



## **Providing a New Decision Model in Internet Advertising Planning Using Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II**

**Mohammadali Forghani\***

\*Corresponding author, Associate Prof. Faculty of Management and Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. E-mail: forghani@uk.ac.ir

**Mohammadreza Namdar**

MSc., Faculty of Management and Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. E-mail: m.r.namdar87@gmail.com

**Sayyed Abdolmajid Jalaee**

Prof., Faculty of Management and Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. E-mail: jalaee@uk.ac.ir

### **Abstract**

#### **Objective**

The present study aimed to provide a decision model in Internet advertising planning using multi-objective genetic algorithm. The proposed model is a model for distributing advertising resources through the web to optimize the effect of advertising, based on research literature and according to the characteristics of advertising through the web. This model can simultaneously consider the interests of network managers and advertisers.

#### **Methodology**

The present study is in the category of descriptive research in terms of method and nature and is a survey in terms of implementation and also applied in terms of purpose. In this research, since the proposed model is a multi-objective optimization model with high dimensions, the multi-objective genetic optimization algorithm has been used to solve it.

#### **Findings**

In this study, unlike previous studies, by simultaneously considering the conflicting goals of applicants for advertising through the web (reducing advertising costs) and webmasters (increasing profits from the provision of services), about How to better optimize the allocation of advertising resources to the website was discussed and a new decision model was presented that had two conflicting goals. In fact, this multi-objective model not only maximizes website revenue but also reduces the cost to the applicant of advertising; therefore, the mentioned model can be the basis of the work of these two. On

the other hand, based on the characteristics of advertising through the web and existing pricing strategies, a hybrid pricing strategy was created based on the variables "cost per thousand views" and "cost per click in this research". Then, a new multi-objective optimization decision model based on this strategy was proposed. In this model, the interests of webmasters and advertisers are considered. Finally, by providing a computational example and numerical results of the simulation, the effectiveness of the model and algorithm is proved.

## Conclusion

The simulation results showed that the optimization model and algorithm are justified and feasible. Also, the set of optimal Pareto answers obtained from solving the model can satisfy the webmasters and applicants for advertising. Using this model, they interact and compromise and try to consider the interests of another person. Considering that by solving the proposed model, unlike other models, the interests of both stakeholders have been considered, the answer set is included in the win-win strategy. Therefore, since the validation of this model is done through simulation, in practice, network administrators can when coding ads on web pages by applying the mathematical relationships provided in the proposed model, the method of calculating the cost of applicants for advertising is logical. And provide a list of possible suggestions to the applicant. In this list, different combinations of simultaneous decision variables at the desired level, by maximizing the income of network managers, minimize the costs of each applicant according to their opinion, which leads to the adoption of more efficient pricing strategies.

**Keywords:** Multi-objective Optimization, Web Advertising, Hybrid Pricing, Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II).

**Citation:** Forghani, Mohammadali; Namdar, Mohammadreza & Jalaee, Sayyed Abdolmajid (2021). Providing a New Decision Model in Internet Advertising Planning Using Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II. *Journal of Business Management*, 13(4), 1001-1016. <https://doi.org/10.22059/JIBM.2022.337574.4299> (in Persian)





## ارائه نوعی مدل تصمیم جدید در برنامه‌ریزی تبلیغات اینترنتی با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه

محمدعلی فرقانی\*

\* نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: forghani@uk.ac.ir

محمدرضا نامدار

کارشناسی ارشد، گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: m.r.namdar87@gmail.com

سیدعبدالمجید جلائی

استاد، گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: jalae@uk.ac.ir

### چکیده

**هدف:** پژوهش حاضر با هدف ارائه یک مدل تصمیم در برنامه‌ریزی تبلیغات اینترنتی با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه اجرا شده است.

**روش:** پژوهش حاضر از حیث روش و ماهیت، در دسته‌ی تحقیقات توصیفی جای می‌گیرد. به لحاظ اجرا، پیمایشی و از نظر هدف، کاربردی می‌باشد. در این پژوهش از آنجا که مدل ارائه شده، یک مدل بهینه‌سازی چندهدفه با ابعاد بالاست، از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک چندهدفه برای حل استفاده شده است.

**یافته‌ها:** در این پژوهش بر خلاف پژوهش‌های پیشین، با در نظر گرفتن همزمان اهداف متضاد متقاضیان ارائه تبلیغات از طریق وب (کاهش هزینه‌های تبلیغات) و مدیران وبسایت (افزایش سود به دست آمده از ارائه خدمات)، درباره‌ی چگونگی بهینه‌سازی بهتر تخصیص منابع تبلیغات به وبسایت بحث شد و مدل تصمیم جدیدی ارائه گردید که دو هدف متضاد را دربرداشت. در واقع، این مدل چندهدفه نه تنها درآمد وبسایت را به حداکثر می‌رساند بلکه هزینه متقاضی ارائه تبلیغات را نیز کمتر می‌کند؛ بنابراین، مدل یادشده می‌تواند مبنای کار این دو قرار گیرد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج شبیه‌سازی نشان داد مدل بهینه‌سازی و الگوریتم موجه و شدنی هستند. همچنین، مجموعه جواب بهینه پارتوی به دست آمده از حل مدل می‌تواند موجب رضایت مدیران وبسایت و متقاضیان ارائه تبلیغات شود. آن‌ها با استفاده از این مدل به تعامل و سازش دست زده و سعی می‌کنند منافع طرف دیگر را نیز در نظر بگیرند. با توجه به اینکه با حل مدل پیشنهادی برخلاف سایر مدل‌ها منافع هر دو طرف مد نظر قرار گرفته است، مجموعه جواب در زمره راهبرد برد برد قرار می‌گیرد.

**کلیدواژه‌ها:** الگوریتم ژنتیک چندهدفه، بهینه‌سازی چندهدفه، تبلیغات از طریق وب، قیمت‌گذاری ترکیبی

**استناد:** فرقانی، محمدعلی؛ نامدار، محمدرضا و جلائی، سیدعبدالمجید (۱۴۰۰). ارائه نوعی مدل تصمیم جدید در برنامه‌ریزی تبلیغات اینترنتی با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه. *مدیریت بازرگانی*، ۱۳(۴)، ۱۰۰۱-۱۰۱۶.

## مقدمه

امروزه مدیریت حجم بالای اطلاعات و استفاده کارا از آن‌ها، برای بهبود تصمیم‌گیری چالشی به کار می‌رود. از این رو، راه‌حل‌های هوشمندانه مبتنی بر «الگوریتم‌های تکاملی (EAs)<sup>۱</sup>» می‌تواند در حل مسائل پیچیده رشته‌های مختلف مفید باشد. اخیراً «فنون نوآورانه»<sup>۲</sup> که بر پایه اصول برگرفته از طبیعت استوارند، به صورت موفق‌تری در بسیاری از مسائل پیچیده بهینه‌سازی، «تشخیص سیستم»<sup>۳</sup>، داده‌کاوی و سایر حوزه‌ها به کار گرفته شده‌اند. «حل مسئله موازی برگرفته از طبیعت»<sup>۴</sup> اصطلاحی است که این نوع فنون را دربرمی‌گیرد. در میان فنون «شبیه‌سازی تبرید (عملیات حرارتی شبیه‌سازی شده)»<sup>۵</sup>، شاید شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های تکاملی، برجسته‌ترین شاخه‌ها باشند (بیتان و نیسن، ۱۹۹۴). اگرچه دلایلی دال بر «همگرایی عمومی»<sup>۶</sup> برخی از این رویکردها در دسترس است، باید آن‌ها را به چشم روش‌های «فرا ابتکاری‌ای»<sup>۷</sup> نگریست که هدف از اتخاذ آن‌ها «بهینه‌سازی تجربی»<sup>۸</sup> تحت قیود منابع و محدودیت‌های زمانی است (نیسن، ۱۹۹۵).

