

Bayesian Analysis of Advertising Effectiveness in Iran's Dairy Industry Using Saturation and Sales Funnel Models

*H. Shahbazi*¹

Received: 27 July, 2025 Accepted: 20 October, 2025

Introduction: In Iran's dynamic and competitive Fast-Moving Consumer Goods (FMCG) market, particularly in the dairy sector, the effectiveness of advertising has become a pressing concern for both private companies and policymakers. Despite the essential role of dairy consumption in public health and nutrition, per capita dairy consumption in Iran has declined over the past decade, falling below WHO-recommended levels. This trend has been attributed, in part, to ineffective advertising strategies and the misallocation of promotional resources. Therefore, this study addressed this gap by proposing a data-driven, Bayesian-based framework to evaluate the effectiveness of multimedia advertising across various stages of the consumer decision-making process, modeled as a sales funnel (awareness, interest, desire, and action). Unlike conventional linear advertising models, this research accounted for saturation, delayed effects, and the varying impact of different media channels at each funnel stage. The key objective was to quantify the contribution of each media type (television, digital media, and radio) on dairy product sales, while also identifying the most efficient media mix strategy. The study drew upon recent advances in Media Mix Modeling (MMM) and Bayesian inference to analyze the nuanced relationship between advertising and consumer response, offering practical insights for optimizing advertising expenditure.

Materials and Methods: The study employed a Bayesian MMM framework to capture the nonlinear, multi-stage, and time-dependent nature of advertising effectiveness. The analytical model was based on a decomposition of total sales into baseline sales and cumulative effects of advertisements across four funnel stages. A nonlinear Michaelis-Menten function was used to model advertising saturation, while ad carryover effects were represented using exponential decay (Adstock) functions. Weekly sales data were collected from six major Iranian

1. Associate Professor of Agricultural Economics (Production and Management), Sayyed Jameddin Asadabadi University, Asadabad, Hamedan, Iran (Shahbazi@sjau.ac.ir).

dairy brands including Pegah, Kaleh, Mimas, Damdaran, Sabah, and Ramak, covering a 24-week period from July to December 2024, totaling 144 observations. Advertising expenditures were disaggregated into three channels: television, digital media, and radio. Control variables included raw milk prices, seasonal dummies, national holidays, and competitor advertising intensity. The parameters of the model (e.g. baseline sales, media effectiveness weights, saturation point, and carryover coefficients) were estimated via Bayesian inference using Markov Chain Monte Carlo (MCMC) techniques— specifically, Gibbs sampling and the Metropolis-Hastings algorithm. Posterior distributions were derived for each parameter, and convergence was assessed using the R-hat statistic and trace plots. Model accuracy was validated using predictive checks, WAIC, and leave-one-out cross-validation (LOO-CV).

Results and Discussion: The Bayesian analysis yielded critical insights into how different media channels contribute to sales across the consumer decision-making funnel. The baseline weekly sales, absent any advertising, were estimated at 12,300 units (95 percent CI: 10,050-14,500), serving as a benchmark for evaluating media effectiveness. Among the media channels, television had the greatest influence at the awareness stage, with a posterior coefficient of 0.48, indicating a strong but short-lived impact. Digital advertising was more effective in the desire and action stages, with a coefficient of 0.35, offering longer-lasting effects on purchasing behavior. The impact of radio was limited and statistically insignificant. The analysis also captured the saturation effect of advertising, modeled using the Michaelis-Menten function, indicating that returns began to diminish sharply after 8 million IRR per week in ad spending. Moreover, the carryover coefficient of 0.82 reflected the gradual and persistent nature of advertising effects, which decay over time but remain significant across several weeks. Breaking down the sales funnel revealed that awareness accounted for 35 percent of the total impact, while interest (25 percent), desire (20 percent), and action (20 percent) comprised the remaining 65 percent. These findings stress the importance of allocating more resources to media like digital platforms that influence deeper stages of the funnel. Scenario-based simulations using Monte Carlo methods explored various budget allocation strategies. Increasing the share of TV advertising from 50 to 70 percent yielded only an 8 percent sales growth due to rapid saturation. Conversely, raising digital ad share from 30 to 50 percent resulted in a 14 percent increase in sales. The optimal mix— 45 percent TV, 40 percent digital, and 15 percent radio— produced the highest gain at 18 percent, highlighting the need for a balanced, stage-specific media strategy. Control variables also played significant roles. Higher raw milk prices negatively affected

sales (-0.27 coefficient), while national holidays led to a 12 percent decline. Seasonal changes showed a $+0.08$ uplift in spring and summer, and competitor advertising had a -0.19 crowding-out effect. In sum, the Bayesian funnel model effectively captured the complex, nonlinear nature of advertising response and provides a valuable framework for data-driven planning in the dairy industry.

Conclusion and Suggestions: This study provides a robust quantitative framework for evaluating multimedia advertising effectiveness in the Iranian dairy sector. By integrating the sales funnel structure with Bayesian inference and nonlinear modeling techniques, the research captures both immediate and long-term impacts of different advertising channels while accounting for saturation and media interaction effects. The findings underscore that effective advertising is not merely a function of budget volume, but of strategic allocation based on media roles within the consumer journey. Digital media, despite its slower initial uptake, delivers more durable influence, particularly at the purchase stage. Television, while useful for brand awareness, quickly reaches its saturation point. In sum, the proposed framework can guide data-driven advertising strategy formulation, maximize return on investment, and support national policy design in other consumer industries facing similar market dynamics.

Keywords: *Media Mix Modeling (MMM), Bayesian Modeling, Sales Funnel, Advertising Saturation Effect.*

JEL Classification: M37, C11, C22

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۳، شماره ۱۳۱، پاییز ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

تحلیل بیزی بازده تبلیغات در صنعت لبنیات ایران با الگوی اشباع و قیف فروش

حبیب شهبازی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۸

چکیده

پژوهش حاضر با هدف پاسخ به شکاف موجود در ادبیات تبلیغات یعنی، فقدان یک چارچوب کمی و داده‌محور برای سنجش نقش نسبی رسانه‌ها در مراحل مختلف قیف فروش در صنایع مصرفی ایران، به‌ویژه صنعت لبنیات، طراحی شد. تاکنون، مطالعات مشابه بیشتر بر کل اثر تبلیغات تمرکز کرده و کمتر به تفکیک سهم هر رسانه در مراحل آگاهی، علاقه، تمایل و اقدام پرداخته‌اند. در مطالعه حاضر، از مدل‌سازی ترکیب رسانه‌ای مبتنی بر استنباط بیزی استفاده شد، که امکان برآورد دقیق و هم‌زمان اثر رسانه‌ها و رفتار اشباع تبلیغاتی را فراهم می‌آورد. بدین منظور، داده‌های پانل شامل ۱۴۴ مشاهده هفتگی از فروش شش ویژند (برند) لبنی طی تیر تا آذر ۱۴۰۳ گردآوری و تحلیل شد. برای سنجش رفتار اشباع، تابع مایکل-منتن به کار گرفته شد و برای بررسی سیاست‌های مختلف تخصیص بودجه رسانه‌ای، شبیه‌سازی مونت کارلو به اجرا درآمد. نتایج پژوهش نشان داد که مرحله آگاهی به‌تنهایی ۳۵ درصد از فروش نهایی را تبیین می‌کند و سهم سه مرحله علاقه، تمایل و اقدام، در مجموع، ۶۵ درصد است. بدین ترتیب، تبلیغات تلویزیونی عمدتاً در آگاهی اثرگذار است، اما سریعاً به سطح اشباع می‌رسد و بازده نزولی پیدا می‌کند؛ در مقابل، تبلیغات دیجیتال اثر ماندگارتر و قوی‌تر بر مراحل میانی و پایانی قیف دارد. تحلیل سناریوها حاکی از آن بود که ترکیب بهینه شامل ۴۵ درصد تلویزیون، چهل

۱- دانشیار اقتصاد کشاورزی (تولید و مدیریت)، دانشگاه سیدجمال‌الدین اسدآبادی، اسدآباد، همدان، ایران (Shahbazi@sjau.ac.ir).

درصد دیجیتال و پانزده درصد رادیو بیشترین افزایش فروش (هجده درصد) را ایجاد می‌کند. این نتایج تأکید می‌کند که راهبرد تبلیغاتی موفق، به‌جای افزایش بودجه مطلق، باید بر تخصیص بهینه مبتنی بر داده و شناخت رفتار اشباع رسانه‌ها استوار باشد.

کلیدواژه‌ها: الگوسازی ترکیب رسانه‌ای (MMM)، الگوسازی بیزی، قیف فروش، اثر اشباع تبلیغات.

طبقه‌بندی JEL: M37, C11, C22

مقدمه

صنعت لبنیات، به‌عنوان یکی از پایه‌های اصلی امنیت غذایی و سلامت عمومی، جایگاهی اساسی در الگوی تغذیه‌ای جوامع مختلف دارد. با مصرف منظم شیر و فرآورده‌های لبنی، بخش عمده‌ی نیازهای انسان به کلسیم، پروتئین و ویتامین‌ها تأمین می‌شود. کاهش این میزان مصرف چه‌بسا پیامدهایی بلندمدت برای سلامت جمعیت در پی داشته باشد (Muehlhoff et al., 2013; WHO, 2017). در ایران، صنعت لبنیات نه‌تنها سهمی بزرگ در زنجیره تأمین مواد غذایی دارد، بلکه از نظر اشتغال، تولید ناخالص داخلی و نقش آن در الگوی مصرف خانوار نیز بسیار حائز اهمیت است.

در این میان، بازاریابی و تبلیغات در صنعت لبنیات نقشی اساسی در ارتقای آگاهی مصرف‌کنندگان، تغییر ترجیحات و تصمیم‌گیری‌های خرید ایفا می‌کند؛ به‌ویژه، در شرایط فعلی بازار لبنیات ایران که طی سال‌های اخیر، با کاهش مصرف سرانه، افزایش قیمت مواد اولیه و رقابت فزاینده و پیوندها (برندها) مواجه بوده، اهمیت کارآیی سیاست‌های تبلیغاتی بیش از پیش آشکار شده است. بر اساس گزارش مرکز آمار ایران (SCI, 2023)، مصرف سرانه شیر و فرآورده‌های لبنی در کشور یک روند نزولی داشته و از حدود نود کیلوگرم در سال ۱۳۹۰ به حدود هشتاد کیلوگرم در سال ۱۴۰۰ رسیده است. این میزان، به‌گونه‌ای چشمگیر، پایین‌تر از سطح استاندارد ارائه‌شده از سوی سازمان جهانی بهداشت (حدود ۱۲۰ کیلوگرم در سال) است (WHO, 2017). این وضعیت نگران‌کننده هشدار برای سیاست‌گذاران حوزه بهداشت و امنیت غذایی به‌شمار می‌رود.

