مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال نوزدهم، شماره اول (پیاپی ۷۲)، بهار ۰۱، ص ص ۱۶۱-۱۴۵
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

# استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها در طراحی شبکه‌های اینترنتی جهت تضمین کیفیت سرویس

**الهام علی پور چوری[۱]، محسن رستمی مال خلیفه[۲*]، فرهاد حسین زاده لطفی[۳]**

۱- دانشجوی دکتری، گروه ریاضی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- دانشیار، گروه ریاضی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- استاد، گروه ریاضی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

رسید مقاله: ۵ بهمن ۱۳۹۹

پذیرش مقاله: ۱۸ مرداد ۱۴۰۰

## چکیده

انتخاب شبکه اینترنتی برتر توسط کاربران یا ارایه یک شبکه اینترنتی مطلوب توسط خدمت‌دهندگان سیستم‌های ارایه‌دهنده اینترنت، همواره یکی از مسایل مهم تصمیم‌گیری در این حوزه به شمار می‌رود. انتخاب یک شبکه بهینه منحصربه‌فرد از میان مجموعه‌ای از بهترین شبکه‌ها هنوز یک چالش بزرگ می‌باشد. هدف از این مقاله استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری تحلیل پوششی داده‌ها به‌منظور ارزیابی شبکه‌های اینترنتی موجود به‌منظور انتخاب مطلوب‌ترین شبکه می‌باشد. به این صورت که ابتدا به شبیه‌سازی یک شبکه اینترنتی خاص جهت تضمین کیفیت سرویس کاربران می‌پردازیم. مدل‌های مختلفی برای تضمین کیفیت سرویس ارایه‌شده است که از این میان می‌توان به شبکه خدمات متمایز اشاره کرد که توسط IETFارایه می‌گردد. در معماری خدمات متمایز هیچ مکانیزم کنترل دسترسی در نظر گرفته نشده است. به جهت تضمین کیفیت سرویس، شبکه خدمات متمایز باید از مکانیزم کنترل دسترسی پشتیبانی نماید. به جهت این‌که مکانیزم کنترل دسترسی بهترین نتیجه را بدهد باید پارامترهای شبکه طوری در نظر گرفته شوند که هم‌زمان با افزایش کارایی شبکه، میزان اتلاف و تأخیر را حداقل نمایند. سپس با ارایه یک مدل وزن مشترک جدید در DEA به انتخاب مطلوب‌ترین شبکه می‌پردازیم و درنهایت با استفاده از مدل ارایه‌شده به ارزیابی و رتبه‌بندی ۳۳ شبکه اینترنتی شبیه‌سازی‌شده پرداخته و خروجی ارزیابی رتبه‌بندی این ۳۳ شبکه اینترنتی می‌باشد که شبکه‌های با رتبه‌های بالا به‌عنوان مطلوب‌ترین شبکه انتخاب می‌شوند.

**کلمات کلیدی:** شبکه اینترنتی، کنترل پذیرش تماس، تحلیل پوششی داده‌ها، وزن مشترک، نسبت رضایت.

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: Mohsen_rostamy@yahoo.com



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]

[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

## ۱ مقدمه

با توسعه سرویس‌های جدید مانند Voice over IP و ویدئو کنفرانس لزوم استفاده از مکانیزم‌هایی برای حمایت از کیفیت سرویس برنامه‌های کاربردی، حس می‌گردد. مدل‌های مختلفی برای تضمین کیفیت سرویس ارایه‌شده که از این میان می‌توان به خدمات متمایز اشاره کرد که توسط IETF[1] ارایه می‌گردد. در معماری خدمات متمایز هیچ مکانیزم کنترل دسترسی[2] در نظر گرفته نشده است. به جهت تضمین کیفیت سرویس، شبکه خدمات متمایز[3] باید از مکانیزم کنترل دسترسی پشتیبانی نماید. به جهت این‌که مکانیزم کنترل دسترسی بهترین نتیجه را بدهد باید پارامترهای شبکه طوری در نظر گرفته شوند که هم‌زمان با افزایش کارایی شبکه، میزان اتلاف و تأخیر را حداقل نمایند. بدین منظور به جهت ارزیابی هم‌زمان کارایی ورودی‌های مختلف و یافتن بهترین مجموعه ورودی‌ها که بهترین خروجی‌ها را تولید کنند از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها[4] استفاده‌شده است.

تحلیل پوششی داده‌هایک تکنیک ریاضی برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری (DMUs) با چندین شاخص ورودی و خروجی اولین بار با مقاله چارنز و همکاران (۱۹۷۸) معرفی شد[۱] و طی ۴۰ سال گذشته مقالات مختلفی چه از لحاظ کاربرد در علوم مختلف و چه ازلحاظ تئوری ریاضی در این حوزه ارایه‌شده است [۲]. در DEA هر DMU در بهترین شرایط ارزیابی خواهد شد، و این باعث می‌شود که اگر یک DMU ناکارا باشد با هیچ روش دیگر کارا نشود [۳].

تحلیل پوششی داده‌ها اندازه کارایی واحدهای تصمیم‌گیری با چندین ورودی و خروجی را به‌وسیله دادن وزن‌هایی به آن‌ها و به‌صورت نسبت جمع خروجی‌های وزن‌دار بر ورودی‌های وزن‌دار به دست می‌آورد. لذا هر واحد تصمیم‌گیری می‌تواند مطلوب‌ترین وزن‌ها را برای حاصل شدن ماکزیمم شاخص کارایی اختیار کند. بنابراین شاخص کارایی به‌دست آمده بهترین سطح کارایی برای هر واحد تصمیم‌گیری می‌باشد[۳]. اما انتخاب وزن‌های مختلف برای واحدهای تصمیم‌گیرنده در عمل غیرقابل قبول است. بعضی دانشمندان با ارتباط دادن برنامه‌ریزی چندهدفه و DEA، تکنیک وزن مشترک[5] را برای ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری و رتبه‌بندی آن‌ها ارایه دادند[۴-۸].

سؤالی که در اینجا مطرح است این است که چگونه می‌توان با استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها بهترین شبکه اینترنت را انتخاب نمود. درواقع انتخاب بهترین شبکه اینترنتی طراحی‌شده با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها به چه صورت است؟

اخیراً علی پور و رستمی (۲۰۱۹) با استفاده از مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها به انتخاب بهترین شبکه اینترنتی طراحی‌شده پرداختند. ارزیابی کارایی به‌وسیله مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها معمولا به رتبه‌بندی منحصربه‌فرد منجر نمی‌شود[۹]. علاوه بر این مشکل انتخاب وزن‌های ورودی و خروجی متفاوت برای واحدهای تصمیم‌گیرنده وجود دارد. در این مقاله به دنبال ارایه یک مدل وزن مشترک جدید برای ارزیابی و رتبه‌بندی

[1] Internet Engineering Task Force
[2] Call Admission Control
[3] Differentiated Service
[4] DEA
[5] Common Weight



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

شبکه‌های اینترنتی و انتخاب مطلوب‌ترین شبکه می‌باشیم. درواقع کار در دو بخش نظری و کاربردی ارایه خواهد شد. در مرحله اول یک مدل جدید وزن مشترک ارایه خواهد شد. این مدل بر پایه‌یک مفهوم جدید معروف به نسبت رضایت است. سپس به شبیه‌سازی شبکه‌های کامپیوتری و ارزیابی آن‌ها با استفاده از مدل وزن مشترک می‌پردازیم. در نهایت با استفاده از نمره کارایی وزن مشترک به رتبه‌بندی شبکه‌های کامپیوتری و انتخاب مطلوب‌ترین شبکه کامپیوتری می‌پردازیم.