الگوریتم‌های تکاملی، روش‌های فرا ابتکاری مبتنی بر جمعیت هستند که به کاربر خود اجازه می‌دهند برای مسائل پیچیده به جواب‌های مناسب دست یابند. این روش‌ها، ویژگی‌های خاصی دارند که آن‌ها را از فنون سنتی بهینه‌سازی متمایز می‌کند. نخست آنکه فضای جست‌وجوی آن‌ها به وسیله رشته‌هایی تعریف شده است که نشان می‌دهد مسئله جدای از پارامترهای واقعی بهینه‌سازی می‌شود. دوم، برخلاف روش‌هایی که جست‌وجو را از یک نقطه آغاز می‌کنند، این روش‌ها به صورت جمعی جست‌وجو را از چند نقطه شروع می‌کنند. سوم، آن‌ها فقط به یک تابع برازش نیاز دارند و به اطلاعات کمی دیگری احتیاج ندارند. در نهایت، برخلاف بسیاری از روش‌های بهینه‌سازی مرسوم، به جای قواعد قطعی، از قواعد تصادفی برای هدایت جست‌وجوی خود بهره می‌برند. این تفاوت‌ها به ارتقای قدرت الگوریتم‌های نام‌برده منجر می‌شود؛ زیرا این ویژگی‌ها مانع گرفتار شدن در جواب بهینه محلی می‌شود و به آن‌ها اجازه می‌دهد در مقایسه با سایر روش‌های مرسوم، عملکرد بهتری داشته باشند (موتینهو، بیگنه و مانرای، ۲۰۱۴).

الگوریتم‌های تکاملی عملاً در اغلب موارد به طور عام در رشته بازاریابی و به طور خاص در رشته تبلیغات با مزیت‌های واقعی همراه هستند. این الگوریتم‌ها هم‌اکنون در برخی حوزه‌ها برای مدیریت آمیخته بازاریابی (هرلی، موتینهو و استفان، ۱۹۹۵؛ جونکر، پیرزما و وندل پل، ۲۰۰۴؛ سون، مون و سوک، ۲۰۰۹)، بخش‌بندی بازار (چیو، چن، کوآو و کو، ۲۰۰۹ و لیو و آنگ، ۲۰۰۸)، ایجاد جایگاه و هدف‌گیری در بازار<sup>۹</sup> (بائه و کیم، ۲۰۱۰ و گروکا و کلمز، ۲۰۰۳)،

<sup>1</sup>. Evolutionary Algorithms (EAs)

<sup>2</sup>. Innovative technologies

<sup>3</sup>. System Identification

<sup>4</sup>. Parallel Problem Solving from Nature

<sup>5</sup>. Simulated Annealing

<sup>6</sup>. Global Convergence

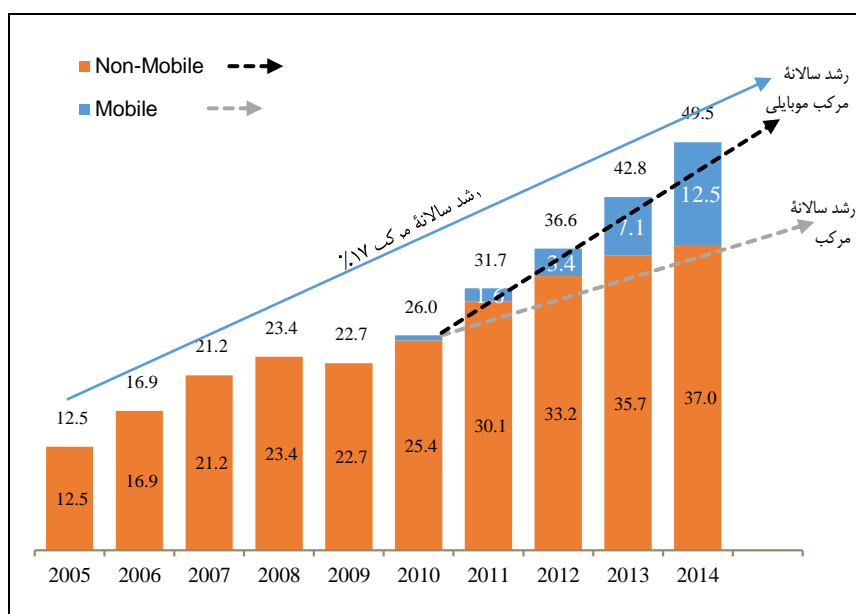
<sup>7</sup>. Meta-Heuristics

<sup>8</sup>. Practical Optimization

<sup>9</sup>. Positioning and Targeting

رفتار مصرف‌کننده (چیو، ۲۰۰۲)، بازاریابی استراتژیک (بالتز و همکاران، ۲۰۱۳؛ ونکاتیزان و کومار، ۲۰۰۲؛ ونگ، ۲۰۰۹) و مکان‌یابی، (یو، یانگ و چنگ، ۲۰۰۷) به‌کارگرفته می‌شوند. به‌علاوه، از آن‌ها می‌توان در برخی حوزه‌های دیگر همچون تخصیص نیروی فروش، تخصیص قلمرو فروشگاه‌ها، تخصیص تبلیغات و بودجه ترفیع آن، انتخاب کانال‌های بازاریابی، بهینه‌سازی قیمت‌گذاری، برنامه‌ریزی رسانه، توزیع فیزیکی، بهینه‌سازی راهبرد رسانه‌های اجتماعی، برنامه‌ریزی شبکه‌های نوآوری، تحلیل ارتباطات دهان‌به‌دهان<sup>۱</sup> و میزان انتشار پیام<sup>۲</sup> استفاده کرد (موتینهو و همکاران، ۲۰۱۴).

با توسعه اقتصاد حاصل از جهانی‌سازی و پیشرفت فناوری اطلاعات، تبلیغات از طریق وب (تبلیغات آنلاین)<sup>۳</sup> به یکی از مهم‌ترین کانال‌های بازاریابی جهان تبدیل شده است. این نوع تبلیغات به‌منظور جذب مشتریان، از شبکه گسترده جهانی<sup>۵</sup> استفاده می‌کند. اینترنت در سراسر جهان به‌سرعت توسعه یافت و موج اطلاعاتی حاصل از آن، موجب ارتقای سطح تجارت الکترونیک شد. در واقع، تبلیغات از طریق وب به‌دلیل ویژگی‌هایی همچون هزینه اندک، تعامل در لحظه<sup>۴</sup> و سهولت دسترسی مؤثر، به نوع جدیدی از ابزارهای بازاریابی تبدیل شده است. برای مثال تا پایان سال ۲۰۱۴ در ایالات متحده، داده‌های آماری اداره تبلیغات تعاملی (IAB)<sup>۵</sup> نشان می‌دهد درآمد تبلیغات اینترنتی افزون بر ۴۹/۵ میلیارد دلار بوده که حاکی از افزایش ۱۶ درصدی در مقایسه با سال ۲۰۱۳ است. با در نظر گرفتن دو حوزه تبلیغات موبایلی و غیرموبایلی در حوزه تبلیغات اینترنتی، درصد رشد سالانه مرکب (CAGR)<sup>۶</sup> هر یک از این حوزه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. رشد سالانه مرکب (CAGR) تبلیغات اینترنتی در ایالات متحده آمریکا در حوزه‌های مختلف (اداره تبلیغات تعاملی (IAB)، ۲۰۱۴)

<sup>1</sup>. Analysis of Word of Mouth Communication

<sup>2</sup>. Analysis of Message Propagation Rates

<sup>3</sup>. Web advertising (online advertising)

<sup>4</sup>. Real-time interaction

<sup>5</sup>. Interactive Advertising Bureau (IAB)

<sup>6</sup>. Compound Annual Growth Rate (CAGR)