کاهش مصرف لبنیات در ایران علل متعدد دارد، که از آن جمله است: افزایش مستمر قیمت محصولات لبنی، کاهش قدرت خرید خانوارها، تغییر الگوی غذایی به سمت جانشین‌های ارزان‌تر، و برخی نگرانی‌های مرتبط با سلامت یا کیفیت. با این همه، یکی از دلایل مهم و کمتر بررسی‌شده در

این زمینه ناکارآمدی سیاست‌های تبلیغاتی و تخصیص غیربهبینه منابع در تبلیغات ویزند و عمومی^۱ است. برخی پژوهش‌ها نظیر مطالعه شهبازی (Shahbazi, 2024) نشان می‌دهد که نبود هماهنگی بین نهادهای تبلیغات عمومی و شرکت‌های خصوصی منجر به بروز پدیده «سواری رایگان»^۲ شده است، به‌گونه‌ای که بسیاری از ویزندها بدون مشارکت مالی مؤثر، از مزایای تبلیغات عمومی بهره‌مند می‌شوند. همچنین، به‌دلیل فقدان ارزیابی علمی از کارایی رسانه‌ها و مراحل تأثیر تبلیغات، بخشی از بودجه صرف کانال‌هایی با بازدهی اندک شده و ظرفیت‌های هدف‌گیری [جذب گروه‌های هدف] رسانه‌های دیجیتال نادیده گرفته شده است (Naik & Raman, 2003; Jin et al, 2017). رفتار خرید مصرف‌کننده معمولاً به‌صورت مرحله‌ای در نظر گرفته می‌شود، که شامل آگاهی، علاقه، تمایل و اقدام به خرید است. این فرآیند، در ادبیات بازاریابی، با نام «قیف فروش»^۳ شناخته می‌شود و چارچوبی مفید برای بررسی اثربخشی نسبی رسانه‌ها در هر مرحله فراهم می‌آورد (Kotler & Keller, 2016; Court et al., 2009; Li & Kannan, 2014). با وجود این، مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که در ایران، پژوهش‌ها بیشتر به سنجش کلی اثر تبلیغات یا کشش تقاضا پرداخته و کمتر بر مقایسه اثربخشی رسانه‌ها در مراحل مختلف قیف فروش تمرکز کرده‌اند. از سوی دیگر، ادبیات بین‌المللی بر توسعه مدل‌های بیزی^۴ و پویا برای بررسی اثرات اشباع و تأخیر و تعامل رسانه‌ها تأکید دارد (Jin et al., 2017; Gelman et al., 2013, Sinha et al., 2022). بنابراین، شکاف اصلی این است که مطالعات داخلی هنوز چارچوب‌های داده‌محور و مبتنی بر قیف فروش را به‌کار نگرفته‌اند.

در این شرایط، نیاز به یک تحلیل علمی و مبتنی بر داده که نه تنها سهم نسبی رسانه‌ها، بلکه اثر اشباع تبلیغات، تأخیر در واکنش مصرف‌کننده و عملکرد متنوع رسانه‌ها در مراحل مختلف قیف را بررسی کند، بیش از پیش احساس می‌شود. چنین الگویی می‌تواند پایه‌ای را برای تصمیم‌گیری راهبردی در بهینه‌سازی ترکیب رسانه‌ای و افزایش بازده تبلیغاتی در بازارهای رقابتی فراهم آورد.

۱- generic and brand advertising؛ تبلیغات عمومی (generic advertising) نوعی تبلیغ است که به‌جای تمرکز بر یک ویزند (برند) خاص، کل یک دسته محصول یا صنعت را ترویج می‌کند و هدف آن افزایش «تقاضای اولیه» برای آن دسته محصول است، نه جابه‌جایی سهم بازار بین ویزندها (Isariyawongse, et al. 2007).

۲- free riding؛ موج‌سواری، کنایه از بهره‌برداری رندانه از تلاش و دستاوردهای دیگران.

3. sales funnel

4. Bayesian models

پیشینه تحقیق

در ادبیات بین‌المللی، تحلیل رابطه میان تبلیغات و فروش — به‌ویژه، در صنایع مصرفی — سابقه‌ای طولانی دارد. یکی از رویکردهای مهم، «الگوسازی ترکیب رسانه‌ای»^۱ است که به ارزیابی جداگانه سهم و اثربخشی رسانه‌ها در فرآیند تصمیم‌گیری مصرف‌کننده می‌پردازد. فیدر و هاردی (Fader & Hardie, 2009)، با تأکید بر ماهیت چندمرحله‌ای فرآیند خرید، ناکارآمدی الگوهای تک‌مرحله‌ای در تبیین دقیق قیف فروش را نشان دادند. جین و همکاران (Jin et al., 2017) نیز با بهره‌گیری از چارچوب بیزی و توابع هیل^۲ و اداستوک^۳، الگوهایی برای تحلیل اثرات غیرخطی، اشباع و تأخیری تبلیغات ارائه دادند و بر مزیت روش‌های بیزی در شرایط داده‌های محدود و ناهمگن تأکید کردند. جلمن و همکاران (Gelman et al., 2013) نیز چارچوب آماری بیزی را برای طراحی الگوهای پویا در بازاریابی مطرح کردند. در سال‌های اخیر، نسلی جدید از الگوهای بیزی الگوسازی ترکیب رسانه‌ای (MMM) توسعه یافته‌اند که بر ساختار قیف فروش و تعاملات بین کانال‌های تبلیغاتی تمرکز دارند. برای نمونه، سینها و همکاران (Sinha et al., 2022) الگوی «انتساب»^۴ بیزی را برای بررسی تأثیر متقابل کانال‌های تبلیغاتی و پاسخ تأخیری بازار ارائه کردند. همچنین، مارین (Marín, 2025) الگوی MMM بیزی مبتنی بر ساختار قیف فروش را توسعه داد که با بهره‌گیری از توابع مایکل-متن^۵ و ساختارهای سلسله‌مراتبی، اثر تبلیغات را در هر مرحله از قیف فروش مدل‌سازی می‌کند. پژوهش راولد (Ravid, 2025) اثربخشی این چارچوب را در صنعت کالاهای مصرفی با گردش سریع نشان داده و ریمسا (Rimša, 2024) نیز با استفاده از داده‌های صنعت لبنیات اروپا، عملکرد دقیق الگوهای بیزی با ساختارهای اشباع و اداستوک را حتی در شرایط نوسانی و داده‌های محدود، تأیید کرده است. در ایران نیز مطالعات متعدد به بررسی تأثیر تبلیغات بر فروش و رفتار مصرف‌کننده در صنعت لبنیات پرداخته‌اند. شهبازی (Shahbazi, 2024) پدیده «سواری رایگان» در تبلیغات عمومی شیر و پنیر را تحلیل کرده و نشان داده است که شدت این پدیده برای شیر، بالا (۱۱/۴۲) و برای پنیر، پایین‌تر است. بر اساس برآورد شهبازی و فریادرس (Shahbazi & Faryadras, 2018)، سطح فعلی بودجه تبلیغات عمومی لبنیات کمتر از سطح بهینه پیشنهادی در الگوهای چندسطحی بازار است، که موجب کاهش

1. Media Mix Modeling (MMM)
2. Hill
3. Adstock
4. attribution
5. Michaelis-Menten

کارآیی تبلیغات می‌شود. حسینی و عرفانیان (Hosseini & Erfanian, 2009) نیز با استفاده از داده‌های شرکت پگاه، کشش تبلیغات را برای محصولات مختلف لبنی برآورد کردند؛ بر اساس نتایج این مطالعه، کشش تبلیغات برای شیر (۰/۲۹) و دوغ (۰/۲۳) بالا و برای پنیر (۰/۰۳) و ماست (۰/۱۲) پایین بوده است. در پژوهشی دیگر، مرتضوی و گرجی (Mortazavi & Gorji, 2014) نشان دادند که تبلیغات، علاوه بر افزایش آگاهی، به ارتقای ارزش ادراک‌شده و بیژند نیز کمک می‌کند. همچنین، شهبازی (Shahbazi, 2025) دریافت که تبلیغات و بیژند می‌تواند سود تولیدکنندگان شیر خام را تا ۱۹۶ درصد در بخش پنیر افزایش دهد.

در ادبیات داخلی بازاریابی مواد غذایی و نوشیدنی، مجموعه‌ای از شواهد تجربی بر کارکرد محوری ارزش ویژه و بیژند در تبیین رفتار مصرف‌کننده و پیامدهای مرتبط تأکید دارد، یکی آنکه بر اساس نتایج مطالعه آزارخت و عبادی (Azadrokht & Ebadi, 2017) (در مورد ماکارونی مانا)، کیفیت ادراکی اثر بسیار قوی و معنی‌دار بر تمایلات رفتاری خرید دارد و با شدتی متوسط، تمایل به پرداخت بیشتر را تقویت می‌کند؛ ارزش ادراکی هزینه اثر متوسط بر تمایلات رفتاری دارد؛ همچنین، منحصربه‌فرد بودن و بیژند اثر قوی بر تمایل به پرداخت بیشتر و اثر متوسط بر تمایلات رفتاری می‌گذارد و خود تمایل به پرداخت بیشتر تنها اثری ضعیف بر تمایلات رفتاری نشان می‌دهد؛ دیگر آنکه بر اساس نتایج مطالعه پاکاری و همکاران (Pakari et al., 2019) (در مورد مصرف‌کنندگان استان بوشهر)، با رویکرد معادلات ساختاری، طراحی نشان (لوگو) از مسیر ارتقای آگاهی، تداعی، کیفیت ادراک‌شده و وفاداری، ارزش ویژه و بیژند را تقویت و در نهایت، تصمیم خرید را بهبود می‌بخشد، گرچه نقش میانجی وفاداری حداقلی است؛ و سرانجام آنکه در حوزه بسط و بیژند، مروتی و همکاران (Morovati et al., 2015) (مطالعه موردی مصرف‌کنندگان محصولات لبنی پگاه تهران؛ نمونه ۲۴۳ نفری؛ روش معادلات ساختاری) اثبات می‌کنند که ارزش ویژه و بیژند به‌طور مستقیم ارزیابی بسط و بیژند را بهبود می‌دهد؛ همچنین، «تناسب محصول بسط‌یافته با بیژند مادر» رابطه ارزش ویژه و بیژند و ارزیابی بسط و بیژند را تعدیل می‌کند، در حالی که «نوگرایی مصرف‌کننده» نقشی در این تعدیل ندارد. جمع‌بندی این بدنه پژوهشی دلالت دارد بر اینکه ارتقای مؤلفه‌های کلیدی ارزش ویژه و بیژند (به‌ویژه کیفیت ادراکی و منحصربه‌فرد بودن و نیز عناصر هویت بصری مانند نشان) نه‌تنها تمایلات رفتاری و تصمیم خرید را تقویت می‌کند، بلکه زمینه ارزیابی مطلوب‌تر بسط‌های آتی و بیژند را نیز از رهگذر تناسب ادراکی با بیژند مادر فراهم می‌سازد.

در مجموع، ادبیات موجود نشان می‌دهد که اگرچه تبلیغات نقش مثبت در بهبود رفتار مصرف‌کننده، سود تولیدکنندگان و کارایی بازار دارد، اما چالش‌هایی مانند نبود مشارکت منصفانه وینژدها، ضعف سازوکارهای نهادی و ناکارآمدی سیاست‌های تخصیص بودجه همچنان باقی است. این خلأها ضرورت بهره‌گیری از الگوهای داده‌محور مانند الگوهای بیزی مبتنی بر قیف فروش را برای بهینه‌سازی سیاست‌های تبلیغاتی در صنعت لبنیات ایران برجسته می‌کند. تحقیق حاضر دقیقاً در این نقطه قرار می‌گیرد و می‌کوشد با ترکیب چارچوب‌های بیزی و ساختار قیف فروش، مدلی ارائه دهد که سهم نسبی رسانه‌ها، اثر اشباع تبلیغات، تأخیر در واکنش مصرف‌کننده و عملکرد متنوع رسانه‌ها را به‌طور هم‌زمان در نظر گیرد.