در ادامه مقاله به‌صورت زیر سازمان‌دهی می‌شود: در بخش بعدی به مباحث مربوط به طراحی شبکه خدمات متمایز جهت تضمین کیفیت سرویس خواهیم پرداخت. در بخش سوم به ارایه یک مدل جدید وزن مشترک می‌پردازیم. انتخاب مطلوب‌ترین شبکه اینترنتی طراحی‌شده به وسیله مدل وزن مشترک ارایه‌شده به عنوان یک کاربرد تجربی آن در بخش چهارم آورده می‌شود. بخش پنجم شامل نتیجه‌گیری و ارایه پیشنهادها است.

## ۲ پیش‌نیازها

در این بخش مروری بر مدل‌های پوشش در لجستیک امداد در ۱۰سال گذشته شده است. لازم به ذکر است در این بخش پیش‌نیازهای از مقاله آورده می‌شود به این صورت که ابتدا مکانیزم کنترل پذیرش تماس مبتنی بر پارامتر به لبه شبکه خدمات متمایز اضافه‌شده و سپس با تغییر ورودی‌های مرتبط که شامل سایز بافر، تعداد منابع ورودی و متوسط نرخ سرویس می‌باشند، خروجی‌ها شامل اتلاف، تاخیر و بهره‌وری با استفاده از روش شبیه‌سازی با شبیه‌ساز NS2 به دست می‌آید. در این پروژه شبکه خدمات متمایز را به‌عنوان DMU انتخاب نموده و با دادن ورودی‌های مختلف به آن DMUهای متفاوت ساخته و سپس کارایی این DMUها توسط مدل‌های DEA بررسی می‌شوند.

### ۲-۱ الگوریتم کنترل پذیرش مبتنی بر پارامتر

در این زیر بخش الگوریتم ساده‌ای برای کنترل پذیرش تماس معرفی می‌شود که به مسیریاب‌های لبه شبکه خدمات متمایز اضافه گردید. این الگوریتم یک طرح کنترل پذیرش مبتنی بر پارامتر می‌باشد. یعنی کاربر مشخصات ترافیک خود را تعیین می‌سازد. در روش پیشنهادی مقدار میانگین $\mu$ و واریانس $\sigma^2$ مربوط به ترافیک ورودی باید توسط کاربر مشخص شود. برای کنترل پهنای باند از معیار پهنای باند معادل استفاده می‌شود و پهنای باند مؤثر منابع مالتی‌پلکس شده از رابطه (۱) به دست می‌آید[۱۰].

$$C(\mu,\sigma^2,\varepsilon)=\mu+\sigma\sqrt{-2\ln(\varepsilon)-\ln(2\pi)} \qquad (1)$$

در روش پیشنهادی مقدار میانگین $\mu$ و واریانس $\sigma^2$ مربوط به ترافیک ورودی باید توسط کاربر مشخص شود.$\varepsilon$ مقدار آستانه اتلاف بسته را مشخص می سازد. لازم به ذکر است که میزان حداکثر نرخ اتلاف بسته در توافق‌نامه سطح سرویسی که فراهم‌کننده سرویس با کاربر امضاء می‌کند، مشخص می‌شود.



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

هنگامی که تقاضای جدیدی به لبه شبکه می‌رسد باید تصمیم گرفته شود که آیا پذیرش جریان جدید کیفیت سرویس جریان‌های موجود در شبکه را خدشه‌دار می‌سازد یا نه. با دانستن تعداد منابع فعال و داشتن حداکثر نرخ ارسال منبع جدید ترافیک $P_{new}$ و با این فرض که منبع جدید در حال ارسال ترافیک با نرخ حداکثر آن می‌باشد می‌توان پهنای باند لازم برای پذیرش جریان جدید را طبق رابطه (۲) تخمین زد.

$$C_{est} = \sum_{i=1}^{n} P_i + P_{new} \qquad (۲)$$

با داشتن $C_{total}$ و اندازه‌گیری $C_{est}$، معیار کنترل پذیرش طبق رابطه (۴) ارایه‌شده است[۱۱].

$$\begin{aligned} &if \quad C_{est} \le C_{total} \quad admit \\ &if \quad C_{est} > C_{total} \quad reject \end{aligned} \qquad (۳)$$

در الگوریتم پیشنهادی فرض شده است که از طریق تدارک شبکه و مهندسی ترافیک، حداقل پهنای باندی به اندازه $C_{total}$ به صورت انتها به انتها موجود باشد. همچنین فرض شده است هر زمان که یک منبع بخواهد فعال شود و ترافیکی را ارسال کند درخواستش را از طریق پروتکل رزرو منابع به اطلاع گره ورودی برساند. فرض مشابهی هم برای زمان خاتمه‌یافتن یک سرویس در نظر گرفته‌شده است. یعنی در هنگام خاتمه یافتن یک سرویس هم، منبع مورد نظر به گره مرزی، خاتمه سرویس را اطلاع می‌دهد[۱۲].

## ۲-۲ مدل‌های وزن مشترک

فرض کنید که $x_{ij}$ نشان‌دهنده $i$ امین ورودی و $y_{rj}$ نشان دهنده $r$ امین خروجی از $j$ امین واحد تصمیم‌گیری باشد. مدل کسری CCR برای ارزیابی واحد تصمیم‌گیری $o$ ام یک مدل برنامه‌ریزی خطی به صورت زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned} &\max E_o = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{ro}}{\sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{io}} \\ &s.t. \\ &\frac{\sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{ij}} \le 1, \qquad j = 1,\dots,n \\ &u_{rd} \ge \varepsilon, \quad v_{id} \ge \varepsilon, \qquad \forall r,i \end{aligned} \qquad (۴)$$

که در آن $u_r$ و $v_i$ به ترتیب وزن‌های به کار گرفته‌شده برای خروجی‌ها و ورودی‌ها و $\varepsilon$ یک عدد کوچک غیر ارشمیدسی می‌باشند. هدف به دست آوردن ماکزیمم شاخص کارایی $E_0$ تحت قیدهایی است که شاخص



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

کارایی همه واحدها کمتر یا مساوی واحد باشد وقتی‌که این وزن‌ها را برای آنها به کار می‌بریم. مقدار بهینه از مدل (۴) را اگر با $E_j^*$ نشان دهیم، بهترین سطح کارایی به‌دست آمده برای $DMU_j$ می‌باشد [۱۳].