در همین رابطه، پژوهش در زمینه تبلیغات از طریق وب، توجه بیشتری را به خود جلب کرده است و برخی محققان بهینه‌سازی تبلیغات از طریق وب را مد نظر قرار داده‌اند. لانگ هاینریش و همکارانش (۲۰۰۲) ایده زمان‌بندی بهینه تبلیغات از طریق وب را به‌منظور حداکثرسازی تعداد کلیک<sup>۱</sup> پیشنهاد دادند. آنان مسئله حداکثرسازی تعداد کلیک را به مسئله حمل‌ونقل که نوعی برنامه‌ریزی خطی است، تنزل دادند. بر پایه مدل برنامه‌ریزی خطی تبلیغات از طریق وب<sup>۲</sup> محققان پیشنهادهایی برای ارتقای این روش ارائه کرده‌اند. آبه و ناکامورا (۱۹۹۹) و گیوفریدا، ریفورجیاتو، تریولاتو و زاربا (۲۰۱۱) از تحلیل خوشه‌ای مشخصه‌های وب برای کاهش مقیاس مدل استفاده کردند. تاملین (۲۰۰۰) نیز این روش را بهبود داد و «مدل حداکثرسازی آنتروپی»<sup>۳</sup> حاصل از داده‌های آماری را ارائه کرد. کی و ونگ (الف ۲۰۰۴) مدل تصمیم‌فازی که «درجه هم‌خوانی کلی»<sup>۴</sup> را میان تبلیغ و وب‌سایت بیشتر می‌کند، ارائه دادند. پیش از آن، آتسویوشی ناکامورا (۲۰۰۲) در کار خود دو جنبه عملی زمان‌بندی بهینه تبلیغات از طریق وب را با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی بررسی کرده بود. یکی از این جنبه‌ها «مسئله چندنمایشی»<sup>۵</sup> است که در آن دو یا چند «بنر تبلیغاتی»<sup>۶</sup> به‌طور هم‌زمان نمایش داده می‌شود. جنبه دیگر، مدیریت موجودی است که برای اجتناب از فروش بیش از حد و حداکثرسازی درآمد اهمیت دارد. کی و ونگ (ب ۲۰۰۴) «عامل جریمه درجه دومی»<sup>۷</sup> پیشنهاد کردند که نمایش تبلیغات را جدا کرده و به مدل خطی لانگ هاینریش اضافه می‌کند. به‌منظور دستیابی به کارایی بهتر تبلیغات با استفاده از جواب بهینه، برای حل این مدل جدید نوعی الگوریتم پرندگان<sup>۸</sup> بهبودیافته طراحی شد. ژیبینگ، شنگبائو، جونفنگ و ژونگتیو (۲۰۰۷) به کاستی‌های مدل برنامه‌ریزی خطی اشاره کردند و «مدل ابر شبکه»<sup>۹</sup> را به‌منظور تخصیص منابع شبکه تبلیغات پیشنهاد دادند. مدل آنان تعداد کلیک‌ها، تبدیلات آن و مقدار موزون شده با احتمال نمایش را نیز پوشش می‌داد. این عمل به‌منظور تجدید نظر در میزانی که تبلیغات در معرض دید قرار گرفته‌اند، انجام می‌شود.

علاوه بر این، به‌منظور افزایش میزان پراکندگی و نفوذ تبلیغات از طریق وب میان جامعه هدف، وی، هوانگ، تیزنگ و وو (۲۰۱۰) برای ایجاد مدل علی آثار تبلیغ از طریق وب، از مدل‌سازی معادلات ساختاری استفاده کردند. طی مطالعه‌ی آن‌ها مهم‌ترین عامل در تأثیرگذاری تبلیغات از طریق وب، با استفاده از مدل تعدیل‌شده به‌دست آمد. فن و چانگ (۲۰۱۰) سازوکار تبلیغات مبتنی بر محتوا را بررسی کردند که به تخصیص تبلیغات مرتبط به صفحه وب اشاره دارد. سپس پیشنهاد کردند از «کشف مقصود»<sup>۱۰</sup> برای بهبود تبلیغ محتوای مبتنی در وب استفاده شود.

<sup>۱</sup> Click-through

<sup>۲</sup> Cluster analysis of the web's attributes

<sup>۳</sup> Entropy maximization model

<sup>۴</sup> General matching degree

<sup>۵</sup> Impression, Multi-impressions مربوط است به محاسبه تعداد دفعاتی که به‌طور معمول طی دوره ۲۴ ساعته یک بنر تبلیغاتی در صفحه وب نمایش داده می‌شود.

<sup>۶</sup> Advertising Banner

<sup>۷</sup> A quadratic punishing item

<sup>۸</sup> Particle Swarm Optimization (PSO)

<sup>۹</sup> Super network model

<sup>۱۰</sup> Sentiment detection

با توجه به آنچه گفته شد، اغلب مطالعات بالا به منظور ایفای نقش بهتر رسانه و جذب مشتریان بیشتر، بر پیکربندی فضای تبلیغاتی محدود از طریق حداکثرسازی تابع اثر تبلیغات یا سایر معیارها تمرکز دارند. در واقع، می‌توان مشاهده کرد که تبلیغات از طریق وب، نه تنها کانال مهمی برای جذب مشتریان است، بلکه منبع با اهمیتی برای کسب درآمد مدیران وبسایت‌ها نیز محسوب می‌شود. تبلیغات از طریق وب، شکل مهم کانال فروش میان مدیران وبسایت و متقاضیان ارائه تبلیغات<sup>۱</sup> از طریق وب است، اما پژوهش‌های اخیر فقط بر یک طرف این رابطه تمرکز کرده‌اند و مدیران وبسایت و متقاضیان ارائه تبلیغات از طریق وب را همزمان مد نظر قرار نداده‌اند. در مقاله حاضر به تفصیل درباره بهینه‌سازی تصمیم منابع تبلیغات از طریق وب بحث می‌شود تا ضمن استفاده بهتر از تبلیغات از طریق وب، متقاضیان ارائه تبلیغات را جذب کند، درآمد مدیران شبکه را افزایش دهد، هزینه بودجه شبکه را برای متقاضیان ارائه تبلیغات کاهش دهد و بیشترین آثار تبلیغ از طریق وب را نیز ممکن کند.

در این مقاله مدل توزیع منابع تبلیغ از طریق وب برای بهینه‌سازی اثر تبلیغات، بر پایه ادبیات پژوهش و طبق ویژگی‌های تبلیغات از طریق وب، ارائه شده است. این مدل می‌تواند همزمان منافع مدیران شبکه و متقاضیان ارائه تبلیغ را مد نظر قرار دهد. بنابراین، این پژوهش هم به لحاظ نظری و هم از نظر عملی مهم و شایان توجه است.

### پیشینه پژوهش

در این بخش ضمن تشریح مدل بهینه‌سازی چندهدفه، مباحثی در خصوص الگوریتم ژنتیک چندهدفه ارائه شده و تلاش می‌شود مدل تصمیم بهینه‌سازی چندهدفه منابع تبلیغ شرح داده شود.

### مدل بهینه‌سازی چندهدفه

مسئله بهینه‌سازی یکی از اشکال اصلی مسائل رشته مهندسی و پژوهش‌های علمی است. مطالعات سال‌های اخیر بر مسائل بهینه‌سازی چندهدفه تمرکز کرده‌اند. بر خلاف مسئله بهینه‌سازی تک‌هدفه سنتی، اهداف مسئله بهینه‌سازی چندهدفه اغلب نسبت به یکدیگر در تعارض یا حتی زائد<sup>۲</sup> هستند. در فرایند حل مسئله بهینه‌سازی، هر زیرهدف<sup>۳</sup> ممکن است موجب بدتر شدن عملکرد سایر اهداف شود (دیاز، کروز-چاوز و کروز-روزالس، ۲۰۱۰)؛ بنابراین، جواب بهینه مطلق<sup>۴</sup> وجود ندارد که بتواند تمام توابع زیرهدف را در وضعیت بهینه خود قرار دهد. تنها می‌توان نوعی سازش و هماهنگی بین آن‌ها ایجاد کرد تا هر تابع هدف به هر اندازه‌ای که ممکن است به مقدار بهینه خود نزدیک شود.