بر همین اساس، هدف پژوهش حاضر ارائه چارچوبی ریاضیاتی مبتنی بر الگوسازی بیزی برای تحلیل اثر تبلیغات چندرسانه‌ای در مراحل مختلف قیف فروش برای محصولات لبنی در ایران بوده و در این چارچوب، اثرات غیرخطی، تجمعی و اشباع تبلیغات با استفاده از توابعی نظیر مایکل-منتن الگوسازی شده و سهم نسبی هر رسانه در هر مرحله از فرآیند خرید مورد ارزیابی قرار گرفته است. نوآوری اصلی پژوهش در ترکیب هم‌زمان رهیافت بیزی با ساختار قیف فروش و مدل‌سازی صریح رفتار اشباع بوده، رویکردی که تاکنون در ادبیات تبلیغات ایران و صنایع مصرفی مشابه به‌کار گرفته نشده است. افزون بر این، چارچوب پیشنهادی نه‌تنها امکان شناسایی جایگاه هر رسانه در قیف را فراهم می‌آورد، بلکه به شرکت‌های لبنی، نهادهای تبلیغاتی و سیاست‌گذاران در تدوین راهبردهای داده‌محور و مؤثر کمک می‌کند.

مواد و روش‌ها

هدف اصلی پژوهش حاضر الگوسازی و ارزیابی اثرات اقتصادی تبلیغات رسانه‌ای بر فروش محصولات لبنی با بهره‌گیری از رویکردی ریاضی و مبتنی بر روش‌های بیزی است. برای دستیابی بدن هدف، چارچوبی مفهومی و تحلیلی تدوین شده که قابلیت در نظر گرفتن هم‌زمان ویژگی‌هایی نظیر روابط غیرخطی، تأخیر زمانی در اثرگذاری و مراحل مختلف فرآیند تصمیم‌گیری مصرف‌کننده در قالب قیف فروش را داشته است. در این بخش، ابتدا مبانی نظری و ساختار مفهومی الگو ارائه می‌شود؛ سپس، الگوی ریاضیاتی به‌طور دقیق معرفی شده و در نهایت، روش‌های آماری مورد استفاده برای تخمین پارامترها و اعتبارسنجی الگو به‌تفصیل تشریح شده است.

چارچوب نظری و مبانی الگوسازی

تبلیغات یکی از ارکان بنیادین بازاریابی به‌شمار می‌رود، به‌ویژه در صنایعی مانند لبنیات که با رقابت شدید و رفتار پیچیده مصرف‌کننده مواجه‌اند. در چنین شرایطی، بهره‌گیری از ابزارهای تحلیلی پیشرفته برای بهینه‌سازی سرمایه‌گذاری‌های تبلیغاتی ضرورت می‌یابد. توسعه چارچوب الگوسازی ترکیب رسانه‌ای (MMM)، امکان تحلیل کمی سهم هر رسانه در افزایش فروش را فراهم ساخته است (Kotler & Keller, 2016). یکی از چالش‌های مهم در این زمینه ماهیت غیرخطی و اشباع‌پذیر تبلیغات است، رابطه‌ای که در سطوح بالای هزینه، می‌تواند به کاهش یا حتی منفی شدن بازده نهایی بینجامد (Segel, 1993; Prihatiningsih et al., 2024).

در سوی دیگر، رفتار خرید مصرف‌کننده اغلب در قالب «قیف فروش» تحلیل می‌شود، الگویی مرحله‌محور شامل آگاهی، علاقه، تمایل و اقدام به خرید که در آن، هر مرحله ممکن است به رسانه‌ای متفاوت برای اثربخشی نیاز داشته باشد (Court et al., 2009; Jain et al. 2019).^۱ افزون بر این، تبلیغات در بسیاری از موارد بلافاصله منجر به تغییر رفتار نمی‌شود و آثار خود را با تأخیر زمانی آشکار می‌سازد، ویژگی‌ای که از طریق توابعی مانند اداستوک یا وزن‌دهی نمایی قابل الگوسازی است (Hanssens et al., 2001; Chen et al., 2021).

برای تحلیل دقیق این پویایی‌های پیچیده، از چارچوب بیزی بیش از پیش استفاده شده است. تحلیل بیزی، با در نظر گرفتن عدم قطعیت پارامترها و امکان به‌روزرسانی اطلاعات با داده‌های جدید، تخمین توزیع کامل پسین را امکان‌پذیر می‌سازد و به بهبود دقت پیش‌بینی کمک می‌کند (Gelman et al, 2013). در مجموع، الگوسازی بیزی ترکیب رسانه‌ها، در کنار ساختار قیف فروش، ابزاری قدرتمند و قابل اتکا برای تصمیم‌سازی در حوزه تبلیغات صنایع غذایی به‌شمار می‌رود و می‌تواند زمینه‌ساز تدوین سیاست‌های ترویجی مؤثرتر شود. خلاصه آنکه مبانی نظری مدل حاضر بر سه پایه استوار است: (۱) قیف فروش به‌عنوان چارچوب رفتاری مصرف‌کننده، (۲) پدیده اشباع تبلیغاتی و اثرات تأخیری، و (۳) مزایای الگوی بیزی در تخمین پارامترها و تحلیل عدم قطعیت. ترکیب این سه مبنا توجیه نظری و روش‌شناختی لازم برای به‌کارگیری چارچوب بیزی در مدل‌سازی قیف فروش را فراهم می‌آورد.

۱- در سوی دیگر، رفتار خرید مصرف‌کننده می‌تواند از منظرهای متنوع تحلیل شود. برای نمونه، چارچوب ارزش ویژه برند (brand equity) بر نقش عواملی چون تصویر ذهنی برند، ترجیحات مصرف‌کننده، شدت رقابت، تجاری‌سازی و وفاداری تأکید دارد و تصویری چندبعدی از رفتار خرید ارائه می‌دهد (Aaker, 1991; Keller, 1993). با این حال، در مطالعه حاضر، تمرکز بر الگوی «قیف فروش» است، الگویی مرحله‌محور شامل آگاهی، علاقه، تمایل و اقدام به خرید، که به‌ویژه برای مقایسه اثربخشی نسبی رسانه‌ها در مراحل مختلف تصمیم‌گیری مصرف‌کننده چارچوبی مناسب و شفاف فراهم می‌آورد.

الگوی جبری: با توجه به مبانی نظری مرتبط با تأثیر تبلیغات بر مراحل مختلف قیف فروش و ضرورت لحاظ کردن اثرات تجمعی و تأخیری رسانه‌ها، الگویی جبری طراحی شده است که فروش محصولات لبنی را به‌عنوان تابعی از مجموع اثرات تبلیغات در رسانه‌های مختلف و در مراحل گوناگون قیف فروش الگوسازی می‌کند. در این چارچوب، برای هر رسانه و هر مرحله از فرآیند تصمیم‌گیری، وزن مشخصی در نظر گرفته می‌شود که از طریق برآورد پارامترهای الگو قابل سنجش است. این الگو به‌طور هم‌زمان اثرات فوری، با تأخیر، اشباع تبلیغاتی و عوامل فصلی را پوشش می‌دهد و با استفاده از تکنیک‌های بیزی، نوسانات و عدم قطعیت‌های موجود در داده‌ها را نیز لحاظ می‌کند.

الگوی پیشنهادی فرض می‌کند که در هر مقطع زمانی t ، میزان فروش نتیجه انباشت فعالیت‌های تبلیغاتی در رسانه‌های مختلف است؛ فعالیت‌هایی که هر یک می‌توانند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر یکی از مراحل قیف فروش—از آگاهی تا اقدام به خرید—اثر بگذارند. بر این اساس، رابطه میان تبلیغات و فروش در قالب تجزیه بر حسب رسانه و مرحله تحلیل می‌شود. این رویکرد امکان شناسایی و الگوسازی دقیق‌تر اثرات غیرخطی و با تأخیر را فراهم می‌سازد؛ مشابه آنچه در مطالعات نیک و رامن (Naik & Raman, 2003)، جین و همکاران (Jin et al., 2017) و سینها و همکاران (Sinha et al., 2022) نیز گزارش شده است. برای مثال، یک تبلیغ تلویزیونی ممکن است ابتدا آگاهی ایجاد کند و تنها پس از چند هفته منجر به اقدام خرید گردد. همچنین، الگو اثر اشباع تبلیغاتی را پیش‌بینی می‌کند؛ به‌طوری‌که افزایش بیش از اندازه تبلیغات می‌تواند به کاهش بازده نهایی بینجامد (Tellis, 2004; Vakratsas & Ambler, 1999).

در مجموع، چنین الگوسازی چندمرحله‌ای و چندرسانه‌ای بستری تحلیلی فراهم می‌سازد تا رابطه پیچیده میان تبلیغات و فروش با دقت بیشتری بررسی شود و مدیران بازاریابی بتوانند بودجه تبلیغاتی خود را به‌صورت هدفمندتر و بهینه‌تری تخصیص دهند و راهبردهای مؤثرتری برای کمپین‌های تبلیغاتی خود تدوین کنند. فروش در زمان t در قالب ترکیب اثرات رسانه‌ها در مراحل مختلف قیف فروش، به‌صورت زیر الگوسازی می‌شود:

$$Y_t = \mu + \sum_{i=1}^K \left[\sum_{j=1}^M \alpha_{i,j} s_j \times [f_i(X_{i,t}; \theta_i)] \right] + \gamma_t X^T + \epsilon_t \quad (1)$$

که در آن، Y_t مقدار فروش محصولات لبنی در دوره زمانی t مثلاً روزانه یا هفتگی، X_{it} مقدار هزینه یا شدت تبلیغات در رسانه i ($1, 2, \dots, K$) در زمان t ، K تعداد رسانه‌های تبلیغاتی مورد بررسی (مانند تلویزیون، رادیو، فضای مجازی و ...)، M تعداد مراحل قیف فروش (مثلاً ۴ مرحله: آگاهی، علاقه، تمایل، اقدام)، μ فروش پایه^۱ بدون اثر تبلیغات، $f_i(X_{i,t}; \theta_i)$ تابع شکل اثر تبلیغات رسانه i با پارامترهای θ_i ، $\alpha_{i,j}$ وزن اثر رسانه i در مرحله j از قیف فروش، s_j سهم مرحله j در تصمیم‌گیری نهایی (مانند وزن مراحل آگاهی، علاقه و ...) به گونه‌ای که $\sum_{j=1}^M s_j = 1$ ، ϵ_t خطای تصادفی در فروش در زمان t ، با توزیع $\epsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ ، $\sum_{j=1}^M \alpha_{i,j} s_j$ وزن کلی اثر رسانه i پس از تجمیع در مراحل قیف فروش است. این بخش نمایانگر اهمیت نسبی هر رسانه در هر مرحله و سهم هر مرحله در تصمیم‌گیری است و $f_i(X_{i,t}; \theta_i)$ تابعی است که شکل اثر غیرخطی، تاخیر و اشباع تبلیغات رسانه i را الگو می‌کند X^T بردار متغیرهای کنترلی در زمان t که شامل، متغیر مجازی تعطیلات رسمی، قیمت هفتگی شیر خام، فصل (بهار، تابستان، ...)، شدت تبلیغات رقبا است. γ بردار ضرایب اثر متغیرهای کنترلی می‌باشد.