برای به دست آوردن مجموعه مشترک از وزن‌ها برای همه DMU ها می‌توانیم $E^* = (E_1^*, E_2^*, \ldots, E_n^*)$ را به‌عنوان ایده‌آل در نظر بگیریم. در واقع می‌خواهیم بردار کارایی $E(u,v) = (E_1(u,v), E_2(u,v), \ldots, E_n(u,v))$ حاصل از مجموعه مشترک از وزن‌ها را طوری به دست آوریم که با جواب ایده‌آل $E^*$ کمترین فاصله را داشته باشد. برای به‌دست آوردن درجه نزدیکی بین $E(u,v)$ و $E^*$ خانواده‌ی کلی از فاصله‌های زیر را به کار می‌بریم:

$$D_p(E(u,v)) = \left[ \sum_{j=1}^{n} (E_j^* - E_j(u,v))^p \right]^{1/p} \qquad p \geq 1 \tag{۵}$$

که p بیانگر پارامتر فاصله می‌باشد. وزن‌های مشترک $(u,v)$ و شاخص کارایی $E_j(u,v)$ وابسته به آن‌که از مدل برنامه‌ریزی خطی زیر به دست می آید را جواب‌های توافقی وابسته به پارامترهای p گوییم. مدل وزن مشترک می‌تواند به صورت زیر باشد[۷]:

$$\begin{aligned} \min D_p &= \left[ \sum_{j=1}^{n} (E_j^* - E_j(u,v))^p \right]^{1/p} \qquad p \geq 1 \\ &s.t. \\ &\frac{\sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{ij}} \leq 1, \qquad j = 1, \ldots, n \\ &u_{rd} \geq \varepsilon, \quad v_{id} \geq \varepsilon, \qquad \forall r, i \end{aligned} \tag{۶}$$

که به عنوان مثال برای حالت $p = 1$ به‌جای مدل (۶) می‌توان مدل زیر را حل نمود:

$$\begin{aligned} &\max \sum_{j=1}^{n} \frac{\sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{ij}} \\ &s.t. \\ &\sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{ij} \leq 0, \qquad j = 1, \ldots, n \\ &u_{rd} \geq \varepsilon, \quad v_{id} \geq \varepsilon, \qquad \forall r, i \end{aligned} \tag{۷}$$

که این همان مدل لی و رویز (۱۹۹۹) می‌باشد[۱۴].

برای حالتی $p = 2$ هدف از مدل (۶) پیدا کردن مجموعه از وزن‌های $(u^{(2)}, v^{(2)})$ می‌باشد که کوتاه‌ترین فاصله بین $E^2$ و $E^*$ در فضای اقلیدسی معمول را نتیجه می‌دهد. پس مدل وزن مشترک غیرخطی زیر برای حالت $p = 2$ به دست می‌آید.



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

$$\min D_2 = \sum_{j=1}^{n} (E_j^* - \frac{\sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{ij}})^2$$

$$s.t.$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{ij} \le 0, \qquad j = 1,...,n \qquad (8)$$

$$u_{rd} \ge \varepsilon, \quad v_{id} \ge \varepsilon, \qquad \forall r, i$$

و نیز برای حالتی $p = \infty$ اندازه فاصله به صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$\max_j \{E_j^* - E_j(u,v)\}$$

که هدف مینیمم کردن ماکزیمم تک‌تک انحرافات می‌باشد. تابع هدف دو سطحی[1] از

$$\min_{u,v} \max_j \{E_j^* - E_j(u,v)\}$$

را با در نظر گرفتن

$$w = \max_j \{E_j^* - E_j(u,v)\}$$

می‌توان به صورت برنامه‌ریزی غیرخطی یک سطحی زیر تبدیل نمود:

$$\min w$$

$$s.t.$$

$$E_j^* - (\frac{\sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{ij}}) \le w \qquad (9)$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{ij} \le 0, \qquad j = 1,...,n$$

$$u_{rd} \ge \varepsilon, \quad v_{id} \ge \varepsilon, \qquad \forall r, i$$

در این بخش پیش‌نیازهای مورد استفاده در این مقاله آورده شد. در بخش‌های بعدی یک مدل وزن مشترک جدید ارایه و با استفاده از آن به انتخاب مطلوب‌ترین شبکه‌ای اینترنتی می‌پردازیم.

## ۳ مدل وزن مشترک ارایه‌شده

اخیرا وی و همکاران (۲۰۱۶) یک مدل وزن مشترک با استفاده از تعریف مفهومی با عنوان درجه رضایت ارایه داده‌اند[۸]. در این بخش ما نیز یک مفهوم جدید با عنوان نسبت رضایت معرفی نموده و به‌وسیله آن یک مدل وزن مشترک ارایه خواهیم نمود. برای این کار مراحل زیر را انجام می‌دهیم.

مرحله ۱: کارایی خودارزیابی از $DMU_d$ با استفاده از مدل CCR در DEA به صورت زیر نمایش داده خواهد شد:

[1] Two-level



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

$$\max E_d = \sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{rd}$$
$$s.t.$$
$$\sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{id} = 1 \qquad (10)$$
$$\sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{ij} \le 0, \qquad j = 1,...,n$$
$$u_{rd} \ge \varepsilon, \quad v_{id} \ge \varepsilon, \qquad \forall r, i$$

که در آن $u_{rd}$ و $v_{id}$ به ترتیب نمایشی از وزن‌های r امین خروجی و i امین ورودی از $DMU_d$ هستند. حاصل این مدل مقدار ماکزیمم کارایی $\bar{E}_d$ است. برای هر $DMU_d$ یک مجموعه از وزن‌های بهینه $v^*_{1d}$، $v^*_{2d}$، ....، $v^*_{md}$، $u^*_{1d}$، $u^*_{2d}$، ...، $u^*_{sd}$ با حل مدل (۱۰) به دست می‌آوریم. پس برای ارزیابی کارایی هر DMU یک مجموعه وزن‌داریم که کارایی آن DMU را در بهترین شرایط محاسبه می‌کند. اما این باعث یک نوع عدم رضایت در بین DMU ها می‌شود. شاید بهترین وزن انتخاب‌شده برای یک DMU برای یک DMU دیگر قابل قبول نباشد. برای رفع این مشکل از مدل‌های وزن مشترک در DEA استفاده می‌شود.

در ادامه مقدار آنتی‌ایده‌آل کارایی برای $DMU_j$ $(j = 1,...,n; j \ne d)$ با توجه به وزن‌های $DMU_d$ را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود.

$$\min E_{dj} = \sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{rj}$$
$$s.t.$$
$$\sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{ij} = 1$$
$$\sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{rd} - \bar{E}_d \sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{id} = 0, \qquad (11)$$
$$\sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{ij} \le 0, \qquad j = 1,...,n$$
$$u_{rd} \ge \varepsilon, \quad v_{id} \ge \varepsilon, \qquad \forall r, i$$

در اینجا به دنبال مینیمم کردن کارایی $DMU_j$ $(j = 1,...,n; j \ne d)$ با توجه به وزن‌های بهینه $DMU_d$ هستیم. در اینجا یک ماتریس کارایی به دست می‌آید. که اصطلاحا ماتریس کارایی بدبین نامیده می‌شود. بعد از به دست آورن ماتریس کارایی بدبین، مینیمم مقدار را به‌عنوان نمره کارایی بدبین به صورت زیر به‌دست می‌آوریم:

$$\underline{E}_d = \min_{j=1,...,n} E_{dj} \qquad (12)$$



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

$DMU_j$ $(j=1,...,n; j\neq d)$ همواره در تلاش هستند که مقدار کارایی $\overline{E_j}$ را به دست آورد. اما رسیدن به این مقدار برای همه $DMU_j$ $(j=1,...,n; j\neq d)$ نشدنی می‌باشد. همچنین $DMU_j$ سعی می‌کند از مقدار کارایی $\underline{E}_j$ دوری کند. با توجه به این توضیحات مفهوم زیر آورده خواهد شد.