به‌طور کلی، مسئله بهینه‌سازی چندهدفه شامل  $n$  متغیر تصمیم و  $m$  متغیر هدف را می‌توان به صورت رابطه ۱

نوشت (دب، ۲۰۰۱):

1. Advertisers

2. Redundant

3. Sub-object

4. Absolute optimal solution

$$\begin{cases} \min y = F(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))^T \\ \text{subject to} \\ g_i(x) \leq 0 & i = 1, 2, \dots, q \\ h_j(x) = 0 & j = 1, 2, \dots, p \end{cases} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در تابع بالا،  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X \in \mathbb{R}^n$  متغیر تصمیم  $n$  بعدی و  $X$  فضای تصمیم  $n$  بعدی است. از طرف دیگر،  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m) \in Y \in \mathbb{R}^m$  بردار  $m$  بعدی هدف و  $Y$  فضای هدف  $m$  بعدی است. تابع هدف  $F(x)$ ،  $m$  تابع هدف را از فضای تصمیم به فضای هدف می‌برد.  $q$  محدودیت نامساوی، و  $p$  محدودیت مساوی را تعریف می‌کنند.

بر این اساس، چند تعریف مهم وجود دارد که به قرار زیر است (یانگ، جیائو، گنگ و یو، ۲۰۱۰):

تعریف ۱: برای  $x \in X$ ، اگر  $x$  شرایط محدودیت‌ها را در رابطه ۱ برآورده سازد، آن‌گاه  $x$  جواب موجه نامیده می‌شود.

تعریف ۲: مجموعه تمام جواب‌های موجه در  $X$ ، مجموعه جواب موجه ۱ نامیده شده و به صورت  $X_f \subseteq X$  نشان داده می‌شود.

تعریف ۳: فرض کنید که  $x_A, x_B \in X_f$  دو جواب موجه در رابطه ۱ باشند.  $x_A$  در مقایسه با  $x_B$  در حالت مسلط پارتو ۲ است، اگر و تنها اگر شرط زیر برقرار باشد:

$$\forall i = 1, 2, \dots, m, f_i(x_A) \leq f_i(x_B) \wedge \exists j = 1, 2, \dots, m, f_j(x_A) < f_j(x_B) \quad (\text{رابطه ۲})$$

و آن را به صورت  $x_A > x_B$  نمایش داده و می‌گوییم  $x_A$  بر  $x_B$  مسلط است.

تعریف ۴: راه‌حل  $x^* \in X_f$  جواب بهینه پارتو ۳ نامیده می‌شود اگر و تنها اگر شرط زیر برقرار باشد:

$$\exists x \in X_f: x > x^* \quad (\text{رابطه ۳})$$

طبق تعاریف بالا می‌توان مشاهده کرد که هدف از حل مسئله بهینه‌سازی چندهدفه، یافتن مجموعه جواب بهینه پارتو و از میان این مجموعه، دستیابی به جواب مناسب برای تصمیم‌گیرندگان است.

1. Feasible solution set
2. Pareto dominance
3. Pareto optimum solution



## الگوریتم ژنتیک چندهدفه (NSGA-II)<sup>۱</sup>

معمولاً برای مسئله بهینه‌سازی چندهدفه، تابع هدف بیش از یک تابع است که باید به‌طور همزمان به آن‌ها پرداخته شود. برای چنین مسائلی، جواب مناسب برای یک تابع هدف ممکن است برای اهداف دیگر نامناسب باشد؛ بنابراین، مجموعه‌ای سازگار به‌دست می‌آید که مجموعه جواب بهینه پارتو یا «مجموعه غیرمسلط»<sup>۲</sup> نامیده می‌شود. ابتدا از روش وزن‌دهی خطی برای تبدیل مسئله بهینه‌سازی چندهدفه به مسئله بهینه‌سازی تک‌هدفه استفاده می‌شد. اما در این روش تعیین اوزان به تجربه تصمیم‌گیرنده بستگی دارد که می‌تواند به انحراف نتایج منجر شود. به‌منظور مواجهه مناسب با مسائل بهینه‌سازی چندهدفه، محققان بسیاری برای حل مسائل بهینه‌سازی از الگوریتم‌های تکاملی استفاده کرده‌اند (یان مین، ۲۰۱۱). در میان این روش‌ها، الگوریتم ژنتیک چندهدفه از لحاظ محاسباتی، سریع و بهترین الگوریتم تکاملی چندهدفه مبتنی بر رویکرد مرتب‌سازی غیرمسلط است.

الگوریتم ژنتیک چندهدفه را کالیانموی دب در سال ۲۰۰۲ ارائه کرد (دب، ۲۰۰۲). تا به حال این الگوریتم یکی از عالی‌ترین الگوریتم‌های بهینه‌سازی چندهدفه بوده است. الگوریتم ژنتیک چندهدفه ابتدا بر اساس «روابط تسلط پارتو»<sup>۳</sup> جواب‌ها را با هم مقایسه کرده و انتخاب می‌کند؛ سپس به‌منظور تنظیم مقدار برازش عناصر مختلف یک سطح مشابه، همزمان پس از مرتب‌سازی غیرمسلط سریع، این امکان را فراهم می‌کند که افراد حاضر در پارتو فرانت<sup>۴</sup> فعلی بتوانند به پارتو فرانت کلی گسترش یافته و به‌تدریج تا جایی که امکان دارد پراکنده شوند. الگوریتم ژنتیک چندهدفه مفهوم «فاصله تجمعی»<sup>۵</sup> را مطرح کرده و برای هدایت فرایند انتخاب در مراحل مختلف الگوریتم به‌سمت گسترش یکنواخت پارتو فرانت بهینه، از عملگر محاسبه مقایسه تجمعی<sup>۶</sup> استفاده می‌کند. سرانجام، الگوریتم ژنتیک چندهدفه عملگر انتخاب را ارائه می‌کند که این عملگر از طریق ترکیب جمعیت‌های والد و فرزند و انتخاب بهترین جواب‌ها، «مخزن جفت‌گیری»<sup>۷</sup> را ایجاد می‌کند. بدین‌وسیله، جمعیت به تدریج به پارتو فرانت بهینه همگرا می‌شود. این پارتو فرانت بهینه شامل جواب‌هایی است که هیچ جواب دیگری نمی‌تواند بر آن‌ها مسلط شود. تا کنون، الگوریتم ژنتیک چندهدفه به‌طور موفقیت‌آمیزی در بسیاری از موارد کاربردی در زمینه صنعت و مدیریت به‌کار گرفته شده است.

## مدل تصمیم بهینه‌سازی چندهدفه منابع تبلیغات

ژیپهوا و ونگ (۲۰۰۶) با توجه به ثابت‌بودن بودجه تبلیغات بر اساس «قیمت‌گذاری ترکیبی»<sup>۸</sup>، مدل تصمیمی را به‌منظور حداکثرسازی درآمد وب‌سایت پیشنهاد کردند. آن‌ها در ادبیات پژوهش خود تنها بر قیمت‌گذاری وب‌سایت بر پایه

<sup>۱</sup>. Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II

<sup>۲</sup>. Non-dominated set

<sup>۳</sup>. Pareto dominating relations

<sup>۴</sup>. Pareto front

<sup>۵</sup>. Crowding-distance

<sup>۶</sup>. Crowding-comparison computation operator

<sup>۷</sup>. Mating pool

<sup>۸</sup>. Hybrid pricing

«حداکثرسازی نسبت کلیک کل»<sup>۱</sup> تمرکز داشته‌اند؛ اما این پژوهش بر پایه ادبیات پژوهش بالا، مدل تصمیم بهینه‌سازی چندهدفه منابع تبلیغات از طریق وب را ایجاد می‌کند.

برای شرح مدل، ابتدا مفاهیم زیر معرفی می‌شود (ژانگ و ونگ، ۲۰۰۶):

- نمایش: به معنای نمایش<sup>۲</sup> صفحه وب حاوی تبلیغ؛
- کلیک: به معنای انتخاب تبلیغ توسط بازدیدکننده؛
- نسبت کلیک‌ها: یعنی نسبت کلیک‌ها بر تبلیغ نمایش داده شده.