اثر تبلیغات در هر رسانه i معمولاً با توابع غیرخطی الگوسازی می‌شود تا رفتار واقعی مصرف‌کننده را دقیق‌تر منعکس کند. این «توابع شکل اثر تبلیغات» ویژگی‌هایی مانند اشباع تبلیغاتی را نمایش می‌دهند؛ یعنی پس از سطحی معین، افزایش هزینه یا شدت تبلیغ، تأثیر کمتری بر فروش دارد. همچنین، این توابع می‌توانند تفاوت در سرعت اثرگذاری تبلیغات را—اعم از فوری یا تدریجی— نشان دهند. استفاده از آنها در الگو، دقت تحلیل را افزایش داده و در الگوهای چندرسانه‌ای و چندمرحله‌ای مانند قیف فروش، نقشی حیاتی دارد. لازم به ذکر است برای رسانه‌هایی با بازده نزولی، از تابع نمایی کاهش‌یابنده بصورت $f_j(a_{jt}) = 1 - e^{-a_j \lambda_j t}$ استفاده می‌شود که در آن $\lambda_j > 0$ نرخ کاهشی رسانه است. برای رسانه دیجیتال، از تابع اثر لگاریتمی استفاده می‌شود که با شواهد تجربی هم‌خوانی بیشتری داشت (Charan, 2022).

تابع مایکل-منتن یک الگو ریاضی غیرخطی است که به‌طور گسترده در زمینه‌های مختلف علمی از جمله اقتصاد برای توصیف روابط اشباعی به کار می‌رود. این تابع نشان می‌دهد که اثر یک ورودی (مانند هزینه تبلیغات) بر خروجی (مثلاً فروش یا پاسخ مصرف‌کننده) با افزایش ورودی ابتدا به سرعت رشد می‌کند، اما پس از رسیدن به سطح مشخصی، نرخ افزایش اثر کاهش می‌یابد و خروجی به سمت یک حد نهایی یا اشباع می‌رود. به عبارت دیگر، افزایش بیش از حد ورودی، منجر به افزایش نامحدود خروجی نمی‌شود و تابع مایکل-منتن این محدودیت را الگوسازی می‌کند (Segel, 2003).

فیدر و هاردی (Fader & Hardie, 2009) کاربردهای الگو مایکل-متن در اقتصاد و بازاریابی ارائه کرده است. این تابع برای اثر اشباع تبلیغات بصورت زیر است:

$$f_i(X_{i,t}; a_i, b_i) = \frac{X_{i,t}a_i}{X_{i,t} + b_i} \quad (2)$$

که در آن، $f_i(\cdot)$ تابع شکل اثر تبلیغات، a_i حداکثر شدت اثر تبلیغات در رسانه i ، b_i پارامتر اشباع که نشان‌دهنده نقطه‌ای است که افزایش هزینه تبلیغات اثر آن کاهش می‌یابد.

اثرات تأخیری و تجمعی تبلیغات، از مهم‌ترین عوامل در الگوسازی تأثیرات بازاریابی‌اند، زیرا تبلیغات فراتر از زمان اجرا، در دوره‌های بعدی نیز بر فروش و رفتار مصرف‌کننده اثر می‌گذارد. برای نمایش این پویایی زمانی، از توابع وزنی (به‌ویژه توابع نمایی^۱) استفاده می‌شود که وزن بیشتری به تبلیغات جدید داده و اثر تبلیغات گذشته را به تدریج کاهش می‌دهند، بدون آن‌که به کلی حذف شوند (Hanssens et al., 2001; Yang et al., 2020). این روش، ضمن انعطاف‌پذیری بالا، امکان شناسایی دقیق تغییرات اثرگذاری تبلیغات را در طول زمان فراهم می‌کند. در چارچوب استنباط بیزی نیز کاربرد این توابع توصیه شده، زیرا در ترکیب اطلاعات پیشین و داده‌های جاری، ابزار مؤثری برای تحلیل پویای اثر تبلیغات محسوب می‌شوند (Dekimpe & Hanssens, 1995). در این راستا، تابع اثر تجمعی نمایی یا الگوی اداستوک به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$f_i(X_{i,t}; a_i, \lambda_i) = a_i \sum_{\tau=0}^L \lambda_i^\tau X_{i,t-\tau} \quad (3)$$

که در آن، $\lambda_i \in (0,1)$ ضریب کاهش اثر تبلیغات در هر دوره زمانی، L طول پنجره زمانی در نظر گرفته شده برای اثرگذاری تبلیغات (مثلاً تعداد هفته‌ها یا روزها) و $X_{i,t-\tau}$ هزینه تبلیغات در رسانه i در زمان $t - \tau$ است. این تابع نشان می‌دهد که تبلیغات گذشته همچنان اثر خود را تا مدتی در زمان‌های بعد حفظ می‌کند، اما این اثر به صورت نمایی کاهش می‌یابد.

از سوی دیگر، در تحلیل دقیق‌تری از فرآیند تصمیم‌گیری مصرف‌کننده، استفاده از الگوی قیف فروش بسیار سودمند است. الگوی قیف فروش چارچوبی است که مراحل مختلف تصمیم‌گیری و خرید

1. exponential decay functions

مصرف کننده را به صورت سلسله مراتبی و تدریجی توصیف می کند. این مراحل معمولاً شامل آگاهی، علاقه، تمایل و اقدام به خرید است. در بازاریابی چند رسانه ای، اثر تبلیغات هر رسانه i بر فروش نهایی، ترکیبی از تأثیرات آن رسانه در هر یک از این مراحل است که با وزن هایی متناسب با اهمیت هر مرحله ترکیب می شوند. رابطه کلی اثر رسانه i در قیف فروش به صورت مجموع وزنی مراحل مختلف بیان می شود:

$$E_i = \omega_1 A_i + \omega_2 I_i + \omega_3 D_i + \omega_4 AC_i \quad (4)$$

که در آن، E_i اثر کلی رسانه i بر فروش A_i ، I_i ، D_i و AC_i اثر رسانه i در مراحل آگاهی، علاقه، تمایل و اقدام و $\omega_{1.2.3.4}$ وزن های مربوط به هر مرحله که نشان دهنده اهمیت نسبی آن مرحله در تبدیل مصرف کننده به خریدار است (Naik & Raman, 2003). این الگو امکان بررسی دقیق تر و جزئی تر اثر تبلیغات در هر رسانه را فراهم می آورد و به مدیران بازاریابی کمک می کند تا تخصیص بودجه تبلیغاتی را به گونه ای بهینه کنند که بیشترین تأثیر در مراحل حساس قیف فروش داشته باشد. برای هر رسانه i ، اثر کلی در قیف فروش به صورت مجموع وزنی مراحل مختلف است:

$$\omega_i = \sum_{j=1}^M \alpha_{i,j} S_j \quad (5)$$

که در آن، $\alpha_{i,j}$ نشان دهنده وزن اثر رسانه i در مرحله j است و بیانگر این است که هر رسانه در کدام مرحله از تصمیم گیری مصرف کننده بیشتر اثرگذار است، S_j سهم مرحله j است که نشان می دهد هر مرحله چقدر در تصمیم نهایی خرید اهمیت دارد. شرایط قید شده $\sum_{j=1}^M S_j = 1$ و $\alpha_{i,j} \geq 0$ نیز وجود دارد.

روش های آماری و تخمین پارامترها: در الگوسازی های پیشرفته اقتصادی و بازاریابی، مانند تحلیل اثر تبلیغات بر فروش، پارامترهایی چون μ ، a_i ، b_i ، $\alpha_{i,j}$ و σ^2 معمولاً ناشناخته اند و به دلیل نویز داده ها و رفتار غیرقطعی مصرف کنندگان، تخمین دقیق آنها دشوار است. در این شرایط، چارچوب بیزی روشی قدرتمند برای الگوسازی عدم قطعیت و به روزرسانی دانش بر اساس داده های مشاهده شده فراهم می سازد. برخلاف روش های کلاسیک که تنها بر تخمین نقطه ای تمرکز دارند، استنباط بیزی، توزیع

پسین پارامترها را از طریق قاعده بیز به دست می‌دهد و عدم قطعیت را به صورت صریح الگوسازی می‌کند. این رویکرد با استفاده از دانش پیشین، انعطاف بالا و عملکرد بهتر در شرایط داده‌های محدود، برای تحلیل تبلیغات در صنایع پرنوسانی مانند لبنیات بسیار کارآمد است (Gelman et al., 2013; Rossi et al., 2024). از آنجایی که پارامترهای الگو (مانند $\mu, a_i, b_i, \alpha_{i,j}$ و σ^2) ناشناخته بوده و همراه با عدم قطعیت هستند، تخمین پارامترها در چارچوب استنباط بیزی انجام می‌شود. هدف اصلی، یافتن توزیع پسین پارامترها است:

$$p(\theta|Y|X) = \frac{p(Y|X, \theta) p(\theta)}{p(Y|X)} \quad (6)$$

که در آن، $p(\theta|Y|X)$ توزیع پسین پارامترها، $\theta = \{\mu, a_i, b_i, \alpha_{i,j}, \sigma^2\}$ ، مجموعه پارامترهای الگو، $p(Y|X, \theta)$ تابع درست‌نمایی^۱ داده‌ها با توجه به الگو، $p(\theta)$ توزیع پیشین پارامترها (بیانگر اطلاعات قبلی در مورد پارامترها) و $p(Y|X)$ احتمال حاشیه‌ای داده‌ها (معمولاً به عنوان ثابت نرمالیزاسیون در نظر گرفته می‌شود) می‌باشد.

در مطالعه حاضر، متغیر وابسته Y_{it} مقدار فروش هفتگی ویزند i در زمان t است. متغیرهای مستقل شامل مخارج تبلیغاتی هر رسانه (تلویزیون، دیجیتال، رادیو) در همان هفته و با وقفه‌های زمانی مشخص‌اند. اثر اشباع تبلیغات برای هر رسانه از طریق تابع مایکل-منتن الگوسازی شد:

$$f_i(X_{i,t}; a_i, b_i) = \frac{X_{i,t} a_i}{X_{i,t} + b_i} \quad Y_{ti} = \mu + \sum_{j=1}^M \left[\frac{X_{j,t} a_j}{1 + X_j b_j} \right] + \epsilon_{it} \quad (7)$$

که در آن، $X_{j,t}$ هزینه تبلیغات رسانه j در هفته t ، a_j و b_j پارامترهای شدت و سرعت اشباع، و ϵ_{it} جمله اخلال با توزیع نرمال با واریانس σ^2 است. همچنین ضرایب انتقالی $\alpha_{i,j}$ نقش هر رسانه j در مراحل مختلف قیف فروش (آگاهی، علاقه، تمایل، اقدام) را مشخص می‌کنند.

تابع درست‌نمایی در آمار و الگوسازی بیزی، پایه‌ای‌ترین ابزار برای ارزیابی این است که چگونه داده‌های مشاهده‌شده با پارامترهای مفروض الگو مطابقت دارند. به بیان ساده، تابع درست‌نمایی احتمال مشاهده داده‌ها را به شرط دانستن مقدار پارامترهای الگو نشان می‌دهد. در چارچوب تحلیل اثر تبلیغات

1. likelihood

تحلیل بیزی بازده تبلیغات در.....