**تعریف:** برای $DMU_j$ $(j=1,...,n; j\neq d)$ نسبت رضایت با توجه به وزن‌های $DMU_d$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\phi_j = \frac{1}{\overline{E}_j - \underline{E}_j}(w_1(E_j - \underline{E}_j) - w_2(\overline{E}_j - E_j)) \qquad (13)$$

در اینجا $\varphi_j$ را نسبت رضایت می‌گوییم و هر چه مقدار آن بیشتر باشد، نشان از رضایت بیشتر است. $w_1$ و $w_2$ وزن‌های است که از طرف تصمیم‌گیرنده به منظور اهمیت فاصله کارایی از ایده‌آل آن یا آنتی‌ایده‌آل آن می‌باشد. همچنین $w_1 + w_2 = 1$ است. در اینجا با توجه به نسبت رضایت تعریف‌شده در فوق، مدل زیر را برای به دست آوردن وزن مشترک برای همه DMU ها ارایه می‌نماییم.

$$\begin{aligned}
&\max_{j=1,...,n} \phi_j = \frac{1}{\overline{E}_j - \underline{E}_j}(w_1(E_j - \underline{E}_j) - w_2(\overline{E}_j - E_j)) \\
&s.t. \\
&\sum_{r=1}^{s} u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_{id} x_{ij} \le 0, \qquad j = 1,...,n \\
&u_{rd} \ge \varepsilon, \quad v_{id} \ge \varepsilon, \qquad \forall r, i
\end{aligned} \qquad (14)$$

که مقادیر ایده‌آل $\overline{E_j}$ و مقادیر آنتی‌ایده‌آل $\underline{E}_j$ به‌دست آمده به ترتیب با استفاده از مدل‌های (10) و (11) می‌باشند. همچنین $E_j$ متغیر کارایی $DMU_j$ با استفاده از مدل وزن مشترک است که با توجه به مدل (14) تعیین می‌شود. در اینجا هدف به دست آوردن ماکزیم نسبت رضایت برای $DMU_j$ $(j=1,...,n)$ است. اما با استفاده از روش‌های چند هدفه می‌توان آن را به یک مدل برنامه‌ریزی تک هدفه تبدیل نموده و سپس حل نمود[15، 16]. یکی از این روش ها که در این مقاله از آن استفاده می‌کنیم روش وزن‌دار شده است. بنابراین با استفاده از روش وزن‌دارشده، مدل (14) به مدل تک هدفه زیر تبدیل می‌شود:

$$\begin{aligned}
&\max \sum_{j=1}^{n} W_j' \phi_j \\
&s.t. \\
&\phi_j = \frac{1}{\overline{E}_j - \underline{E}_j}(w_1(E_j - \underline{E}_j) - w_2(\overline{E}_j - E_j)), \qquad j = 1,...,n \\
&E_j = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le 1, \qquad j = 1,...,n \\
&\sum_{j=1}^{n} W_j' = 1 \\
&u_{rd} \ge \varepsilon, \quad v_{id} \ge \varepsilon, \qquad \forall r, i
\end{aligned} \qquad (15)$$



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

که $W_j^{'}$ وزن مربوط به هدف j درروش وزن‌دار شده است که به وسیله تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود، اما این وزن‌ها باید نامنفی $\sum_{j=1}^{n} W_j^{'} = 1$ باشد. توجه کنید که اگر $\bar{E}_{dj} = \underline{E}_{dj}$ (برای $d = 1,...,n; j = 1,...,n$)باشند در کسر نسبت رضایت ۱ قرار می‌دهیم. خروجی این مدل، محاسبه کارایی وزن مشترک برای همه DMU ها است.

با توجه به مطالب فوق، فرآیند زیر را برای رتبه‌بندی DMUs با توجه به نسبت رضایت خواهیم داشت:

## فرآیند پیشنهادی:

۱- ابتدا با استفاده از مدل (۱۰) مقادیر کارایی $\overline{E}_d$ برای (d=1,…,n) را محاسبه می‌کنیم.

۲- با استفاده از مدل (۱۱) مقادیر $E_{dj}$ را برای به‌دست آوردن ماتریس کارایی بدبین به دست می‌آوریم.

۳- با استفاده از رابطه (۱۲) مقادیر کارایی بدبین $\underline{E}_j$ را محاسبه می‌نمایم.

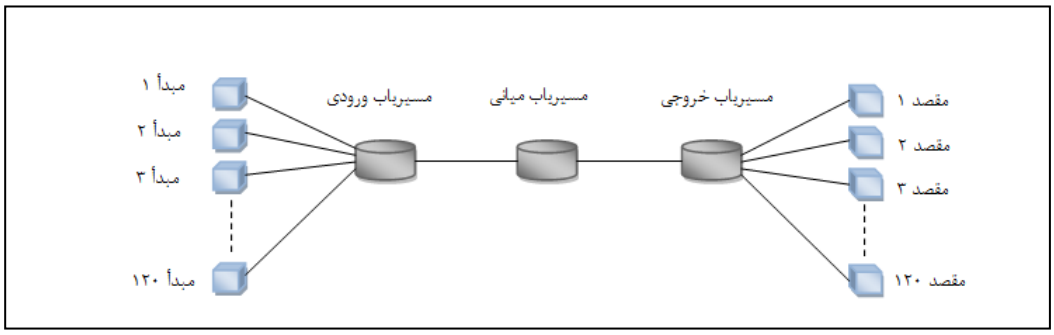
۴- با استفاده از مدل (۱۵) کارایی وزن مشترک را برای همه DMU ها به‌دست می‌آوریم.

۵- رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده را بر اساس امتیاز کارایی وزن مشترک انجام می‌دهیم.

## ٤ ارزیابی و انتخاب مطلوب‌ترین شبکه کامپیوتری

### ٤-١ توپولوژی شبکه شبیه‌سازی‌شده

برای ارزیابی کارایی الگوریتم کنترل پذیرش در شبکه خدمات متمایز، از شبیه‌ساز NS-2 استفاده گردید. توپولوژی استفاده‌شده توپولوژی dumbbell بوده است که در شکل ۱ نشان داده‌شده است. این شبکه به عنوان DMU در نظر گرفته‌شده و با تعیین ورودی‌های مختلف به آن DMUهای متفاوتی می‌سازیم.




**شکل ۱.** توپولوژی شبکه [۹]

در این پروژه به شبیه‌سازی دو کلاس ترافیک شبکه خدمات متمایز پرداخته‌شده است: کلاس خدمات ممتاز یا کلاس EF و کلاس بهترین تلاش یا BE[1]. تعداد ۱۲۰ منبع در توپولوژی مورد نظر در نظر گرفته‌شده است که وظیفه تولید ترافیک در شبکه را برعهده دارند. این منابع، دو نوع ترافیک را تولید می‌کنند.

