

قیمت‌گذاری طرح‌های اینترنتی با در نظر گرفتن مدل‌های انتخاب مشتری و تصادفی بودن مصرف

نفیسه زیدوند

کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران nafiseh.zeidvand@ie.sharif.edu

نفیسه صدقی^۱

استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

nafiseh.sedghi@sharif.edu

چکیده

قیمت‌گذاری طرح‌های اینترنتی به دلیل ساختار چندتعارف‌ای، مسئله‌ای پیچیده و نیازمند تحلیل‌های دقیق است. این نوع قیمت‌گذاری شامل دو بخش است: هزینه ثابتی که مشتری برای دسترسی به حجم مشخصی از اینترنت پرداخت می‌کند و هزینه متغیری که به ازای هر واحد مصرف مازاد مشتری محاسبه می‌شود. در این پژوهش، قیمت‌گذاری چندتعارف‌ای خدمات اینترنت با در نظر گرفتن تصادفی بودن میزان مصرف ماهانه کاربران بررسی شده است. به منظور دستیابی به مدلی دقیق‌تر، الگوهای تصمیم‌گیری مشتریان در مرحله انتخاب طرح مورد تحلیل قرار گرفته است. بدین ترتیب، با بهره‌گیری از مدل‌های مختلف انتخاب مشتری، مدل ریاضی برای بهینه‌سازی همزمان حجم و قیمت طرح‌های اینترنتی ارائه شده است. نتایج حل مدل نشان می‌دهد در شرایط تصادفی بودن مصرف، آگاهی از الگوهای انتخاب مشتریان می‌تواند تاثیر بسزایی بر درآمد شرکت ارایه دهنده خدمات اینترنتی داشته باشد. همچنین در این شرایط افزایش تنوع طرح‌های ارائه شده لزوماً منجر به افزایش درآمد شرکت نخواهد شد.

کلمات کلیدی: مدل‌های انتخاب مشتری، مدل‌سازی ریاضی، قیمت‌گذاری چند تعارف‌ای، طرح‌های اینترنتی، مصرف تصادفی

^۱ نویسنده مسئول

Pricing Internet Service Plans Considering Customer Choice Models and Stochastic Usage

Nafiseh Zeidvand, nafiseh.zeidvand@ie.sharif.edu

M.Sc. degree, Department of Industrial Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

Nafiseh Sedghi, (corresponding author), nafiseh.sedghi@sharif.edu

Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

Pricing internet service plans is a complex and strategically important problem due to their multi-part tariff structure, which requires detailed modeling and careful analysis. These pricing schemes typically consist of two key components: a fixed fee that grants customers access to a predetermined data allowance, and a variable charge imposed on each unit of consumption beyond that allowance. Designing such tariffs becomes even more challenging when customer usage patterns exhibit uncertainty, as is common in real-world internet consumption. In this study, we investigate the pricing of internet service plans under a multi-part tariff structure while explicitly incorporating the stochastic nature of users' monthly data consumption. Recognizing that customers differ not only in their usage levels but also in how they evaluate and select plans, we integrate several customer choice models into the pricing framework. These models represent alternative customer decision-making strategies and allow the service provider to evaluate the impact of different behavioral assumptions on pricing decisions. Building on these behavioral insights, we develop four mathematical optimization models that jointly determine both the optimal data allowance and the corresponding price for each plan under each choice model. These models allow for a systematic investigation of how behavioral assumptions and consumption uncertainty shape optimal pricing strategies. Our numerical results reveal that when usage is stochastic, understanding customer choice behavior has a substantial impact on the provider's revenue. In particular, customer uncertainty about their actual consumption increases the likelihood of purchasing higher-volume plans or incurring additional charges, both of which contribute to higher revenue for the provider. Furthermore, the results show that expanding the menu of available plans does not necessarily improve profitability. In fact, under stochastic usage, offering too many plans may reduce revenue by enabling customers to more precisely match their expected consumption with the available tariff options. These findings underscore the importance of jointly considering usage uncertainty and customer choice behavior in the design of internet pricing schemes.

Keywords: Customer Choice Models, Internet Plans, Multi-Part Tariff, Price Optimization

۱. مقدمه

حالت پیشرفته‌تر این نوع قیمت‌گذاری، قیمت‌گذاری سه‌عرفه‌ای است که در آن بخشی از مصرف (تا یک آستانه معین) در قالب همان هزینه ثابت در نظر گرفته می‌شود و فقط مصرف مازاد بر این آستانه، مشمول هزینه متغیر می‌گردد. در این ساختار، اجزای قیمتی شامل: (۱) هزینه ثابت، (۲) سهمیه‌ی مشمول هزینه‌ی اولیه، و (۳) هزینه متغیر برای مصرف اضافی هستند.^[۱] این نوع تعرفه، انعطاف‌پذیری بیشتری در مدیریت رفتار مصرف‌کننده ایجاد کرده و در صناعی مانند مخابرات و انرژی به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. این پژوهش بر تعیین قیمت بهینه حالت خاصی از مدل قیمت‌گذاری سه‌عرفه‌ای برای یک شرکت انحصاری ارائه‌دهنده خدمات اینترنتی متمرکز است.