بر فروش (مثلاً در صنعت لبنیات)، تابع درست‌نمایی نقش حیاتی در به‌روزرسانی باورها نسبت به پارامترهای ناشناخته ایفا می‌کند. با فرض نرمال بودن خطاهای الگو، $\epsilon_t = Y_t - \hat{Y}_t \sim N(0, \sigma^2)$ تابع درست‌نمایی به صورت زیر است:

$$p(\theta|Y|X) = \prod_{t=1}^T \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp - \left(\frac{(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{2\sigma^2} \right) \quad (8)$$

که در آن، \hat{Y}_t پیش‌بینی الگو در زمان t بر اساس معادله فروش است. انتخاب توزیع‌های پیشین یکی از بخش‌های کلیدی الگوی بیزی است. این توزیع‌ها بر اساس دانش قبلی و تحلیل حساسیت تنظیم می‌شوند؛ یعنی:

- $\mu \sim N(\mu_0, \sigma_0^2)$ توزیع پیشین نرمال برای فروش پایه
- $a_i \sim \text{Gamma}(\alpha_a, \beta_a)$ توزیع پیشین گاما برای شدت اثر تبلیغات
- $b_i \sim \text{Gamma}(\alpha_b, \beta_b)$ توزیع پیشین گاما برای پارامتر اشباع
- $\alpha_{ij} \sim N^+(m_a, v_a)$ توزیع پیشین نرمال مثبت برای وزن اثر رسانه در هر مرحله
- $\sigma^2 \sim \text{Inverse - Gamma}(\alpha_\sigma, \beta_\sigma)$ توزیع پیشین اینورس گاما برای واریانس خطا

توزیع‌های پیشین برای پارامترهای الگو با تکیه بر ادبیات مرتبط و ملاحظات تجربی تعیین شده‌اند. برای فروش پایه (α) از پیشین نرمال با میانگین ۱۰۰۰۰ و انحراف معیار ۵۰۰۰ استفاده می‌شود که بیانگر فروش متوسط هفتگی بدون تبلیغ بر پایه داده‌های قبلی است. برای شدت اثر تبلیغات هر رسانه (β) از توزیع پیشین گاما با پارامترهای (۲,۱) استفاده می‌شود تا همواره مثبت و مقیاس‌پذیر باشد. مطابق فیدر و هاردی (Fader & Hardie, 2009) برای پارامتر اشباع تبلیغاتی (θ) از توزیع گاما (۳, ۰/۵) استفاده می‌شود تا مقادیر کوچک‌تر با احتمال بیشتر لحاظ شوند. بر اساس فرض بازده نزولی سریع، برای وزن‌های قیف فروش (w_{ij}) و سهم مراحل (A_{ij}) از توزیع نرمال بریده‌شده با دامنه مثبت با میانگین ۰/۲۵ و انحراف معیار ۰/۱ استفاده می‌شود، زیرا این وزن‌ها بین ۰ تا ۱ تعریف شده‌اند و مجموع آنها در هر مرحله برابر ۱ در نظر گرفته می‌شود (نرمال‌شده) و برای واریانس خطا (σ^2) از توزیع اینورس-گاما با پارامترهای (۲,۲) استفاده می‌شود. افزون بر این، برای ارزیابی استحکام نتایج، تحلیل حساسیت روی ساختارهای جایگزین مانند توزیع گاما (۱,۱) و نرمال با انحراف معیار بیشتر نیز انجام می‌شود. نتایج نشان دادند که نتایج اصلی مدل نسبت به تغییرات ملایم در توزیع‌های پیشین پایدار باقی مانده‌اند.

فرآیند برآورد مدل به صورت گام به گام به شرح زیر انجام شد:

- ۱- داده‌های فروش هفتگی و مخارج تبلیغاتی رسانه‌ها در قالب ماتریس X و بردار Y آماده‌سازی شدند.
- ۲- توزیع‌های پیشین برای مجموعه پارامترها Θ تعریف شد.
- ۳- تابع درست‌نمایی $p(Y|X, \Theta)$ مطابق رابطه (۶) مشخص شد.
- ۴- با توجه به عدم امکان محاسبه تحلیلی توزیع پسین، از روش‌های عددی مبتنی بر زنجیره مارکوف^۱ استفاده شده است.
- ۵- برای هر پارامتر، سه زنجیره مستقل با شش هزار گام (پس از حذف هزار گام ابتدایی^۲، هر زنجیره شامل پنج هزار نمونه) اجرا شدند.
- ۶- نمونه‌گیری به صورت ترکیبی از الگوریتم متروپلیس- هاستینگز^۳ و نمونه‌گیری گیبس^۴ هستند (Chib & Greenberg, 1995).
- ۷- شاخص همگرایی R-hat برای پارامترهای اصلی α ، β ، θ و λ بین ۱/۰۰ تا ۱/۰۲ قرار گرفت.
- ۸- نمودارهای مسیر و خودهمبستگی بررسی شدند تا از همگرایی و استقلال نسبی نمونه‌ها اطمینان حاصل شود.

این مراحل عملیاتی نشان می‌دهند که مدل نه تنها به صورت توصیفی بلکه به طور گام به گام و با استفاده از رویه‌های استاندارد بیزی برآورد شده است.

پس از تخمین الگو، صحت و کیفیت آن در چارچوب بیزی با روش‌هایی مانند اعتبارسنجی پیش‌بینی ارزیابی می‌شود. در این روش، پیش‌بینی‌های الگو با داده‌های واقعی در مجموعه‌ای مستقل مقایسه شده تا توان تعمیم آن سنجیده شود (Gelman et al., 2013). برای مقایسه الگوهای رقیب و جلوگیری از بیش‌برازش، معیارهای $WAIC^5$ و $LOO-CV^6$ به کار می‌روند. $WAIC$ با تنظیم میانگین لگاریتم درست‌نمایی بر حسب پیچیدگی الگو، نسخه بیزی شده AIC است (Vehtari et al., 2017; Gabry et al., 2019). $LOO-CV$ نیز با حذف تک‌نوبتی داده‌ها، دقت بالاتری در ارزیابی پیش‌بینی‌پذیری دارد، اگرچه هزینه محاسباتی بالاتری دارد. همچنین، تحلیل حساسیت برای بررسی

1. Markov Chain Monte Carlo (MCMC)
2. burn-in
3. Metropolis-Hastings
4. Gibbs sampling
5. Widely Applicable Information Criterion
6. Leave-One-Out Cross-Validation

پایداری نتایج نسبت به تغییرات در توزیع‌های پیشین، نقش مهمی در افزایش اعتماد به نتایج الگو ایفا می‌کند (Rossi et al., 2024).

به‌طور خلاصه، این مطالعه با تکیه بر چارچوب بیزی و بهره‌گیری از تکنیک‌های تحلیلی پیشرفته، امکان ارزیابی دقیق‌تری از تأثیر تبلیغات بر فروش محصولات لبنی فراهم کرده است. این چارچوب با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های موجود در داده‌ها، قابلیت پیش‌بینی مناسبی در اختیار می‌گذارد که می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی نقش مؤثری ایفا کند. یافته‌های حاصل از این رویکرد، مسیر روشنی برای بهینه‌سازی راهبردهای تبلیغاتی ترسیم می‌کند و می‌تواند به‌عنوان مرجعی علمی و کاربردی در اختیار شرکت‌های فعال در صنعت لبنیات قرار گیرد.

داده‌ها و منابع اطلاعاتی: داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل ۱۴۴ مشاهده هفتگی از فروش شش ویژند مختلف محصولات لبنی (شیر، ماست، پنیر) در بازار ایران (پگاه، کاله، می‌ماس، دامداران، صباح، رامک) طی بازه زمانی تیر تا آذر ۱۴۰۳ است. برای هر ویژند، ۲۴ مشاهده متوالی (به‌صورت هفتگی) ثبت شده است. انتخاب این شرکت‌ها بر پایه معیارهایی چون حجم بالای تولید، سهم قابل‌توجه بازار، تنوع سیاست‌های تبلیغاتی و دسترسی به داده‌های منسجم انجام شد. انتخاب متغیرهای پژوهش بر مبنای ادبیات بازاریابی و مدل‌های ترکیب رسانه‌ای صورت گرفته است. متغیر وابسته، میزان فروش هفتگی هر ویژند است که در بیشتر مطالعات مشابه به‌عنوان شاخص نهایی عملکرد بازاریابی در نظر گرفته می‌شود (Hanssens et al., 2001; Lilien, 1994; Chen et al., 2021). متغیرهای مستقل اصلی شامل هزینه تبلیغات به تفکیک رسانه‌های تلویزیون، دیجیتال و رادیو هستند. مطابق با ادبیات تبلیغات، این رسانه‌ها اثرات متفاوتی بر مراحل قیف فروش دارند: تلویزیون بر آگاهی (Tellis, 2004)، رسانه‌های دیجیتال بر علاقه و اقدام (Stephen, 2016) و رادیو بر یادآوری و تحریک کوتاه‌مدت خرید (Vakratsas & Ambler, 1999). برای کنترل عوامل برون‌زا، چهار متغیر کنترلی لحاظ شدند: (۱) متغیر مجازی تعطیلات رسمی که با تغییر الگوی خرید خانوارها مرتبط است (Seetharaman & Chintagunta, 2003)، (۲) قیمت هفتگی شیر خام به‌عنوان نهاد اصلی تولید که بر هزینه و قیمت فروش لبنیات اثر می‌گذارد، (۳) فصل‌های سال به‌صورت متغیرهای طبقه‌ای که تقاضای لبنیات را تحت تأثیر قرار می‌دهد (مانند افزایش مصرف در تابستان)، و (۴) شدت تبلیغات رقبا

۱- البته، در مطالعه حاضر، متغیر فصلی به‌صورت دو گروه تعریف شده است: بهار- تابستان و پاییز- زمستان. این تجمیع برای پرهیز از هم‌خطی و بهبود برازش مدل صورت گرفته است.

که طبق نظریه فشار رقابتی، می‌تواند اثربخشی تبلیغات ویزند را تعدیل کند (Danaher & Dagger, 2013). کلیه متغیرهای عددی پیش از ورود به الگو با استانداردسازی z-score نرمال شدند تا اثر تفاوت مقیاس‌ها حذف شود. این چارچوب متغیرها نه تنها مبتنی بر داده‌های موجود، بلکه بر اساس مبانی نظری و شواهد تجربی انتخاب شده است.

نتایج و بحث

برای بررسی الگوی تجربی و سنجش اثرگذاری رسانه‌ها، ابتدا داده‌های هفتگی شش ویزند لبنی فعال در بازار ایران گردآوری و متغیرهای اصلی مورد استفاده در مدل توصیف می‌شود. این متغیرها شامل فروش هفتگی، هزینه تبلیغات در رسانه‌های مختلف (تلویزیون، دیجیتال و رادیو)، قیمت شیر خام به‌عنوان نهاده اصلی، شدت تبلیغات رقبا، متغیرهای فصلی و اثر تعطیلات رسمی بوده‌اند. جدول ۱ آمار خام و توصیفی این متغیرها را برای ویزندهای مختلف^۱ نشان می‌دهد.

۱- پنج ویزند (برند) اصلی بازار لبنیات ایران در مطالعه حاضر عبارت‌اند از پگاه، کاله، می‌ماس، دامداران، صباح و رامک. به‌منظور رعایت محرمانگی اطلاعات هزینه تبلیغات و داده‌های داخلی این شرکت‌ها، در بخش یافته‌ها، از آنها با عنوان «ویزندهای A تا F» و بدون ذکر ترتیب نام برده شده است. ذکر نام این ویزندها صرفاً برای شفافیت علمی و بیان چارچوب روش‌شناسی بوده است و هیچ‌گونه هدف تبلیغاتی یا ترویجی ندارد. مطابق اصول اخلاق پژوهش و قوانین انتشار علمی، نویسندگان هیچ‌گونه منفعت مالی یا سازمانی از این ویزندها نداشته و تضاد منافع (conflict of interest) در این زمینه وجود ندارد.

تحلیل بیزی بازده تبلیغات در.....