معمولاً روش‌های متعددی برای قیمت‌گذاری تبلیغات از طریق وب استفاده می‌شود. پرکاربردترین طرح قیمت‌گذاری مدل «هزینه برحسب هزار بار نمایش (CPM)»<sup>۳</sup> است که در آن هزینه به تعداد دفعاتی که تبلیغ در معرض دید قرار می‌گیرد، وابسته است. نوع دیگر قیمت‌گذاری مدل، «هزینه بر حسب هر کلیک (CPC)»<sup>۴</sup> نام دارد که در آن متقاضی ارائه تبلیغات، به مدیر وبسایت بر حسب هر بار کلیک بر تبلیغ مبلغی را پرداخت می‌کند (امیری و مینون، ۲۰۰۳). بنابراین، همزمان با توسعه سریع بازار تبلیغات از طریق وب، وبسایت‌ها راهبردهای قیمت‌گذاری متفاوتی را بدون در نظر گرفتن استاندارد قیمت‌گذاری یکپارچه به کار می‌گیرند که موجب آشفتگی راهبرد قیمت‌گذاری می‌شود.

به‌طور کلی، نبود استاندارد قیمت‌گذاری یکپارچه، امکان مقایسه تبلیغات از طریق وب را در وبسایت‌های مختلف کاهش می‌دهد و این برای انتخاب رسانه توسط متقاضیان ارائه تبلیغات مضر است. در نتیجه، نمی‌توان محیط رقابتی عادلانه‌ای برای درگاه‌های وب ایجاد کرد. راهبرد منطقی قیمت‌گذاری تبلیغات از طریق وب، تنها مسئله‌ای نیست که باید حل شود تا بتوان اثر تبلیغات از طریق وب را اندازه گرفت، بلکه سلامت و توسعه سریع تبلیغات از طریق وب نیز باید مد نظر قرار گیرد. این امر معیارهای مؤثر سنجش عادلانه رقابت میان درگاه‌های وب را نیز به دست می‌دهد. بر پایه پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه راهبرد قیمت‌گذاری تبلیغات از طریق وب در داخل و خارج کشور، در این پژوهش راهبرد قیمت‌گذاری مبتنی بر CPM و CPC به منظور افزایش اثر تبلیغات از طریق وب پیشنهاد شده؛ سپس درباره مسائل مرتبط بحث می‌شود تا مدل تصمیم بهینه‌سازی چندهدفه منابع تبلیغات از طریق وب بر مبنای راهبرد قیمت‌گذاری شکل گیرد. این مدل جدید چندهدفه، منافع مدیران وبسایت‌ها و متقاضیان ارائه تبلیغات را در نظر می‌گیرد و نتایج بهینه‌سازی آن رهنمودهای مفیدی در بردارد.

## روش‌شناسی پژوهش

در این بخش نحوه ایجاد استراتژی قیمت‌گذاری از طریق وب و همچنین ساخت مدل تصمیم بهینه‌سازی چندهدفه به‌طور کامل شرح داده شده است.

1. Total clicks ratio

2. Impression

3. Cost-per-thousand-impressions (CPM)

4. Cost-per-click (CPC)

## ایجاد استراتژی قیمت‌گذاری تبلیغات از طریق وب

همان‌طور که در بالا اشاره شد، راهبردهای سنتی قیمت‌گذاری تبلیغات از طریق وب، کاستی‌هایی دارد که محدودیت‌هایی را برای استفاده عملی از آن‌ها ایجاد می‌کند؛ بنابراین، طبق ادبیات موجود در کار منگ (۲۰۰۸)، در سال‌های اخیر با افزایش آگاهی پژوهشگران از این مهم، بسیاری از آنان راهبرد قیمت‌گذاری ترکیبی را مطرح کرده‌اند تا ضمن بهره‌مندی کامل از مزیت‌های آن، کمبود راهبردهای قیمت‌گذاری متفاوت به حداقل برسد. منگ همچنین اشاره می‌کند که مقدمه به‌کارگیری راهبرد قیمت‌گذاری ترکیبی تبلیغات از طریق وب، طبقه‌بندی صحیح «محصولات تبلیغی»<sup>۱</sup> و اجرای وزن‌دهی خطی است. به‌منظور تعیین وزن مدل‌های قیمت‌گذاری مختلف، منگ محصولات تبلیغی را در چهار نوع طبقه‌بندی کرد که عبارت‌اند از:

محصولات کارکردی با مداخله بالا<sup>۲</sup>؛

محصولات کارکردی با مداخله پایین؛

محصولات نمادین با مداخله بالا؛

محصولات نمادین با مداخله پایین<sup>۳</sup>.

دلیل این طبقه‌بندی آن است که درجه اهمیت جست‌وجو، کلیک، واکنش و رفتار خرید انواع مختلف محصول متفاوت است (منگ، ۲۰۰۸).

## فرض بنیادی

به‌منظور ساده‌سازی ساخت مدل، در این پژوهش  $\lambda$  ضریب امید انتزاعی<sup>۴</sup> تعریف می‌شود که  $0 \leq \lambda \leq 1$ . ضریب امید انتزاعی یا  $\lambda$  به‌عنوان وزن روش‌های مختلف قیمت‌گذاری در فرایند راهبرد قیمت‌گذاری ترکیبی استفاده می‌شود. برای هر پروژه تبلیغاتی خاص،  $\lambda$  می‌تواند امید ریاضی اهمیت راهبردهای قیمت‌گذاری متفاوت را منعکس کند. به‌علاوه در فرایند ایجاد  $\lambda$ ، به این نکته توجه شده است که نسبت کلیک تبلیغات از طریق وب می‌تواند میزان مربوط بودن تبلیغات به صفحه وب را نشان دهد؛ بنابراین، در این پژوهش راهبرد قیمت‌گذاری تبلیغات از طریق وب را می‌توان به‌صورت زیر شرح داد:

متقاضیان ارائه تبلیغات از طریق وب را در نظر بگیرید؛ اگر نسبت کلیک‌ها کم باشد که به‌معنای همبستگی کم میان تبلیغات و وب‌سایت است، باید تبلیغات کمتری در صفحه وب قرار گیرد. پس اهمیت CPC در مدل قیمت‌گذاری ترکیبی بیشتر است. برعکس، اگر نسبت کلیک‌ها زیاد باشد که به‌معنای همبستگی زیاد میان تبلیغات و وب‌سایت است،

<sup>1</sup>. Advertising products

<sup>2</sup>. Functional products with highly intervention

<sup>3</sup>. Symbolic products with lowly intervention

<sup>4</sup>. Subjective expectations coefficient

در این صورت باید تبلیغات بیشتری در صفحه وب قرار گیرد. پس مقرون به صرفه است که CPM در مدل قیمت‌گذاری ترکیبی انتخاب شود.

با در نظر گرفتن همزمان دو نکته بالا، می‌توان  $\lambda$  را به شکل متغیر مرتبط با نسبت کلیک‌ها که با  $c$  نشان داده می‌شود، به صورت زیر طراحی کرد:

$$\lambda = \exp(-c) \quad \text{رابطه ۴}$$

سپس، دو قید زیر که مرتبط با راهبردهای قیمت‌گذاری ترکیبی و به صورت دو هدف متضاد هستند به دست می‌آید:  
قید نخست:

$$(1 - \lambda) \times CPM + \lambda \times CPC \quad \text{رابطه ۵}$$

این قید برای مدیران وبسایت‌ها به صورت قطری مخالف با متقاضیان ارائه تبلیغات است.  
قید دوم:

$$\lambda \times CPM + (1 - \lambda) \times CPC \quad \text{رابطه ۶}$$

در این راستا، فرض کنید که یکی از وبسایت‌ها، تبلیغات تجاری را از  $n$  متقاضی ارائه تبلیغات می‌پذیرد. تبلیغ  $i$  توسط  $A_i$  ارائه می‌شود که  $i = 1, 2, \dots, n$ . به منظور توضیح شفاف‌تر موضوع، تعداد و اندازه وبسایت‌ها ساده شده است. صفحات وب در  $m$  نوع براساس مشخصه‌های مختلف طبقه‌بندی می‌شوند.

مفروضات مدل پیشنهادی به شرح زیر است:

$X_{ij}$  نمایش تبلیغ  $i$  در وبسایت  $j$  است؛ بنابراین،  $X_{ij}$  به عنوان متغیر تصمیم در نظر گرفته شده و واحد آن هر هزار عدد است.