ترافیک EF، ترافیک VoIP می‌باشد و ترافیک BE، ترافیک بهترین تلاش بوده که درصد بالایی از

[1]Best Effort



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

ترافیک موجود در شبکه جهانی اینترنت را تشکیل می‌دهد.

## ٤-٢ تعریف ورودی‌ها و خروجی‌ها

**ورودی اول:** از میان منابع، تعداد منابعی که به تولید ترافیک EF می‌پردازند را ورودی اول در نظر می‌گیریم که مقادیر این ورودی‌ها در جدول ۱ آمده است. متناسب با این ورودی‌ها تعداد منابع BE نیز تغییر می‌کند که برابر تفاضل تعداد منابع EF از کل منابع می‌باشد. برای این دو کلاس از ترافیک از صف‌های جداگانه استفاده‌شده است.

**ورودی دوم** : سایز صف ترافیک EF به عنوان ورودی دوم در نظر گرفته می‌شود که مقدار آن‌ها در جدول ۱ آمده است. سایز صف کلاس BE برابر ۲۰ در نظر گرفته‌شده است. برای مدل کردن ترافیک VoIP از مدل منبع Exponential ON/OFF، که زمان‌های ON و OFF آن به صورت نمایی توزیع‌شده‌اند، استفاده‌شده است. میانگین طول مدت بازه‌های ON و OFF به ترتیب برابر ۱/۰۰۴ و ۱/۵۸۷ ثانیه در نظر گرفته‌شده است. حداکثر نرخ انتقال در زمان ON بودن منبع برابر ۶۴Kbps می‌باشد. در مورد ترافیک بهترین تلاش هم از منابعی با نرخ بیت ثابت[1] ۵۰Kbps استفاده شد. طول مدت برقراری ترافیک یک منبع، یک عدد تصادفی با توزیع نرمال و میانگین ۱۰ ثانیه در نظر گرفته‌شده است. ظرفیت لینک خروجی ۳/۱Mbps می‌باشد که این ظرفیت بین دو ترافیک EF و BE تقسیم می‌گردد.

**ورودی سوم:** میزان ظرفیت لینک اختصاص داده‌شده به ترافیک EF را ورودی سوم در نظر می‌گیریم که در جدول ۱ آمده است.

با انجام شبیه‌سازی برای هر یک از DMUها به مدت زمان ۱۰۰۰ ثانیه، خروجی‌های مورد نظر به دست آمده است.

**خروجی اول:** میزان اتلاف بسته‌های مربوط به ترافیک EF

**خروجی دوم:** میزان تاخیر ارسال بسته‌های ترافیک EF از مبدا به مقصد

**خروجی سوم:** بهره‌وری شبکه مورد نظر.

DMU ها و مقادیر ورودی و خروجی در جدول ۱ ارایه‌شده است.

| | | |
|---|---|---|
| تعداد منابع ورودی = I1 | سایز بافر = I2 | میزان ظرفیت بافر= I3 |
| بهره‌وری = O1 | اتلاف= O2 | تاخیر= O3 |

[1]Constant Bit Rate (CBR)



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

**جدول ۱.** مقادیر ورودی و خروجی‌های شبکه‌های اینترنتی

| DMUs | ورودی ۱ | ورودی ۲ | ورودی ۳ | خروجی ۱ | خروجی ۲ | خروجی ۳ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DMU1 | ۹۰ | ۳ | ۶۰۰ | ۸۳/۴۶ | ۵/۳۷ | ۱۳/۹۴ |
| DMU2 | ۷۰ | ۳ | ۶۰۰ | ۸۴/۶۲ | ۴/۲۸ | ۱۳/۵۲ |
| DMU3 | ۵۰ | ۳ | ۶۰۰ | ۸۵/۷۳ | ۳/۸۹ | ۱۳/۶۰ |
| DMU4 | ۳۰ | ۳ | ۶۰۰ | ۸۵/۰۲ | ۴/۱۹ | ۱۳/۹۴ |
| DMU5 | ۹۰ | ۴ | ۵۰۰ | ۸۵/۸۵ | ۶/۱۹ | ۱۵/۳۷ |
| DMU6 | ۷۰ | ۴ | ۵۰۰ | ۸۷/۵۰ | ۵/۲۸ | ۱۴/۶۸ |
| DMU7 | ۵۰ | ۴ | ۵۰۰ | ۸۲/۳۲ | ۳/۳۵ | ۱۴/۳۵ |
| DMU8 | ۳۰ | ۴ | ۵۰۰ | ۸۴/۳۶ | ۵/۶۵ | ۱۵/۲۵ |
| DMU9 | ۵۰ | ۳ | ۵۰۰ | ۸۵/۴۹ | ۶/۹۷ | ۱۴/۰۰ |
| DMU10 | ۵۰ | ۳ | ۵۰۰ | ۸۴/۴۷ | ۶/۷۵ | ۱۴/۹۳ |
| DMU11 | ۳۰ | ۵ | ۵۰۰ | ۸۴/۸۸ | ۵/۴۲ | ۱۵/۸۲ |
| DMU12 | ۵۰ | ۵ | ۵۰۰ | ۸۴/۶۷ | ۲/۸۵ | ۱۴/۴۶ |
| DMU13 | ۷۰ | ۵ | ۵۰۰ | ۸۶/۰۵ | ۳/۸۷ | ۱۵/۲۴ |
| DMU14 | ۳۰ | ۴ | ۷۰۰ | ۷۹/۸۵ | ۰/۱۲ | ۱۳/۵۵ |
| DMU15 | ۳۰ | ۳ | ۷۰۰ | ۷۸/۰۰ | ۲/۴۵ | ۱۳/۴۰ |
| DMU16 | ۵۰ | ۳ | ۷۰۰ | ۷۸/۵۰ | ۲/۰۹ | ۱۲/۹۷ |
| DMU17 | ۷۰ | ۳ | ۷۰۰ | ۷۶/۹۱ | ۲/۲۲ | ۱۳/۰۷ |
| DMU18 | ۷۰ | ۴ | ۷۰۰ | ۷۸/۷۰ | ۰/۱۰ | ۱۳/۲۷ |
| DMU19 | ۶۰ | ۳ | ۵۰۰ | ۸۶/۷۲ | ۵/۵۴ | ۱۳/۲۷ |
| DMU20 | ۹۰ | ۴ | ۷۰۰ | ۷۸/۶۶ | ۰/۰۸ | ۱۳/۳۵ |
| DMU21 | ۹۰ | ۵ | ۶۰۰ | ۸۸/۱۶ | ۱/۳۵ | ۱۴/۷۵ |
| DMU22 | ۷۰ | ۵ | ۶۰۰ | ۵۵/۴۲ | ۰/۶۳ | ۱۴/۲۳ |
| DMU23 | ۳۰ | ۵ | ۶۰۰ | ۸۸/۵۴ | ۱/۰۵ | ۱۴/۸۳ |
| DMU24 | ۵۰ | ۵ | ۶۰۰ | ۸۸/۷۲ | ۰/۳۹ | ۱۳/۹۶ |
| DMU25 | ۷۰ | ۲ | ۶۰۰ | ۷۷/۵۶ | ۱۲/۳۵ | ۱۳/۰۰ |
| DMU26 | ۹۰ | ۳ | ۷۰۰ | ۷۲/۳۹ | ۵/۷۰ | ۱۲/۵۲ |
| DMU27 | ۹۰ | ۳ | ۵۰۰ | ۸۲/۸۹ | ۹/۳۰ | ۱۴/۴۶ |
| DMU28 | ۹۰ | ۵ | ۵۰۰ | ۸۷/۱۱ | ۶/۳۱ | ۱۶/۴۸ |
| DMU29 | ۵۰ | ۴ | ۷۰۰ | ۸۰/۰۷ | ۰/۱۳ | ۱۳/۰۶ |
| DMU30 | ۹۰ | ۴ | ۶۰۰ | ۸۶/۵۴ | ۲/۱۲ | ۱۴/۶۰ |
| DMU31 | ۷۰ | ۳ | ۶۰۰ | ۸۷/۲۱ | ۶/۳۱ | ۱۴/۱۹ |
| DMU32 | ۳۰ | ۴ | ۶۰۰ | ۸۷/۸۲ | ۱/۶۲ | ۱۴/۵۸ |
| DMU33 | ۵۰ | ۴ | ۶۰۰ | ۸۸/۰۷ | ۱/۱۰ | ۱۳/۷۹ |