جدول ۱. آمار توصیفی داده‌های مورد استفاده در مدل (شش ویژگی لینی ایران)

متغیر	ویژند A	ویژند B	ویژند C	ویژند D	ویژند E	ویژند F
فروش هفتگی (تن)	۲۵۰ (±۳۵)	۱۹۰ (±۲۸)	۲۲۰ (±۳۰)	۱۶۰ (±۲۲)	۱۴۰ (±۲۰)	۱۱۰ (±۱۸)
هزینه تبلیغات تلویزیون (میلیون ریال)	۱۳۰ (±۲۰)	۱۱۰ (±۱۸)	۹۰ (±۱۵)	۷۰ (±۱۲)	۶۰ (±۱۰)	۴۵ (±۸)
هزینه تبلیغات دیجیتال (میلیون ریال)	۹۵ (±۱۵)	۸۵ (±۱۴)	۷۵ (±۱۲)	۶۵ (±۱۰)	۵۵ (±۹)	۴۰ (±۷)
هزینه تبلیغات رادیو (میلیون ریال)	۳۵ (±۶)	۳۲ (±۵)	۲۸ (±۴)	۲۵ (±۴)	۲۲ (±۳)	۱۸ (±۳)
قیمت شیر خام (ریال/لیتر)	۱۸۵۰۰ (±۶۰۰)	۱۸۵۰۰ (±۶۰۰)	۱۸۵۰۰ (±۶۰۰)	۱۸۵۰۰ (±۶۰۰)	۱۸۵۰۰ (±۶۰۰)	۱۸۵۰۰ (±۶۰۰)
تبلیغات رقبا (شاخص نرمال شده)*	۰/۴۸ (±۰/۱۰)	۰/۵۰ (±۰/۱۲)	۰/۴۶ (±۰/۱۱)	۰/۴۴ (±۰/۰۹)	۰/۴۲ (±۰/۰۸)	۰/۴۰ (±۰/۰۷)
متغیر فصل						
متغیر تعطیلات						
رسمی						

(بهار/تابستان=۱، پاییز/زمستان=۰)

(۱=تعطیلات، ۰=غیرتعطیلات)

*شاخص تبلیغات رقبا از طریق تجمیع هزینه‌های هفتگی تبلیغات سایر ویژگی‌ها و نرمال‌سازی آن با روش Z-Score محاسبه شده است؛ به این معنی که هر مقدار بر اساس فاصله از میانگین و انحراف معیار کل دوره استاندارد شده و به صورت یک شاخص بدون بعد به مدل وارد شده است. این کار امکان مقایسه‌پذیری شدت تبلیغات رقبا در هفته‌های مختلف را فراهم می‌سازد.
 مأخذ: یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که جدول (۱) نشان می‌دهد، بین ویژگی‌ها تفاوت قابل توجهی در میزان فروش و سطح بودجه تبلیغاتی وجود دارد؛ به طوری که ویژگی‌های بزرگ‌تر سهم بیشتری از تبلیغات تلویزیونی دارند، در حالی که ویژگی‌های کوچک‌تر سهم بالاتری از تبلیغات دیجیتال به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، شاخص تبلیغات رقبا و متغیرهای فصلی بیانگر آن است که شدت رقابت و تغییرات فصلی نقش مهمی در الگوی مصرف دارند. این تفاوت‌ها مبنای تحلیل سناریوها و برآورد ترکیب بهینه رسانه‌ای در ادامه پژوهش قرار گرفته‌اند.

در این پژوهش، رویکرد تحقیق با هدف تحلیل دقیق و ریاضیاتی اثر تبلیغات رسانه‌ای بر فروش محصولات لبنی، بر پایه چارچوبی بیزی طراحی شده است. این چارچوب امکان لحاظ کردن ویژگی‌های غیرخطی، تجمعی و چندمرحله‌ای تبلیغات را فراهم می‌کند و با تکیه بر داده‌های تجربی، ابزاری تحلیلی و پیش‌بینانه برای تصمیم‌سازی در اختیار قرار می‌دهد. پیاده‌سازی الگوها در محیط برنامه‌نویسی R و از طریق الگوریتم‌های نمونه‌گیری بیزی، از جمله گیبس و متروپولیس - هاستینگز انجام شده است. برای تخمین توزیع‌های پسین، سه زنجیره مارکوف مستقل، هر کدام با پنج‌هزار نمونه (پس از کنارگذاری هزار نمونه ابتدایی به‌عنوان گام ابتدایی)، اجرا شده‌اند. شاخص همگرایی $R-hat$ و نمودارهای مسیر برای ارزیابی همگرایی زنجیره‌ها و اعتبار ساختار الگو مورد استفاده قرار گرفته‌اند. پارامترهای کلیدی الگو، از نمونه‌های حاصل از زنجیره‌های همگرا استخراج شده‌اند و خلاصه آماری آنها (شامل میانگین پسین و بازه اطمینان ۹۵ درصد) در جدول ۲ آمده است. شایان ذکر است که اثر تبلیغات رادیویی نیز در نسخه اولیه الگو لحاظ شد، اما به دلیل آنکه بازه اطمینان ۹۵ درصدی ضریب آن شامل صفر بود و از نظر آماری معنی‌دار تشخیص داده نشد، نتایج آن در جدول نهایی گزارش نشده‌اند.

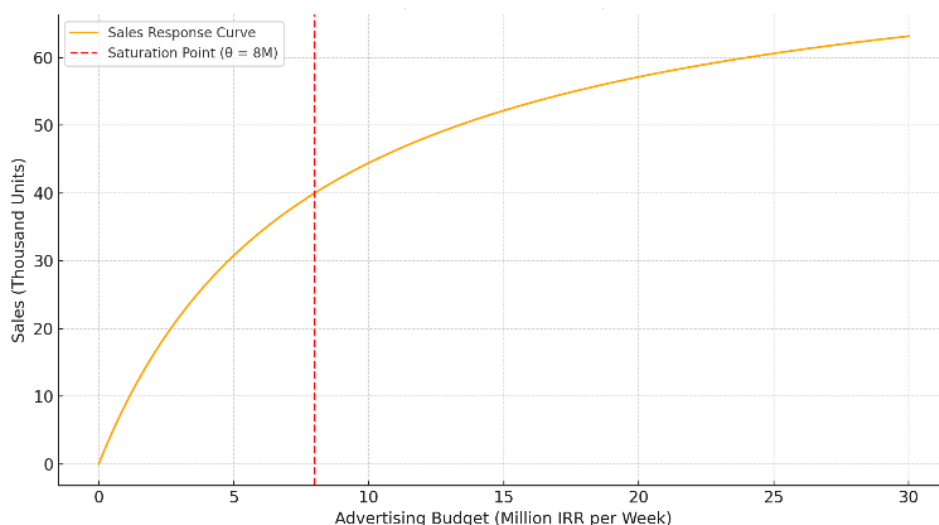
جدول ۲- برآورد پارامترهای کلیدی الگو

پارامتر	مقدار میانگین پسین	انحراف معیار	بازه اطمینان ۹۵٪	تفسیر
فروش پایه (α)	۱۲۳۰۰ واحد/هفته	۱۲۵۰	(۱۰۰۵۰-۱۴۵۰۰)	فروش بدون تبلیغ
اثر تبلیغات تلویزیونی (β ₁)	۰/۴۸	۰/۰۷	(۰/۳۴-۰/۶۱)	بیشترین تأثیر در مرحله آگاهی
اثر تبلیغات دیجیتال (β ₂)	۰/۳۵	۰/۰۶	(۰/۲۳-۰/۴۷)	مؤثر در تمایل و اقدام
پارامتر اشباع (θ)	۷/۹	۱/۲	(۶/۱-۱۰/۳)	نقطه افت بازده تبلیغاتی
ضریب تأخیر (λ)	۰/۸۲	۰/۰۵	(۰/۷۳-۰/۹۱)	ماندگاری نسبی اثر تبلیغ
واریانس خطای فروش (σ ²)	۱/۹۵	۰/۴۱	(۱/۲۳-۲/۶۷)	نوسانات الگو
اثر تعطیلات رسمی (γ ₁)	-۰/۱۲	۰/۰۳	(-۰/۱۸-۰/۰۶)	کاهش فروش در تعطیلات
اثر قیمت شیر خام (γ ₂)	-۰/۲۷	۰/۰۹	(-۰/۴۴-۰/۱۱)	اثر منفی افزایش قیمت
اثر فصل (γ ₃)	۰/۰۸	۰/۰۲	(۰/۰۳-۰/۱۲)	افزایش فروش بهار و تابستان
اثر تبلیغات رقبا (γ ₄)	-۰/۱۹	۰/۰۶	(-۰/۳۰-۰/۰۷)	رقبا فروش را کاهش می‌دهند

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر پایه نتایج جدول ۲، الگوی ارائه شده که با بهره‌گیری از روش نمونه‌گیری گیس طراحی شده است، نشان می‌دهد که تبلیغات تلویزیونی و دیجیتال نقش‌هایی متفاوت در مسیر فروش ایفا می‌کنند. ضریب تأثیر تبلیغات تلویزیونی (۰/۴۸) بیانگر تأثیر قابل توجه آن در مرحله آگاهی است، در حالی که ضریب تبلیغات دیجیتال (۰/۳۵) بیشتر به مراحل نهایی قیف فروش، یعنی تمایل و اقدام به خرید، مربوط می‌شود. این تفاوت عملکرد رسانه‌ها با نتایج مطالعات نیک و رامان (Naik & Raman, 2003) و همچنین گوس و یانگ (Ghose & Yang, 2009) مطابقت دارد. علاوه بر این، مقدار بالای پارامتر اشباع (۰/۷۹) نشان‌دهنده وجود بازده نزولی پس از گذر از سطح مشخصی از تبلیغات است، در حالی که ضریب مربوط به تأخیر زمانی (۰/۸۲) بر ماندگاری اثر تبلیغاتی در طول زمان دلالت دارد. ضرایب متغیرهای کنترلی نظیر قیمت شیر خام، تعطیلات رسمی و شدت تبلیغات رقبا نیز از نظر آماری معنادار و از لحاظ اقتصادی قابل تبیین هستند. این نتایج نشان می‌دهد که الگوی طراحی شده، بازتاب دقیقی از پویایی اثر تبلیغات بر فروش ارائه می‌دهد و می‌تواند به‌عنوان ابزار مؤثری برای سیاست‌گذاری تبلیغاتی به کار گرفته شود.

در بخش دیگر تحلیل، تابع مایکل-متن در قالب الگوی بیزی برای بررسی پدیده اشباع تبلیغاتی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش هزینه تبلیغات تنها تا یک سطح مشخص باعث رشد فروش می‌شود و پس از آن، بازده نهایی به‌گونه‌ای چشمگیر کاهش می‌یابد. این تابع، رابطه غیرخطی میان میزان سرمایه‌گذاری تبلیغاتی و فروش را الگوسازی می‌کند. در شکل ۱، این رابطه به‌وضوح به تصویر کشیده شده و روند کاهش بازده تبلیغات پس از عبور از نقطه اشباع نمایش داده شده است.