$\Gamma_{ij}$  نشان‌دهنده درآمد مد نظر وبسایت است که بر اساس CPM تعیین می‌شود.

$Q_{ij}$  معرف سود اضافه‌شده<sup>۱</sup> بر مبنای هزینه نمایش است؛ یعنی درآمد حاصل از CPC.

$\lambda_i = \exp(-c_{ij})$ ، وزن تبلیغ  $i$  را نشان می‌دهد.

$C_{ij}$  معرف نسبت کلیک‌های تبلیغ  $i$  در وبسایت  $j$  است.

$P_{ij}$  نشان‌دهنده هزینه متقاضی ارائه تبلیغات بر مبنای CPM است.

به منظور پاسخ به دو سؤال زیر، در پژوهش حاضر چگونگی تصمیم‌گیری انتخاب راهبرد توزیع تبلیغات مد نظر قرار

گرفته است:

۱. حداکثر درآمد مسئولان وبسایت با توجه به راهبرد قیمت‌گذاری ترکیبی چقدر است؟

۲. حداقل هزینه متقاضی ارائه تبلیغات با توجه به راهبرد قیمت‌گذاری ترکیبی چقدر است؟

### ساخت مدل تصمیم بهینه‌سازی چندهدفه

با توجه به آنچه گفته شد، مدل ریاضی حاصل از راهبردهای قیمت‌گذاری ترکیبی به صورت زیر ساخته می‌شود:

$$\text{Max} f_1(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [\lambda_{ij} x_{ij} r_{ij} + (1 - \lambda_{ij}) x_{ij} c_{ij} q_{ij}] \quad (\text{رابطه ۷})$$

$$\text{Min} f_2(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [(1 - \lambda_{ij}) x_{ij} p_{ij} + \lambda_{ij} x_{ij} c_{ij} q_{ij}] \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$\begin{aligned} x_{ij} &\geq 0 \\ x_{ij} &\in N, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (\text{رابطه ۹})$$

رابطه ۷ تابع هدف حداکثرسازی درآمد وبسایت را نشان می‌دهد.

رابطه ۸ تابع هزینه حداقل‌سازی ورودی متقاضی ارائه تبلیغات را نشان می‌دهد.

رابطه ۹ نشان می‌دهد که مقدار متغیر تصمیم نباید منفی باشد.

مدل چندهدفه و قیمت‌گذاری ترکیبی جدید که بر اساس طبقه‌بندی‌های مختلف محصول ساخته شده است، با مدل پیشنهادی ژانگ و ونگ (۲۰۰۶) متفاوت است. اولاً، در پژوهش حاضر ضریب موزون  $\lambda_{ij}$  برای تعیین وزن محصولات تبلیغی معرفی شده است. ثانیاً، تابعی چندهدفه در مدل جدید به کار گرفته شده تا منافع مدیران وبسایت و متقاضیان ارائه تبلیغات برآورده شود.

### یافته‌های پژوهش

همان‌طور که مشاهده می‌شود، مدل ساخته‌شده در این مقاله، مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه است. حل این مدل به دلیل فرایند پیچیده، با استفاده از روش‌های رایج برنامه‌ریزی ریاضی همچون برنامه‌ریزی غیرخطی دشوار و شاید غیرممکن است. نتایج محاسبات برای این مدل نیز جواب واحدی نیست، بلکه سری‌هایی از جواب‌های غیرمسلط است. معمولاً، الگوریتم ژنتیک چندهدفه راه‌حلی ایده‌آل برای مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه است (جیانگو و لیانگ، ۲۰۱۱)؛ بنابراین، در این پژوهش الگوریتم ژنتیک چندهدفه به کار گرفته شده تا الگوریتم شبیه‌سازی را روی مدل جدید پیاده کند. بدین منظور، تبلیغات استخدامی به عنوان مثال برای ارائه جواب بهبودیافته بهینه‌سازی انتخاب شده است.

با توجه به اینکه آمارهای مربوط به وبسایت به صورت اطلاعات محرمانه تجاری نگهداری می‌شوند و دستیابی عموم به آن‌ها ممکن نیست، ناکامورا و آبه (۲۰۰۵) روش تولید نسبت کلیک‌های تبلیغات مختلف در وبسایت‌های مختلف را پیشنهاد کردند. آن‌ها معتقدند که به‌طور کلی تعداد کلیک به میزان شایان توجهی به نوع وبسایت و تبلیغات بستگی دارد. از سوی دیگر، با افزایش درک و بینش مخاطب و اجتناب وی از تبلیغ ارائه‌شده در وب، نسبت کلیک‌ها

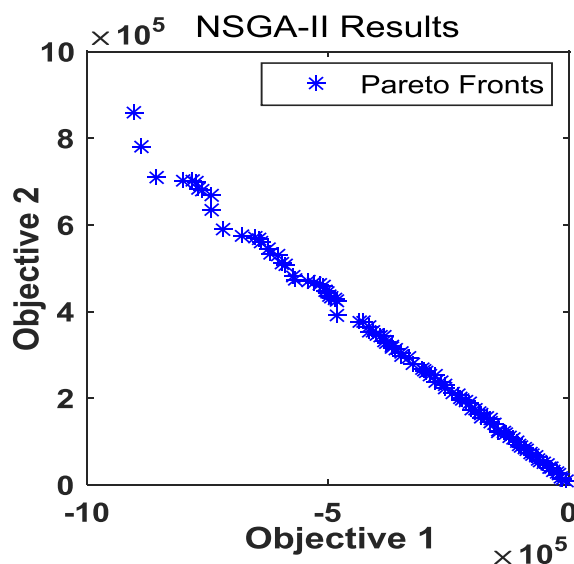
کمتر و نادیده گرفتن بنر تبلیغاتی<sup>۱</sup> به‌وضوح بیشتر می‌شود (ژو و سان، ۲۰۱۰). برای مثال، ناکامورا و آبه بیان می‌کنند که تعداد کلیک مورد انتظار در برخی گزارش‌ها حدود ۰/۷ درصد تعداد کلیک متوسط<sup>۲</sup> بوده است؛ بنابراین، اجرای تک آزمایش شبیه‌سازی به نحوی که به واقعیت نزدیک باشد و نسبت کلیک‌های تبلیغات مختلف را در صفحات وب مختلف به‌دقت و درستی ایجاد کند، دشوار است.

به‌منظور ساده‌سازی مدل، طبق ویژگی‌های تبلیغات استخدامی، در این پژوهش فرض می‌شود که  $n$  تبلیغ وجود دارد که باید به‌ترتیب در  $m$  وب‌سایت توزیع شود و  $m=1, 2, \dots, 10$  و  $n=1, 2, \dots, 5$ . سپس در ادامه، روش ایجاد نسبت کلیک‌ها به‌صورت زیر مطرح می‌شود:

$c_{ij}$  را نسبت کلیک‌های تبلیغ استخدامی  $i$  در وب‌سایت  $j$  می‌نامیم که  $0 \leq c_{ij} \leq 1$  با استفاده از تابع سیستمی<sup>۳</sup> در نرم‌افزار متلب، ۵۰ عدد کلیک تصادفی تولید شد. میانگین این ۵۰ کلیک ۰/۵ و واریانس آن‌ها ۰/۱ است.

مقدار  $p_{ij}$  در بازه  $[0, 1000]$  قرار دارد. در ادامه  $q_{ij} = 20 \times p_{ij}$  و  $r_{ij} = 0.5 \times p_{ij}$  است. درنهایت، جواب بهینه تعداد نمایش بهینه هر تبلیغ در انواع مختلف وب‌سایت خواهد بود.

برای الگوریتم ژنتیک چندهدفه، اندازه جمعیت ۱۰۰، درصد تقاطع ۰/۸، مقدار جهش ۰/۱ درصد، تعداد تکرارها یا به بیان دیگر نسل‌ها ۲۰۰۰ و عملیات انتخاب به‌صورت رقابتی<sup>۴</sup> است. با توجه به آنچه گفته شد، شکل مدل به‌صورت زیر خواهد بود.