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

## ٤-٣ نتایج شبیه‌سازی

در این بخش به ارزیابی مطلوب‌ترین شبکه اینترنتی با استفاده از الگوریتم ارایه‌شده در این مقاله می‌پردازیم. در مرحله اول از مدل (۱۰) استفاده می‌کنیم و کارایی خودارزیابی را به‌دست می‌آوریم که نتایج اجرای مدل در جدول ۲ آورده شده است. توجه کنید که تمام مدل‌های برنامه‌ریزی خطی در اینجا با استفاده از نرم افزار لینگو ۱۱ اجر شده است.

**جدول۲.** نتایج خودارزیابی با استفاده از مدل (۱۰)

| DMU | نمره کارایی | DMU | نمره کارایی |
|---|---|---|---|
| DMU1 | ۰/۹ | DMU18 | ۰/٦٨ |
| DMU2 | ۰/۹ | DMU19 | ۱ |
| DMU3 | ۰/۹۴ | DMU20 | ۰/٦٨ |
| DMU4 | ۱ | DMU21 | ۰/۸۳ |
| DMU5 | ۱ | DMU22 | ۰/۷٥ |
| DMU6 | ۰/۹٦ | DMU23 | ۱ |
| DMU7 | ۰/۹٥ | DMU24 | ۰/۸٦ |
| DMU8 | ۱ | DMU25 | ۰/۷۸ |
| DMU9 | ۱ | DMU26 | ۱ |
| DMU10 | ۱ | DMU27 | ۱ |
| DMU11 | ۱ | DMU28 | ۱ |
| DMU12 | ۰/۹۸ | DMU29 | ۰/۷ |
| DMU13 | ۰/۹۸ | DMU30 | ۰/۸٤ |
| DMU14 | ۰/۹۱ | DMU31 | ۱ |
| DMU15 | ۰/۹۳ | DMU32 | ۱ |
| DMU16 | ۰/۸۴ | DMU33 | ۰/۸٦ |
| DMU17 | ۰/۷۷ | | |

همان‌طور که از جدول ۲ می‌بینید، از مجموع ۳۳ واحد تصمیم‌گیری تعداد ۱۲ واحد نمره کارایی ۱ را کسب نموده اند و کارا می باشند و بقیه واحدهای تصمیم‌گیری ناکارا می‌باشند. سوالی که در اینجا به وجود می‌آید این است که مطلوب‌ترین شبکه کدام DMU است؟ در اینجا با توجه به نتایج مدل (۱۰) هر ۱۲ واحد تصمیم‌گیری کارا انتخاب مطلوبی برای شبکه کامپیوتری هستند و نمی‌توان انتخاب منحصربه‌فردی داشت. در ادامه برای انتخاب منحصربه‌فرد از الگوریتم پیشنهادی استفاده می‌کنیم. به این صورت که ابتدا مدل (۱۱) حل‌شده و با استفاده از نتایج آن ماتریس نمره کارایی بدبین را تشکیل می‌دهیم. بعد از رابطه (۱۲) استفاده نموده و مقدار کارایی بدبین $\underline{E}_j$ به دست می‌آید. در نهایت از مدل (۱۵) استفاده نموده و با اجرای مدل نمره کارایی وزن مشترک به‌دست می‌آید که نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است.



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

**جدول ۳.** نمره کارایی وزن مشترک بر پایه نسبت رضایت

| DMUs | نمره کارایی وزن مشترک | رتبه |
|---|---|---|
| DMU1 | ۰/۶۷۷۵۷۶ | ۱۰ |
| DMU2 | ۰/۵۷۰۳۰۳ | ۲۶ |
| DMU3 | ۰/۵۲۲۴۲۴ | ۳۰ |
| DMU4 | ۰/۶۸۱۲۱۲ | ۹ |
| DMU5 | ۰/۶۵۴۵۴۵ | ۱٤ |
| DMU6 | ۰/۶۲۳۰۳ | ۲۱ |
| DMU7 | ۰/۶۰۹۰۹۱ | ۲۲ |
| DMU8 | ۰/۵۳۸۴۸۵ | ۲۷ |
| DMU9 | ۰/۶۲۹۶۹۷ | ۱۹ |
| DMU10 | ۰/۷۸۷۲۷۳ | ۱ |
| DMU11 | ۰/۶۹۹۳۹۴ | ٦ |
| DMU12 | ۰/۶۲۵۷۵۸ | ۲۰ |
| DMU13 | ۰/۵۸۶۶۶۷ | ۲۵ |
| DMU14 | ۰/۶۴۷۸۷۹ | ۱٦ |
| DMU15 | ۰/۶۵۴۲۴۲ | ۱۵ |
| DMU16 | ۰/۶۸۴۲۴۲ | ۸ |
| DMU17 | ۰/۶۷۵۷۵۸ | ۱۱ |
| DMU18 | ۰/۵۳۶۰۶۱ | ۲۸ |
| DMU19 | ۰/۷۳۴۸۱۸ | ۲ |
| DMU20 | ۰/۷۲۷۲۷۳ | ۵ |
| DMU21 | ۰/۵۹۰۳۰۳ | ۲٤ |
| DMU22 | ۰/۶۵۹۳۹۴ | ۱۳ |
| DMU23 | ۰/۵۲۶۹۷ | ۲۹ |
| DMU24 | ۰/۵۰۲۷۲۷ | ۳۲ |
| DMU25 | ۰/۵۱۳۶۳۶ | ۳۱ |
| DMU26 | ۰/۴۵۳۳۳۳ | ۳۳ |
| DMU27 | ۰/۶۷۱۸۱۸ | ۱۲ |
| DMU28 | ۰/۶۹۴۸۴۸ | ۷ |
| DMU29 | ۰/۶۴۶۶۶۷ | ۱۷ |
| DMU30 | ۰/۵۹۷۵۷۶ | ۲۳ |
| DMU31 | ۰/۷۳۳۰۳ | ۳ |
| DMU32 | ۰/۷۳۰۹۷ | ٤ |
| DMU33 | ۰/۶۳۶۰۶۱ | ۱۸ |