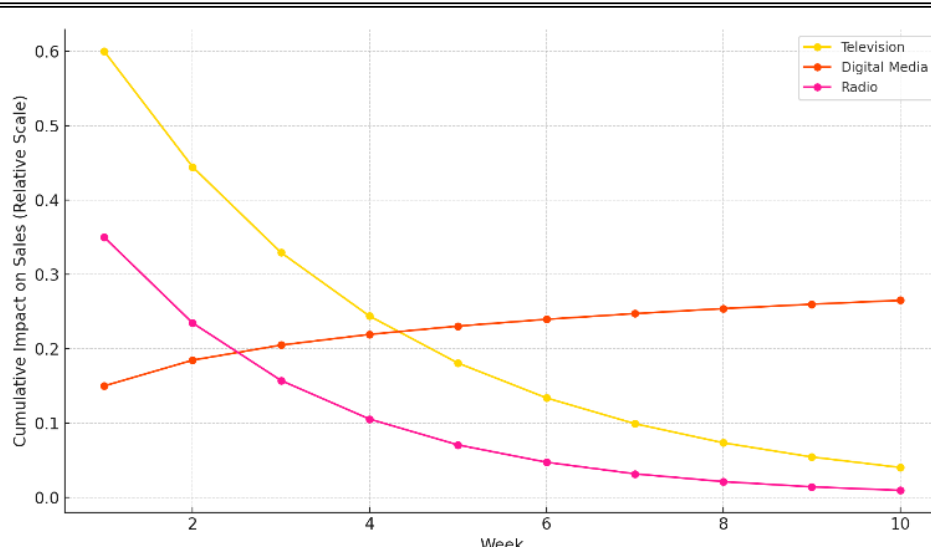


مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۱- رابطه بین هزینه تبلیغات و فروش (الگوی مایکل- منتن)

شکل ۱ نشان می‌دهد که نقطه اشباع تبلیغاتی در حدود ۸ میلیون تومان در هفته قرار دارد. پس از این سطح، افزایش بودجه تبلیغات تنها تأثیر اندکی بر رشد فروش دارد. این رفتار، مصداق روشن مفهوم بازده نزولی در سرمایه‌گذاری تبلیغاتی است و بر اهمیت بهینه‌سازی تخصیص منابع، به‌ویژه در شرایط محدودیت بودجه‌ای، تأکید می‌کند. نتایج این مطالعه با یافته‌های هانسنز و همکاران (Hanssens et al., 2001) و همچنین، فیدر و هاردی (Fader & Hardie, 2009) همسو است، پژوهش‌هایی که نشان داده‌اند در بازارهای اشباع‌شده، کارایی نهایی تبلیغات کاهش می‌یابد و استفاده از الگوهای غیرخطی نظیر تابع مایکل- منتن برای تحلیل چنین وضعیتی مناسب‌تر است. علاوه بر این، بررسی اثرات تجمعی و تأخیری تبلیغات در چارچوب الگوی بیزی و با استفاده از تابع وزنی نمایی، نشان می‌دهد که اثر هر واحد تبلیغاتی برای چند هفته در ذهن مصرف‌کننده باقی می‌ماند، گرچه این اثر به تدریج و به صورت نمایی کاهش می‌یابد. چنین رفتاری بازتابی از حافظه پویای بازار نسبت به پیام‌های تبلیغاتی است. شکل ۲ نیز روند کاهش تدریجی این اثرات را در رسانه‌های مختلف نشان می‌دهد و تفاوت میزان ماندگاری آنها را به وضوح آشکار می‌سازد.

تحلیل بیزی بازده تبلیغات در.....



مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۲- اثر تجمعی تبلیغات در رسانه‌های مختلف

شکل ۲ نمایانگر اثر تجمعی تبلیغات در طول زمان است که با استفاده از تابع وزنی نمایی الگوسازی شده است. این تابع به خوبی نشان می‌دهد که بازار، واکنش خود به تبلیغات را به صورت تدریجی و انباشته بروز می‌دهد. در این میان، تبلیغات تلویزیونی معمولاً خیلی زود اثر خود را آشکار می‌کنند (به‌ویژه در همان هفته نخست)، اما این اثر دوام چندانی ندارد و خیلی سریع به اشباع می‌رسد. در نقطه مقابل، تبلیغات دیجیتال با وجود آن که در ابتدا کندتر عمل می‌کنند، تأثیری پایدارتر و بلندمدت‌تر دارند و به‌ویژه در مراحل علاقه، تمایل و اقدام به خرید در قیف فروش، نقش کلیدی ایفا می‌کنند. تبلیغات رادیویی نیز بیشتر در مرحله آگاهی مصرف‌کننده مفید هستند، اما تأثیرشان محدود و کوتاه‌مدت است. این الگو با یافته‌های باکلین و گوپتا (Bucklin & Gupta, 1992) هم‌خوانی دارد؛ آنان نیز به این نتیجه رسیدند که رسانه‌های سنتی مانند تلویزیون، با وجود اثربخشی فوری، تأثیر کوتاه‌مدتی دارند، در حالی که رسانه‌های دیجیتال گرچه با تأخیر وارد عمل می‌شوند، اما ماندگاری بیشتری در ذهن مصرف‌کننده دارند.

تحلیل قیف فروش در چارچوب الگوی بیزی طراحی شده، امکان برآورد سهم نسبی هر مرحله از فرآیند تصمیم‌گیری مصرف‌کننده (از آگاهی تا اقدام خرید) را فراهم می‌سازد. این تحلیل به شرکت‌های لبنی کمک می‌کند تا نقاط حساس در فرآیند تبدیل مشتری را شناسایی کرده و تخصیص بودجه تبلیغاتی را متناسب با اهمیت هر مرحله بهینه‌سازی کنند. جدول ۳ به صورت تفکیکی سهم هر

یک از مراحل قیف فروش را نشان می‌دهد و تفاوت نقش رسانه‌ها را در مراحل مختلف این فرآیند به‌روشنی نمایان می‌سازد.

جدول ۳- سهم نسبی مراحل قیف فروش در فروش نهایی

مرحله قیف فروش	وزن اثر در فروش نهایی (درصد)	رسانه غالب مؤثر	تفسیر
آگاهی	۳۵	تلویزیون	برای ویژندهای جدید بسیار مهم
علاقه	۲۵	دیجیتال + رادیو	نیاز به پیام شفاف و آموزنده
تمایل	۲۰	دیجیتال	نیاز به محتوای متقاعدکننده
اقدام (خرید)	۲۰	دیجیتال	استفاده از CTA و تخفیف

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس جدول ۲، مرحله آگاهی با سهم ۳۵ درصدی بیشترین نقش را در آغاز فرآیند خرید ایفا می‌کند و رسانه‌هایی مانند تلویزیون در این مرحله بیشترین تأثیر را دارند. در مقابل، مراحل علاقه، تمایل و اقدام در مجموع ۶۵ درصد از اثر تبلیغات را تشکیل می‌دهند و برای تأثیرگذاری در این مراحل، استفاده از پیام‌های هدفمندتر و تعاملی‌تر ضروری است. تبلیغات دیجیتال، به‌ویژه با بهره‌گیری از عناصر متقاعدکننده مانند ارائه تخفیف یا فراخوان به اقدام^۱، در این مراحل عملکرد بهتری داشته‌اند. همچنین، رادیو با توجه به هزینه پایین و امکان تکرار بالا، در مرحله ایجاد علاقه جایگاه مناسبی دارد.

در ادامه، با بهره‌گیری از چارچوب بی‌زی و روش شبیه‌سازی مونت کارلو، مجموعه‌ای از سناریوهای ترکیب بودجه تبلیغاتی طراحی گردید که هدف آن، بررسی حساسیت فروش نسبت به جابجایی سهم رسانه‌ها تحت قیود واقعی بازار بود. طراحی این سناریوها بر مبنای دو اصل صورت گرفت: نخست، مبنای نظری بازده نزولی تبلیغات که در ادبیات بازاریابی بارها گزارش شده است (Hanssens et al., 2001; Lilien, 1994; Chen et al, 2021)؛ و دوم، شواهد تجربی صنعت لبنیات در ایران که نشان می‌دهد تبلیغات تلویزیونی به نقطه اشباع نزدیک است، در حالی که تبلیغات دیجیتال هنوز ظرفیت رشد بالاتری دارد. از این‌رو، در سناریوها، کل بودجه تبلیغات ثابت فرض شد اما سهم نسبی رسانه‌ها تغییر یافت تا امکان تحلیل کارایی نسبی آنها فراهم شود. نتایج نشان دادند که در سناریویی که سهم تلویزیون از بودجه از پنجاه به هفتاد درصد افزایش یافت، رشد فروش تنها هشت درصد بود؛ که دلیل آن، اشباع تبلیغاتی و کاهش بازده نهایی این رسانه است. در مقابل، افزایش سهم

1. Call to Action (CTA)

تبلیغات دیجیتال از سی به پنجاه درصد، رشد فروش را به چهارده درصد رساند؛ موضوعی که با مبنای نظری «اثر متأخر دیجیتال بر مراحل پایانی قیف فروش» سازگار است. در نهایت، ترکیب بودجه‌ای شامل ۴۵ درصد تلویزیون، چهل درصد دیجیتال و پانزده درصد رادیو، بالاترین اثرگذاری را داشت و منجر به افزایش هجده درصدی در فروش شد. این ترکیب بر اساس اصل هم‌افزایی رسانه‌ها انتخاب گردید و نشان داد که هماهنگی در تخصیص بودجه متناسب با نقش هر رسانه در مراحل مختلف قیف فروش، عامل کلیدی در افزایش اثربخشی تبلیغات است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که اثربخشی تبلیغات به نوع رسانه و مرحله‌ای از فرآیند تصمیم‌گیری مصرف‌کننده وابسته است. این نتیجه با یافته‌های مطالعات نیک و رامان (Naik & Raman, 2003) و گوس و یانگ (Ghose & Yang, 2009) مشابه است که تأکید دارند تبلیغات تلویزیونی نقشی مهم در ایجاد آگاهی دارند، اما به دلیل رسیدن سریع به نقطه اشباع، تأثیر آنها عمدتاً کوتاه‌مدت است؛ در مقابل، تبلیغات دیجیتال در مراحل علاقه، تمایل و اقدام به خرید، اثربخشی بیشتر و ماندگارتر از خود نشان داده‌اند که با نتایج جین و همکاران (Jin et al., 2017) و دیگر مطالعات مشابه همخوانی دارد.

علاوه بر این، تحلیل تابع مایکل-متن نشان داد که افزایش هزینه تبلیغات تا سطح هشت میلیون تومان در هفته، موجب رشد فروش می‌شود، اما فراتر از این آستانه، بازده نهایی به صورت قابل توجه کاهش می‌یابد که پدیده بازده نزولی را تأیید می‌کند. این نتیجه با یافته‌های هانسن و همکاران (Hanssens et al., 2001) و فیدر و هاردی (Fader & Hardie, 2009) همخوانی دارد. همچنین، یافته‌ها بر تأثیر تأخیری رسانه‌ها—به‌ویژه رسانه‌های دیجیتال—بر ماندگاری اثرات تبلیغاتی تأکید دارند، که این هم به‌طور مشابه در مطالعات قبلی دیده شده است.

بر اساس نتایج الگو، مرحله آگاهی حدود ۳۵ درصد از فروش نهایی را تبیین می‌کند، در حالی که مجموع مراحل علاقه، تمایل و اقدام، ۶۵ درصد از فروش را پوشش می‌دهند. این موضوع بر اهمیت طراحی پیام‌های هدفمند برای هر مرحله از قیف فروش دلالت دارد.