شکل ۲. نمودار نتیجه بهینه‌سازی مدل تصمیم چندهدفه تبلیغات از طریق وب

<sup>۱</sup>. Banner blindness

<sup>۲</sup>. Average click-through rate

<sup>۳</sup>. System function

<sup>۴</sup>. Tournament

در نرم‌افزار متلب به صورت پیش فرض توابع هدف کمینه می‌شوند. از این رو، توابعی که به صورت حداکثرسازی هستند نیز باید به این قالب در آیند. در مواردی که متغیر تصمیم می‌تواند مقدار صفر را نیز اختیار کند، بهتر است تابع هدف را در ۱- ضرب کرده و سپس آن را کم کرد. با این کار، در واقع اگر جواب را دوباره در ۱- ضرب کنیم، مقدار بیشینه به دست می‌آید. همان‌طور که گفته شد هدف اول مدل تصمیم جدید، زیاد کردن درآمد مدیران شبکه است؛ بنابراین، برای نیل به این منظور آن را در ۱- ضرب کرده و در متلب کدنویسی کردیم. از این رو، مقدار تابع هدف نخست در نمودار منفی است؛ اما در واقع، حاصل ضرب آن در ۱- مد نظر است. زمان اجرای کد نوشته شده نیز برابر با ۹۵۴۸/۴۹۸۰۴۴ ثانیه است.

بر اساس نمودار (شکل ۲)، مدیران وبسایت و متقاضیان ارائه تبلیغات را می‌توان در یک مجموعه تصمیم<sup>۱</sup> قرار داد و توازن میان منافع آن‌ها ایجاد کرد؛ بنابراین، مدل جدید به واقعیت نزدیک‌تر است و ارزش کاربردی خوبی دارد. در شرح این نمودار باید گفت، هر نقطه روی نمودار جایی است که در آن با توجه به مقادیر متغیر تصمیم، مقدار هر یک از توابع هدف در ناحیه غیرمسلط قرار می‌گیرد. این بدان معناست که اگر بخواهیم هر یک از اهداف را در آن نقطه بهبود بخشیم، ناگزیریم هدف دیگر را ضعیف‌تر کنیم. از این رو، جوابی که به دست می‌آید به نوعی رضایت‌بخش خواهد بود. هر یک از نقاط روی نمودار پارتوی فوق، بیان‌کننده ترکیب متفاوتی از متغیرهای تصمیم است و جوابی را می‌دهد که مشابه با نقاط دیگر در پارتو فرانت قرار داشته و مدیران وبسایت و متقاضیان ارائه تبلیغات در انتخاب آن‌ها مختارند و می‌توانند با توجه به شرایط، اهداف و تمایلات خود، هر یک از این جواب‌ها را برگزینند و مطمئن باشند اهداف آن‌ها در سطح مورد رضایتشان برآورده خواهد شد. انتخاب این رویکرد، تعامل سازنده میان مدیران وبسایت و متقاضیان ارائه تبلیغات را افزایش می‌دهد، از ابهامات میان آن‌ها می‌کاهد و به آن‌ها کمک می‌کند تا با مشارکت و همدلی، سعی در بیشتر کردن منافع دو طرف داشته باشند. در عالم سیاست به این نوع بازی، بازی برد - برد گفته می‌شود. این در حالی است که در سایر پژوهش‌های پیشین این جنبه مغفول مانده بود.

برای مثال ناکامورا (۲۰۰۲) و لانگ هاینریش، ناکامورا، آبه، کامبا و کاسیکی (۲۰۰۲) از روش برنامه‌ریزی خطی برای زمان‌بندی تبلیغات در محیط وب استفاده کردند. پس از این، پژوهش‌ها بر مبنای بهبود این روش متمرکز شد (برای نمونه، کی و ونگ (۲۰۰۴) و گیوفریدا و همکاران (۲۰۱۱)). با وجود این، مدل‌های ارائه شده توسط این محققان دارای سه کاستی عمده است: نخست، این مدل‌ها به صورت تک‌هدفه فرموله شده‌اند؛ در حالی که مسائل عالم واقعی دارای ابعاد متنوع و گاه متضادند. دوم اینکه، مدل‌های نام‌برده از ارائه جواب مناسب برای مسائل پیچیده عاجزند. سوم، کمابیش تمام پژوهش‌های اجرا شده در این حوزه بر یک سوی این معامله، یعنی سود مدیران شبکه تمرکز کرده‌اند و به وضوح طرف دیگر یعنی متقاضیان ارائه تبلیغات را نادیده گرفته‌اند. با در نظر گرفتن موارد بالا، می‌توان گفت مدل ریاضی ارائه شده در پژوهش حاضر تمام کاستی‌ها را برطرف کرده است.

## بحث و نتیجه‌گیری

امروزه تبلیغات از طریق وب به وسیله‌ای نوین برای برقراری ارتباط میان بازاریابان و مشتریان تبدیل شده است. در این رابطه، درآمدها و گردش مالی مرتبط با این حوزه به‌طور چشمگیری رو به افزایش است. از طرفی، فعالان عرصه تبلیغات از طریق وب علایق و منافع گوناگونی دارند. در این پژوهش بر خلاف پژوهش‌های پیشین، با در نظر گرفتن همزمان اهداف متضاد متقاضیان ارائه تبلیغات از طریق وب (کاهش هزینه‌های تبلیغات) و مدیران وبسایت (افزایش سود به‌دست‌آمده از ارائه خدمات)، درباره چگونگی بهینه‌سازی بهتر تخصیص منابع تبلیغات به وبسایت بحث شد و مدل تصمیم جدیدی ارائه گردید که دو هدف متضاد را دربرداشت. در واقع، این مدل چندهدفه نه تنها درآمد وبسایت را به حداکثر می‌رساند که هزینه متقاضی ارائه تبلیغات را نیز کمتر می‌کند؛ بنابراین، مدل یادشده می‌تواند مبنای کار این دو قرار گیرد. سپس، از الگوریتم ژنتیک چندهدفه برای حل مدل استفاده شد که نوآوری دیگری در روش حل مدل محسوب می‌شود؛ زیرا این مسئله بسیار پیچیده است و نمی‌توان آن را با روش‌هایی همچون برنامه‌ریزی خطی حل کرد. سرانجام، از تبلیغات استخدامی به‌عنوان مثال محاسباتی استفاده شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد مدل بهینه‌سازی و الگوریتم موجه و شدنی هستند. همچنین، مجموعه جواب بهینه پارتوی به‌دست‌آمده از حل مدل می‌تواند موجب رضایت مدیران وبسایت و متقاضیان ارائه تبلیغات شود. آن‌ها با استفاده از این مدل به تعامل و سازش دست زده و سعی می‌کنند منافع طرف دیگر را نیز در نظر بگیرند. با توجه به اینکه با حل مدل پیشنهادی برخلاف سایر مدل‌ها منافع هر دو طرف مد نظر قرار گرفته است، مجموعه جواب در زمره راهبرد برد-برد قرار می‌گیرد. بنابراین، از آنجا که اعتبارسنجی این مدل از طریق شبیه‌سازی صورت گرفته است، در عمل مدیران شبکه می‌توانند هنگام کدنویسی تبلیغات در صفحات وبسایت با اعمال روابط ریاضی ارائه‌شده در مدل پیشنهادی، نحوه محاسبه هزینه متقاضیان ارائه تبلیغات را منطقی‌تر کنند و فهرستی از پیشنهاد‌های ممکن را به متقاضی ارائه دهند. در این فهرست ترکیبات مختلف متغیرهای تصمیم همزمان در سطح مطلوبی، با به حداکثر رسان درآمد مدیران شبکه، هزینه‌های هر متقاضی را متناسب با نظر وی به حداقل می‌رسانند که به اتخاذ راهبردهای قیمت‌گذاری کارآمدتر منجر می‌شود.

