		قابلیت اطمینان	۰/۳۳۷	۰/۰۸۴۶
		ادغام	۰/۱۶۵	۰/۰۴۱۴
		مقیاس‌پذیری	۰/۰۹۸	۰/۰۲۴۶
هزینه	۰/۱۵۷	هزینه اشتراک	۰/۷۵	۰/۱۱۷
		هزینه پیاده‌سازی	۰/۲۵	۰/۰۳۹۲
اعتبار	۰/۱۲۰	قابلیت اطمینان	۰/۱۴	۰/۰۱۶۸
		ادغام	۰/۳۳	۰/۰۳۹۶
		مقیاس‌پذیری	۰/۵۳	۰/۰۶۳۶

۳.۴ مقیاس بندی داده ها

از آنجایی که برخی از ویژگی ها مثبت و برخی دیگر منفی هستند، بنابراین باید با اعمال دو مقیاس، همه داده ها را مقیاس بندی نماییم که مجموعه هدف Y به دست می آید. با نرمال کردن مجموعه هدف Y ، امتیاز ویژگی هدف بدست می آید که آن را با Y_j نشان می دهیم. به دلیل عدم دسترسی به داده ها، امتیاز خام به صورت تصادفی تولید شده است [۴، ۵]. در جدول ۳ امتیاز بندی ویژگی ها آمده است.

جدول ۳: امتیاز بندی ویژگی های سه شرکت (S) Salesforce، (O) Oracle و (M) Microsoft

امتیاز هدف شرکت ها (Y_j)			امتیاز خام شرکت ها			ویژگی
O	M	S	O	M	S	
۰/۳۱۱۶	۱	۰	۲/۷۵	۳/۲۸	۲/۵۱	مدیریت ظرفیت داده ها
۱	۰/۴۱۹۳	۰	۴/۳۶	۴/۱۸	۴/۰۵	پایداری سیستم
۰	۰/۶۱۲	۱	۴/۵۴	۴/۷۳	۴/۸۵	دسترسی
۰	۰/۷۵	۱	۲/۹۵	۳/۰۴	۳/۰۷	قابلیت اطمینان
۰/۳۸۴۶	۰	۱	۴/۴۹	۴/۴۴	۴/۵۴	مقیاس پذیری
۰	۱	۰/۵۴۵۴	۴/۶۶	۴/۷۷	۴/۷۲	ادغام
۰	۱	۰/۱۵۷۸	۶۸	۴۹	۶۵	هزینه اشتراک
۰	۱	۰/۵	۵۹	۴۷	۵۳	هزینه مفهومی
۰	۱	۰	۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۱۱	توجه مشتری
۰	۰/۷۵	۱	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۵	رضایت مشتری
۰	۰/۷۵	۱	۰/۸۰	۰/۸۳	۰/۸۴	وفاداری مشتری

۴.۴ رتبه بندی

با استفاده از رابطه (۲) می توان امتیاز کلی هر شرکت ارائه دهنده خدمات ابری را محاسبه کرد که در آن n تعداد ویژگی ها و W_j وزن هر ویژگی با توجه به هدف است. رتبه بندی هر ویژگی برای سه شرکت ارائه دهنده خدمات ابری در جدول ۴ آمده است که ردیف آخر در آن امتیاز کلی ۳ شرکت را نشان می دهد. مشاهده می شود که Microsoft بالاترین امتیاز را نسب به دو شرکت دیگر دارد و به عنوان بهترین گزینه برای سیستم ارتباط با مشتری با استفاده از روش AHP پیشنهاد می شود.

$$Score_s = \sum_{j=1}^n (W_j * Y_j) \quad (2)$$

جدول ۴: رتبه بندی هر ویژگی برای سه شرکت (S) Salesforce، (O) Oracle و (M) Microsoft

O	M	S	ویژگی
۰/۰۹۸۰	۰/۳۱۴۸	۰	مدیریت ظرفیت داده ها
۰/۱۵۷۲	۰/۰۶۵۹	۰	پایداری سیستم
۰	۰/۰۶۱۴۴	۰/۱۰۰۴	دسترسی
۰	۰/۰۶۳۴۵	۰/۰۸۴۶	قابلیت اطمینان
۰/۰۱۵۹	۰	۰/۰۴۱۴	مقیاس پذیری
۰	۰/۰۲۴۶	۰/۰۱۳۴	ادغام
۰	۰/۱۲۳۸	۰/۰۱۹۵	هزینه اشتراک
۰	۰/۰۴۱۳	۰/۰۲۰۶	هزینه پیامد
۰	۰/۰۱۳۷	۰	توجه مشتری
۰	۰/۲۴۲۲	۰/۰۳۲۳	رضایت مشتری
۰	۰/۰۳۸۹	۰/۰۵۱۹	وفاداری مشتری
۰/۲۷۱۱	۱/۵	۰/۳۶۴۱	امتیاز کلی

۵ نتیجه‌گیری

با توجه به معیارهای مختلف سرویس‌های ارائه‌کننده ابری و استفاده روزافزون کاربران از این خدمات نیاز است، کاربران قبل از انتخاب سرویس ابری و با توجه به اهدافی که دارند چندین سرویس ابری را با روش تحلیل سلسله‌مراتبی مورد مقایسه قرار بدهند. با توجه به ویژگی‌ها و شاخص‌های مورد نظر کاربران، روش سلسله‌مراتبی بهترین گزینه انتخاب را در اختیار کاربران استفاده‌کننده از سرویس‌های ابری قرار می‌دهد.

مراجع

- [۱] محمدرضا مهرگان، پژوهش عملیاتی پیشرفته، چاپ اول، انتشارات کتاب دانشگاهی، ۱۳۸۳.
- [2] Amir Masoud, Shabnam and Rahmani, Shadroo, *Systematic survey of big data and data mining in internet of things*, 139 (2018), 19–47.
- [3] Ashkan Yousefpour and Caleb Fung and Tam Nguyen and Krishna Kadiyala and Fatemeh Jalali and Amirreza Niakanlahiji and Jian Kong and Jason P. Jue, *All one needs to know about fog computing and related edge computing paradigms: A complete survey*, 98 (2019), 289-330.
- [4] Donglin, Fadika, Guihua and She, Qiping and Chen, *Evaluation index system of cloud service and the purchase decision-making process based on AHP*, (2011), 345–352.
- [5] Donglin, Fadika, Guihua and She, Qiping and Chen, *A framework for ranking of cloud computing services*, 29 (2013), No.4, 1012–1023.