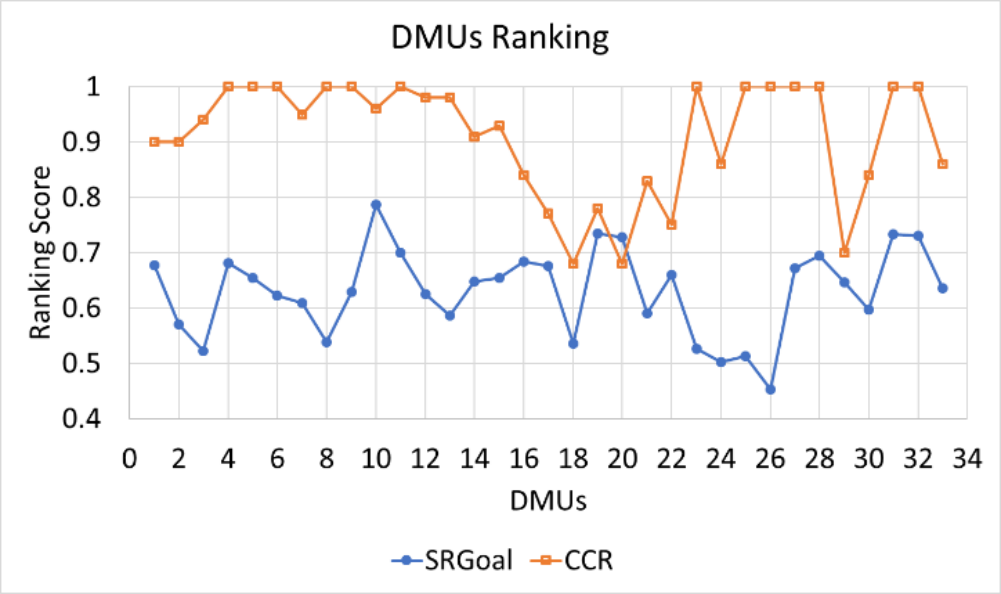


[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

در ستون سوم جدول ۳ رتبه شبکه‌های اینترنتی آورده شده است. همان‌طور که می‌بینید الگوریتم پیشنهادی یک رتبه‌بندی منحصربه‌فرد از شبکه‌های اینترنتی ارایه داده است به طوری‌که شبکه‌های ۱۰، ۱۹ و ۳۱ به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم را کسب نموده‌اند و می‌توان گزینه‌های خوبی برای انتخاب مطلوب‌ترین شبکه باشند.

همان‌طور که در بخش‌های قبلی بیان شد هدف انتخاب مطلوب‌ترین شبکه‌ای اینترنتی می‌باشد. برای این کار تعداد ۳۳ شبکه‌ای اینترنتی شبیه‌سازی گردید. در ادامه هدف انتخاب مطلوب‌ترین شبکه‌ها با استفاده از مدل وزن مشترک ارایه‌شده در این مقاله می‌باشد. نتایج مدل نشان داد که شبکه‌های اینترنتی ۱۰، ۱۹ و ۳۱ نسبت به سایرین مطلوب‌تر می‌باشند. اطلاعات این شبکه‌ها در جدول۴ و۵ آورده شده است.

علاوه بر این در شکل ۲ نتایج رتبه‌بندی شبکه‌های اینترنتی حاصل از دو مدل CCR و الگوریتم پیشنهادی باهم مقایسه شده است. نمودار به طور واضح نشان می‌دهد که مدل CCR دارای ۱۲ واحد تصمیم‌گیری کارا با نمره کارایی ۱ می‌باشد، و هیچ انتخاب منحصربه‌فردی برای مطلوب‌ترین شبکه وجود ندارد. در حالی که در الگوریتم پیشنهادی، شبکه‌های اینترنتی ۱۰، ۱۹ و ۳۱ رتبه یک تا سه را به ترتیب به دست آورده‌اند. طبق نتایج مدل پیشنهادی، شبکه ۱۰ به عنوان مطلوب‌ترین شبکه انتخاب می‌شود.




**شکل۲.** نمره کارایی برای دو مدل

هدف اصلی تحقیق، انتخاب مطلوب‌ترین شبکه با استفاده از روش وزن مشترک می‌باشد. نتایج مدل پیشنهادی نشان می‌دهد که شبکه‌های اینترنتی ۱۰، ۱۹ و ۳۱ رتبه یک تا سه را به ترتیب به‌دست آورده‌اند و جزو مطلوب‌ترین شبکه‌ها می‌باشند. این سه شبکه در جدول ۴ نشان داده‌شده است. ورودی و خروجی‌های این سه شبکه می‌توانند معیاری برای سنجیدن شبکه‌های مطلوب باشند.



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

**جدول٤.** مقادیر ورودی و خروجی‌های بهترین شبکه‌ها

| DMUs | ورودی ۱ | ورودی ۲ | ورودی ۳ | خروجی ۱ | خروجی ۲ | خروجی ۳ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DMU10 | ۵۰ | ۳ | ۵۰۰ | ۸۴/۴۷ | ۶/۷۵ | ۱۴/۹۳ |
| DMU19 | ۶۰ | ۳ | ۵۰۰ | ۸۶/۷۲ | ۵/۵۴ | ۱۳/۲۷ |
| DMU31 | ۷۰ | ۳ | ۶۰۰ | ۸۷/۲۱ | ۶/۳۱ | ۱۴/۱۹ |

برای این‌که بتوانیم از بین این سه شبکه بهترین شبکه اینترنتی نهایی را به دست آوریم از میانگین ورودی و خروجی‌های این سه شبکه به عنوان معیار برای انتخاب بهترین شبکه استفاده می‌کنیم. در واقع شبکه‌ای مطلوب می‌باشد که تعداد منابع ورودی آن برابر ۶۰، سایز بافر برابر ۳، میزان ظرفیت بافر برابر ۵۳۳/۳، تاخیر برابر ۸۶/۱۳، اتلاف برابر ۶/۲ و بهره‌وری برابر ۱۴/۱۳ باشند. پس با این کار یک پیشنهاد بهینه برای انتخاب مطلوب‌ترین شبکه مطابق با جدول ۵ ارایه داده شد.

**جدول۵.** انتخاب بهترین شبکه

| | ورودی ۱ | ورودی ۲ | ورودی ۳ | خروجی ۱ | خروجی ۲ | خروجی ۳ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DMUd | ۶۰ | ۳ | ۵۳۳/۳ | ۸۶/۱۳ | ۶/۲ | ۱۴/۱۳ |

اگر یک مقایسه بین بهترین شبکه و بدترین شبکه با استفاده از روش پیشنهادی داشته باشیم باید دو شبکه ۱۰ (بهترین شبکه) و شبکه ۲۶ (بدترین شبکه) در نظر گرفته شود. در شاخص‌های ورودی شبکه ۱۰ در مقایسه با شبکه ۲۶ همواره ورودی کمتری نیاز دارد و در شاخص‌های خروجی شبکه ۱۰ در مقایسه با شبکه ۲۶ همواره خروجی بیشتری دارد. به این خاطر شبکه ۱۰ رتبه به‌مراتب خیلی بهتر نسبت به شبکه ۲۶ را کسب نموده است.