پژوهش‌های آتی می‌توانند بر دو جنبه متمرکز شوند. جنبه نخست، بهبود مدل پیشنهادی است. اگرچه با در نظر گرفتن نسبت کلبک‌ها، فرض تناسب میان محتوا و تبلیغ مد نظر قرار گرفته است، می‌توان از روش‌های جدید در شخصی سازی تبلیغ استفاده کرد. با بهره‌مندی از «کوکی‌ها و آی. پی.» که به‌دلیل پیچیدگی در این مدل به آن‌ها پرداخته نشد، می‌توان توانایی مدل در هدف-گیری بازار را ارتقا داد. از سویی، برای توجه بیشتر به خواسته‌های مشتری، محاسبه هزینه بر مبنای هر بار خرید (CPP) می‌تواند سخت‌گیری مدل به نفع مشتری را افزایش دهد. پژوهش‌های آتی می‌توانند با تدوین آن، این امر را میسر کنند.

جنبه دوم روش‌های نوین حل مدل است. به‌دلیل پیچیدگی محاسباتی و ابعاد بسیار، حل این‌گونه مدل‌های ریاضی به زمان زیادی نیاز دارد. از این رو، برای مدیران شبکه یافتن روشی که بتواند ضمن قدرت همگرایی شایان توجه، سرعت زیادی داشته باشد، اهمیت بسیاری دارد. بنابراین، در پژوهش‌های آتی می‌توان به استفاده از سایر الگوریتم‌های تکاملی همچون الگوریتم مورچگان یا زنبور عسل در حل مدل پیشنهاد شده پرداخت و نتایج را با الگوریتم ژنتیک مقایسه کرد.



## References

- Abe, N. & Nakamura, A. (1999). Learning to optimally schedule internet banner advertisements. *ICML 99 Proceedings of the Sixteenth International conference on Machine Learning*, June 27 - 30, PP. 12-21.
- Amiri, A. & Menon, S. (2003). Efficient scheduling of Internet banner advertisements. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, 3 (4), 334-346.
- Bae, J.K. & Kim, J. (2010). Integration of heterogeneous models to predict consumer behavior. *Expert Systems with Applications*, 37 (3), 1821-1826.
- Baltas, G., Tsafarakis, S., Saridakis, C. & Matsatsinis, N. (2013). Biologically Inspired Approaches to Strategic Service Design Optimal Service Diversification Through Evolutionary and Swarm Intelligence Models. *Journal of Service Research*, 16 (2), 186-201.
- Biethahn, J. & Nissen, V. (1994). Combinations of simulation and evolutionary algorithms in management science and economics. *Annals of Operations Research*, 52 (4), 181-208.
- Chiu, C. (2002). A case-based customer classification approach for direct marketing. *Expert Systems with Applications*, 22 (2), 163-168.
- Chiu, CY., Chen, YF., Kuo, IT. & Ku, HC. (2009). An intelligent market segmentation system using k-means and particle swarm optimization. *Expert Systems with Applications*, 36 (3), 4558-4565.
- Deb, K. (2001). *Multi-objective optimization using evolutionary algorithms*. Vol. 16, USA: John Wiley & Sons.
- Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S. & Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. *Evolutionary Computation. IEEE Transactions on*, 6 (2), 182-197.
- Díaz, J.C.Z., Cruz-Chavez, M.A. & Cruz-Rosales, M.H. (2010). Mathematical Multi-objective Model for the selection of a portfolio of investment in the Mexican Stock Market. *AISS*, 2 (2), 67-76.
- Fan, T.K. & Chang, C.H. (2010). Sentiment-oriented contextual advertising. *Knowledge and Information Systems*, 23 (3), 321-344.
- Giuffrida, G., Reforgiato, D., Tribulato, G. & Zarba, C. (2011). A banner recommendation system based on web navigation history. *In Computational Intelligence and Data Mining (CIDM)*, IEEE.
- Gruca, T.S. & Klemz, B.R. (2003). Optimal new product positioning: A genetic algorithm approach. *European Journal of Operational Research*, 146 (3), 621-633.
- Hurley, S., Moutinho, L. & Stephens, N. (1995). Solving marketing optimization problems using genetic algorithms. *European Journal of Marketing*, 29 (4), 39-56.
- Internet Advertising Bureau (IAB). (2014). IAB/PwC Internet Ad Revenue Report.
- Jianguo, Z. & Liang, Z. (2011). Multi-objective model for uncertain portfolio optimization problems. *International Journal of Advancements in Computing Technology*, 3 (8), 138-145.
- Jonker, J.-J., Piersma, N. & Van den Poel, D. (2004). Joint optimization of customer segmentation and marketing policy to maximize long-term profitability. *Expert Systems with Applications*, 27 (2), 159-168.
- Langheinrich, M., Nakamura, A., Abe, N., Kamba, T. & Koseki, Y. (1999). Unintrusive customization techniques for Web advertising. *Computer Networks*, 31 (11), 1259-1272.
- Liu, H.-H. & Ong, C.-S. (2008). Variable selection in clustering for marketing segmentation using genetic algorithms. *Expert Systems with Applications*, 34 (1), 502-510.

- Meng, L. (2008). *The Research on Pricing Strategies and the Pricing Model of Portal Web Advertisements*, Jilin University, China.
- Moutinho, L., Bigné, E. & Manrai, A.K. (2014). *The Routledge Companion to the Future of Marketing*. Taylor & Francis.
- Nakamura, A. & Abe, N. (2005). Improvements to the linear programming based scheduling of web advertisements. *Electronic Commerce Research*, 5 (1), 75-98.
- Nakamura, A. (2002). Improvements in practical aspects of optimally scheduling web advertising. *In Proceedings of the 11th international conference on World Wide Web*. ACM. Honolulu, Hawaii, USA - May 07 – 11.
- Nissen, V. (1995). An overview of evolutionary algorithms in management applications. *In Evolutionary algorithms in management applications*, Springer, PP. 44-97.
- Qi, J. & Wang, D.-W. (2004a). Fuzzy Decision Model for Launching Web Advertising on Relevant Network. *Journal of Northeastern University (Natural Science)*, 25(9), 837-839.
- Qi, J. & Wang, D.-w. (2004b). Particle swarm optimization algorithm for a model of optimally scheduling web advertising resources. *Control and Decision*, 19, 881-884.
- Sohn, S.Y., Moon, T.H. & Seok, K.J. (2009). Optimal pricing for mobile manufacturers in competitive market using genetic algorithm. *Expert Systems with Applications*, 36 (2), 3448-3453.
- Tomlin, J.A. (2000). An entropy approach to unintrusive targeted advertising on the Web. *Computer Networks*, 33 (1), 767-774.
- Venkatesan, R. & Kumar, V. (2002). A genetic algorithms approach to growth phase forecasting of wireless subscribers. *International Journal of Forecasting*, 18 (4), 625-646.
- Wang, Q. (2009). Application of Multi-objective Particle Swarm Optimization Algorithm in Integrated Marketing Method Selection. In *Advances in Neural Networks*. DOI: 10.1007/978-3-642-01510-6-65.
- Wei, PL., Huang, JH., Tzeng, GH. & Wu, SI. (2010). Causal modeling of web-advertising effects by improving SEM based on DEMATEL technique. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 9 (05), 799-829.
- Yang, DD., Jiao, LC., Gong, MG. & Yu, H. (2010). Clone selection algorithm to solve preference multi-objective optimization. *Journal of Software*, 21 (1), 14-33.
- Yan-min, L. (2011). MOPSO Based on Dynamic Neighborhood and Evolutionary Programming. *Advances in Information Sciences and Service Sciences*, 3 (10), 115-123.
- Yu, B., Yang, Z. & Cheng, C. (2007). Optimizing the distribution of shopping centers with parallel genetic algorithm. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 20 (2), 215-223.
- Zhang, Z. & Wang, L. (2006). A decision model of optimally scheduling web advertising resources. *Journal of Anshan University of Science and Technology*, 29 (5), 510-519.
- Zhiping, W., Shengbao, Z., Junfang, G. & Zhongtuo, W. (2007). Supernetwork model for resource allocation of network-advertisement based on variational inequality. *Journal of Dalian Maritime University*, 33 (4), 69-72.
- Zhou, X. X. & Sun, P.Z. (2010). The Psychological Effect of Internet Advertising and Its Theoretical Discussion [J]. *Advances in Psychological Science*, 18(5), 790-799.