در نظر گرفتن متغیرهای محیطی نظیر فصل‌های سال و شدت تبلیغات رقبا، موجب ارتقاء دقت الگو شد. تحلیل سناریوها نشان داد که ترکیب بهینه بودجه تبلیغاتی (شامل ۴۵ درصد تلویزیون، چهل درصد دیجیتال و پانزده درصد رادیو) بیشترین افزایش فروش (معادل هجده درصد) را به همراه دارد. علاوه بر این، نتایج مدل چندین پیشنهاد کاربردی دیگر را ارائه می‌کند:

- در فصول بهار و تابستان، سهم رسانه‌های دیداری (تلویزیون و دیجیتال) اثربخشی بیشتری دارد، در حالی که در پاییز و زمستان، تبلیغات رادیویی اثر تقویتی بیشتری را نشان می‌دهد.
- شدت تبلیغات رقبا اثر منفی و معنی‌دار بر فروش دارد؛ بنابراین، افزایش سهم تبلیغات دیجیتال در دوره‌هایی که رقبا حضور رسانه‌ای قوی دارند، می‌تواند بخشی از این اثر منفی را جبران کند.
- برای ویژگی‌های کوچک‌تر، تخصیص بودجه متعادل‌تر بین رسانه‌ها (مثلاً ۳۵ درصد تلویزیون، ۴۵ درصد دیجیتال و بیست درصد رادیو) توصیه می‌شود تا امکان انعطاف و حضور در کانال‌های مختلف حفظ شود.

بر این اساس، پیشنهاد می‌شود که شرکت‌های لبنی و سایر صنایع مشابه، با بهره‌گیری از این الگو، ترکیب رسانه‌ای و تخصیص بودجه تبلیغاتی خود را متناسب با شرایط فصلی، شدت رقابت و اندازه ویزند بهینه‌سازی کنند. همچنین، قابلیت به‌روزرسانی این الگو امکان انطباق آن با تحولات بازار را فراهم می‌سازد و آن را به ابزاری اثربخش برای تصمیم‌گیری راهبردی تبدیل می‌کند.

با این همه، مطالعه حاضر برخی محدودیت‌ها دارد که باید در نظر گرفته شود: اول آنکه داده‌های پژوهش فقط شامل شش ویزند لبنی در ایران بوده و این نتایج ممکن است برای سایر ویزندها یا بازارهای دیگر متفاوت باشد. همچنین، این مدل تنها چهار مرحله از قیف فروش را در نظر گرفته، در حالی که ممکن است عواملی خارج از این چهار مرحله مانند تأثیرات فرهنگی یا اقتصادی نیز بر تصمیم‌گیری مصرف‌کنندگان اثرگذار باشند. از سوی دیگر، از آنجا که الگوی مورد استفاده بر اساس داده‌های تاریخی بوده، ممکن است در شرایط تغییرات سریع بازار یا بحران‌های اقتصادی، کارایی مدل کاهش یابد.

منابع

1. Aaker, D. A. (1991). *Managing brand equity: capitalizing on the value of a brand name*. Free Press.
2. Azadrokht, E., & Ebadi, F. D. (2017). Brand equity on consumer purchasing behavior of food products. *Proceedings of the 10th Conference on New Research in Science and Technology*. Available at <https://civilica.com/doc/697247>. [In Persian]
3. Bucklin, R. E., & Gupta, S. (1992). Brand choice, purchase incidence, and segmentation: an integrated modeling approach. *Journal of Marketing Research*, 29(2), 201-215. DOI: 10.1177/002224379202900205.

4. Charan, A. (2022). Marketing analytics: MMM sales response functions. Available at <https://www.ashokcharan.com/Marketing-Analytics/~mx-mmm-sales-response-function.php>.
5. Chen, H., Zhang, M., Han, L., & Lim, A. (2021). Hierarchical marketing mix models with sign constraints. *Journal of Applied Statistics*, 48(16), 2982-2999. DOI: 10.1080/02664763.2021.1946020.
6. Court, D., Elzinga, D., Mulder, S., & Vetvik, O. J. (2009). The consumer decision journey. *McKinsey Quarterly*, No. 916.
7. Danaher, P. J., & Dagger, T. S. (2013). Comparing the relative effectiveness of advertising channels: a case study of a multimedia blitz campaign. *Journal of Marketing Research*, 50(4), 517-534. DOI: 10.1509/jmr.12.0241.
8. Dekimpe, M. G., & Hanssens, D. M. (1995). The persistence of marketing effects on sales. *Marketing Science*, 14(1), 1-21. DOI: 10.1287/mksc.14.1.1.
9. Fader, P. S., & Hardie, B. G. S. (2009). Probability models for customer base analysis. *Journal of Interactive Marketing*, 23(1), 61-69. DOI: 10.1016/j.intmar.2008.11.003.
10. Gabry, J., Simpson, D., Vehtari, A., Betancourt, M., & Gelman, A. (2019). Visualization in Bayesian workflow. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 182(2), 389-402. DOI: 10.1111/rssa.12378.
11. Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., Dunson, D. B., Vehtari, A., & Rubin, D. B. (2013). *Bayesian data analysis* (3rd ed.). Chapman & Hall/CRC. DOI: 10.1201/b16018.
12. Ghose, A., & Yang, S. (2009). An empirical analysis of search engine advertising: sponsored search in electronic markets. *Management Science*, 55(10), 1605-1622. DOI: 10.1287/mnsc.1090.1054.
13. Hanssens, D. M., Parsons, L. J., & Schultz, R. L. (2001). *Market response models: econometric and time series analysis* (2nd ed.). Springer.
14. Hosseini, S. S., & Erfanian, Z. (2009). Modeling the effects of advertising on the demand for dairies in Iran (case study: milk industries of Iran). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 39(1), 1-9. [In Persian]

15. Isariyawongse, K., Kudo, Y., & Tremblay, V. J. (2007). Generic and brand advertising in markets with product differentiation. *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*, 5(1), 1179. DOI: 10.2202/1542-0485.1179.
16. Jain, P., Karamchandani, M., & Jain, A. (2019). Effectiveness of digital advertising. *Advances in Economics and Business Management (AEBM)*. DOI: 10.13140/RG.2.2.36629.99048.
17. Jin, Y., Wang, Y., Sun, Y., Chan, D., & Koehler, J. (2017). Bayesian methods for media mix modeling with carryover and shape effects. Google Inc. Technical Report. Available at <https://research.google.com/pubs/archive/46001.pdf>.
18. Keller, K. L. (1993). Conceptualizing, measuring, and managing customer-based brand equity. *Journal of Marketing*, 57(1), 1-22. DOI: 10.1177/002224299305700101.
19. Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing management* (15th ed.). Pearson Education.
20. Li, H., & Kannan, P. K. (2014). Attributing conversions in a multichannel online marketing environment: an empirical model and a field experiment. *Journal of Marketing Research*, 51(1), 40-56. DOI: 10.1509/jmr.13.0050.
21. Lilien, G. L. (1994). Marketing models: Past, present and future. In G. Laurent, G. L. Lilien, & B. Pras (Eds.), *Research traditions in marketing* (pp. 1-25). Springer. DOI: 10.1007/978-94-011-1402-8_1
22. Marín, J. (2025). A new framework for marketing mix modeling: addressing channel influence bias and cross-channel effects. arXiv. Available at <https://arxiv.org/abs/2311.05587>.
23. Morovati, A., Khanlari, A., & Shafagh, H. (2015). Investigating the impacts of brand equity on consumers' evaluation of brand expansion: a case study of consumers of Pegah dairy products in Tehran city. *Consumer Behavior Studies Journal*, 2(2), 61-74. Available at https://cbs.uok.ac.ir/article_7659_31098295c42f6a7dc18283949354622a.pdf?lang=en. [In Persian]
24. Mortazavi, H., & Gorji, M. B. (2014). The relationship between advertising and brand equity in dairy products. *Proceedings of the 3rd National*

- Conference on Accounting, Financial Management, and Investment, Gorgan, Iran. [In Persian]
25. Muehlhoff, E., Bennett, A., & McMahon, D. (2013). Milk and dairy products in human nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. Available at <https://www.fao.org/3/i3396e/i3396e.pdf>.
 26. Naik, P. A., & Raman, K. (2003). Understanding the impact of synergies in multimedia advertising. *Journal of Marketing Research*, 40(4), 375-388. DOI: 10.1509/jmkr.40.4.375.19395.
 27. Pakari, A., Rahjou, S., & Shams Lahroodi, S. (2019). Investigating the effect of logo design on consumer purchasing decisions of food products with the mediating role of brand equity. *Scientific Journal of New Research Approaches in Management and Accounting*, 3(9), 150-164. Available at <https://majournal.ir/index.php/ma/article/view/183>. [In Persian]
 28. Prihatiningsih, T., Panudju, R., & Prasetyo, I. J. (2024). Digital advertising trends and effectiveness in the modern era: a systematic literature review. *Golden Ratio of Marketing and Applied Psychology of Business*, 4(2), 132-143. DOI: 10.52970/grmapb.v4i2.505.
 29. Ravid, R. (2025). Marketing mix modeling in Lemonade [Preprint]. *arXiv*. Available at <https://arxiv.org/abs/2501.01276>.
 30. Rimša, R. (2024). Marketing mix modelling using Bayesian statistics. Master's Thesis, Vilnius University. Vilnius University Repository. Available at <https://epublications.vu.lt/object/elaba:192057575>.
 31. Rossi, P. E., Allenby, G. M., & Misra, S. (2024). Bayesian statistics and marketing. Wiley. DOI: 10.1002/9781394219148.
 32. SCI (2023). Estimation of essential goods consumption in Iran (2011-2021). Statistical Center of Iran (SCI), Tehran. [In Persian]
 33. Seetharaman, P. B., & Chintagunta, P. K. (2003). The proportional hazard model for purchase timing: a comparison of alternative specifications. *Journal of Business & Economic Statistics*, 21(3), 368-382. DOI: 10.1198/073500103288619025.
 34. Segel, I. H. (1993). Enzyme kinetics: Behavior and analysis of rapid equilibrium and steady-state enzyme systems. Wiley-Interscience.

35. Shahbazi, H. (2021). The optimal budget of Milk Generic advertising: an application of different allocation methods. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 52(4), 643-662. DOI: 10.22059/ijaedr.2021.285992.668791 [In Persian]
36. Shahbazi, H. (2024). Examining the effects of free riding in brand and generic advertising of milk in Iran. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 55(2), 205-227. DOI: 10.22059/ijaedr.2024.359300.669220. [In Persian]
37. Shahbazi, H. (2025). Assessing dairy producers' surplus and benefits from brand advertising. *Journal of Business Management*, 17(2), 389-413. DOI: 10.22059/jibm.2024.368814.471. [In Persian]
38. Shahbazi, H., & Faryadras, V. (2018). Milk optimal generic advertising expenditure in an imperfect competitive marketing level. *Agricultural Economics and Development*, 26(2), 217-244. DOI: 10.30490/aead.2018.73561. [In Persian]
39. Sinha, R., Arbour, D., & Puli, A. M. (2022). Bayesian modeling of marketing attribution [Preprint]. *arXiv*. DOI: 10.48550/arXiv.2205.15965.
40. Tellis, G. J. (2004). *Effective advertising: understanding when, how, and why advertising works*. SAGE Publications. DOI: 10.4135/9781452229379.
41. Vakratsas, D., & Ambler, T. (1999). How advertising works: What do we really know? *Journal of Marketing*, 63(1), 26-43. DOI: 10.1177/002224299906300103.
42. Vehtari, A., Gelman, A., & Gabry, J. (2017). Practical Bayesian model evaluation using leave-one-out cross-validation and WAIC. *Statistics and Computing*, 27(5), 1413-1432. DOI: 10.1007/s11222-016-9696-4.
43. WHO (2017). *Healthy diet: Fact Sheet No. 394*. World Health Organization (WHO), Geneva. Available at <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>.
44. Yang, Y., Zhao, K., Zeng, D., & Jansen, B. J. (2020). How search engine advertising affects sales over time: an empirical investigation. *arXiv preprint arXiv:2008.06809*. DOI: 10.48550/arXiv.2008.06809.