## ۵ نتیجه‌گیری

در ایران، اگرچه تاکنون مقوله کیفیت سرویس مورد توجه زیادی قرار نگرفته؛ اما به دو دلیل پیش‌بینی می‌شود که در آینده نزدیک اهمیت بیشتری برای آن قایل شوند. دلیل نخست، ظهور شبکه‌های نسل آینده NGN[1] مبتنی بر IP است که به دنبال خود تنوعی از سرویس‌ها را به همراه خواهد آورد و از این سرویس‌ها در بخش تجاری استفاده خواهد شد و مشتریان این سرویس‌ها نباید از طرف سرویس‌دهندگان دستخوش ضرر و زیان گردند. دلیل دوم نیز که البته بی‌ارتباط به دلیل نخست نیست، روند خصوصی‌سازی و آزادسازی است که امید می‌رود تا بازاری رقابتی در کشور فراهم نماید. در چنان بازاری، سرویس‌دهندگانی در عرصه رقابت باقی خواهند ماند که بتوانند کیفیت تضمین‌شده‌ای به مشتریان ارایه دهند. معماری خدمات متمایز، تکنولوژی می‌باشد که می‌تواند کیفیت سرویس را حتی برای سرویس‌های زمان حقیقی تأمین کند. برای این‌که به قابلیت مقیاس‌پذیری و یک مدل سرویس کارامد به طور هم‌زمان دست‌یابیم به کنترل پذیرش تماس نیاز می‌باشد.

[1]Next Generation Network



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

به جهت تضمین کیفیت سرویس، شبکه خدمات متمایز باید از روش کنترل پذیرش، پشتیبانی نماید. الگوریتم کنترل پذیرش مناسب تأثیر مهمی بر کارایی شبکه دارد. الگوریتمی که بیش از حد لزوم از پذیرش جریان‌هایی که می‌توانند به طور موفق پذیرش شوند جلوگیری می‌کند، منابع شبکه را به حالت زیر بهره‌وری خواهد برد. به طور مشابه الگوریتمی که جریان‌های زیادی را به طور نادرست بپذیرد باعث تخطی از کیفیت سرویس ضمانت‌شده می‌شود.

در این مقاله ابتدا مکانیزم کنترل پذیرش تماس مبتنی بر پارامتر به لبه شبکه خدمات متمایز اضافه‌شده و سپس با تغییر ورودی‌های مرتبط که شامل سایز بافر، تعداد منابع ورودی و متوسط نرخ سرویس می‌باشند، خروجی‌ها شامل اتلاف، تاخیر و بهره‌وری با استفاده از روش شبیه‌سازی با شبیه‌ساز NS2 به دست آمده‌است. سپس یک روش موثر برای طراحی بهینه شبکه جهت دستیابی به حداکثر بهره‌وری و استفاده بهینه از کلیه امکانات شبکه ارایه‌شده است، شبکه خدمات متمایز را به‌عنوان DMU انتخاب نموده و با دادن ورودی‌های مختلف به آن DMUهای متفاوت ساخته و سپس کارایی این DMU ها توسط مدل‌های DEA بررسی‌شده است. در این مقاله یک مدل وزن مشترک برای ارزیابی و رتبه‌بندی شبکه‌های اینترنتی و انتخاب مطلوب‌ترین شبکه ارایه گردید. درنهایت با استفاده از نمره کارایی وزن مشترک به رتبه‌بندی شبکه‌های کامپیوتری و انتخاب مطلوب‌ترین شبکه کامپیوتری پرداختیم.

الگوریتم پیشنهادی یک رتبه‌بندی منحصربه‌فرد از شبکه‌های اینترنتی ارایه داده است به‌طوری‌که شبکه‌های ۱۰، ۱۹ و ۳۱ از بین ۳۳ شبکه مورد بررسی، به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم را کسب نموده‌اند و می‌توانند گزینه‌های خوبی برای انتخاب مطلوب‌ترین شبکه باشند.

## منابع


[1] Charnes, A. ,W.W.Cooper and E.Rhodes. (1978). Measuring theEfficiency of Decision Making Units. European Journal of Operational Research 2, 429–444.

[2] Emrouznejad. A. and Liang Yang. G. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. Socio-Economic Planning Sciences. (61), 4-8.

[3] Cooper W.W., Seiford L.M., Zhu J. (2011) Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. In: Cooper W., Seiford L., Zhu J. (eds) Handbook on Data Envelopment Analysis. International Series in Operations Research & Management Science, vol 164. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_1.

[4] Chen, Y-W. Larbani, M. Chang, Y-P(2009).Multiobjective data envelopment analysis. J Opl Res Soc 60: 1556-1566.

[5] Doyle, J., Green, R., (1994). Efficiency and cross efficiency in DEA: Derivations, meanings and the uses. Journal of the Operational Research Society 45 (5), 567 578.

[6] Golany B and Yu G (1995). A goal programming-discriminantfunction approach to the estimation of an empirical productionfunction based on DEA results. J Prod Anal 6: 171–186

[7] Kao C and Hung CT . (2005) .Data envelopment analysis with common weight: The compromise solution approach. J Opl Res Soc 56, 1196-1203

[8] Wu, J., Chu, J., Zhu, Q., Li, Y., Liang, Y. (2016). Determining common weights in data envelopment analysis based on the satisfaction degree. Journal of the Operational Research Society, 1–13

[9] Alipour Chavari, E. and Rostamy-Malkhalifeh, M (2019). Internet network design for quality of service guarantee using Data Envelopment Analysis (DEA). international data envelopment analysis. 7(2), 1-14.




[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]

[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]

[10] Alipour, E. and Mohammadi, K.(2008). Adaptive admission control for quality of service guarantee in differentiated services networks. IJCSNS 8.6, 93.
[11] Yese, Solomon Orduen, Abdulhakeem Abdulazeez, and Aminu Mohammed. (2019). Performance Evaluation of Dynamic QoS-Aware CAC (DQA-CAC) Algorithm for Broadband Networks." European Journal of Electrical Engineering and Computer Science 3.6.
[12] Zanuttini, Deolindo, et al. "Using Software Defined Networking for Call Admission Control and VoIP applications." 2018 Congreso Argentino de Ciencias de la Informática y Desarrollos de Investigación (CACIDI). IEEE, 2018.
[13] Goker, N., Karsak, E.E. (2021). Two-stage common weight DEA-Based approach for performance evaluation with imprecise data. Socio-Economic Planning Sciences, 74 (1), 1-13.
[14] Li X.B and Reevese G.R. (1999). A multiple criteria approach to data envelopment analysis .Eur J Opl Res 115 507-517
[15] Ehrgott, M. 2000. Multicriteria Optimization, volume 491 of LectureNotes in Economics and Mathematical Systems. Springer-Verlag,Berlin,.
[16] Karimi, M., Karimi, B. (2017). Linear and conic scalarizations for obtaining properly efficient solutions in multiobjective optimization. Mathematical Sciences, 11(4), 319-325.

[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2022.19.1.7.7 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.19.1.145 ]