اگرچه پژوهش‌های متعددی به طراحی تعرفه‌های چندگانه و تعیین قیمت بهینه آن‌ها پرداخته‌اند، اغلب این مطالعات فرض می‌کنند که مشتری از میزان مصرف آینده خود اطلاع دقیقی دارد و رفتار انتخاب وی به صورت کاملاً منطقی و در قالب یک تابع تقاضای مشخص مدل‌سازی می‌شود. اما در دنیای واقعی شاهد آن هستیم که مشتری هنگام خرید بسته اینترنت با عدم قطعیت درباره میزان مصرف آینده خود مواجه است و همین موضوع می‌تواند تصمیم او را تحت تأثیر قرار دهد. از این رو این پژوهش با هدف طراحی یک سیستم قیمت‌گذاری برای خدمات اینترنتی با در نظر گرفتن عدم قطعیت مشتری در مصرف ماهانه اینترنت انجام شده است. در این مطالعه، بسته‌های مختلف اینترنت شامل یک هزینه ثابت برای مقدار مشخصی از حجم مصرفی و یک هزینه متغیر برای مصرف مازاد در نظر گرفته شده و قواعد تصمیم‌گیری مختلفی که بر انتخاب مشتری اثرگذار است وارد مدل‌سازی شده است.

شناخت الگوهای رفتاری مشتریان، علاوه بر کمک به شرکت‌ها در تدوین سیاست‌های قیمت‌گذاری، از منظر مصرف‌کنندگان نیز حائز اهمیت است. زیرا مشتریانی که طرح‌هایی با حجم بالاتر از نیاز واقعی خود انتخاب می‌کنند،

یکی از چالش‌های اساسی که فروشندگان و ارائه‌دهندگان خدمات با آن روبه‌رو هستند، تعیین قیمت مناسب برای محصولات و خدماتشان است. قیمت‌گذاری از مهم‌ترین تصمیمات مدیریتی است که به‌طور مستقیم بر تقاضا، درآمد و سودآوری بنگاه اثر می‌گذارد؛ از این رو، اتخاذ یک استراتژی قیمت‌گذاری مناسب می‌تواند عملکرد اقتصادی شرکت را بهبود بخشد.^[۱] این چالش در برخی صنایع، به دلیل تنوع الگوهای مصرف و امکان طراحی ساختارهای تعرفه‌ای گوناگون، پیچیدگی بیشتری پیدا می‌کند.

ارائه طرح‌های اینترنتی و قیمت‌گذاری آن‌ها نیز یکی از مسائل چالش‌برانگیز برای شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات اینترنتی به‌شمار می‌رود. ساختار تعرفه‌ای این طرح‌ها، نوعی قیمت‌گذاری غیرخطی ایجاد می‌کند؛ به‌طوری‌که شرکت‌ها طرح‌هایی با حجم و قیمت‌های متفاوت عرضه می‌کنند. با توجه به کاهش قیمت واحد در خریدهای با حجم بالاتر، مشتریان پرمصرف می‌توانند خدمات را با هزینه مؤثر کمتری به ازای هر واحد مصرف دریافت کنند.

یکی از انواع روش‌های قیمت‌گذاری غیرخطی قیمت‌گذاری دوتعرفه‌ای^۱ است که شامل دو بخش می‌شود: بخش اول هزینه ثابتی است که مشتری برای دسترسی به محصول یا خدمات پرداخت می‌کند و بخش دوم شامل هزینه متغیری است که به ازای هر واحد مصرف مشتری محاسبه می‌شود.^[۲] شرکت‌های فعال در بازارهای انحصاری و رقابتی از این شیوه برای تدوین استراتژی‌های تجاری خود استفاده می‌کنند، زیرا این ساختار تعرفه‌ای به شرکت‌ها امکان می‌دهد مشتریان با الگوهای مصرف متفاوت را بهتر تفکیک کرده و از این طریق سودآوری خود را بهبود بخشند. اهمیت این ساختار تعرفه‌ای از آنجا ناشی می‌شود که نحوه تعیین تعرفه، هم بر نحوه انتخاب مشتری و هم بر میزان مصرف وی اثرگذار است و در نتیجه درآمد و سود شرکت را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

^۱ Two-part Tariff

ممکن است در پایان دوره مصرف، حجم باقی مانده‌ای داشته باشند که استفاده نشده و از بین می‌رود. از سوی دیگر، مشتریانی که طرح‌هایی با حجم کمتر از نیاز خود خریداری می‌کنند، ناچار به پرداخت هزینه اضافی برای حجم مازاد خواهند بود.

بنابراین، یکی از چالش‌های اصلی در طراحی بسته‌های اینترنتی، مدل‌سازی نحوه تصمیم‌گیری مشتری در انتخاب میان تعرفه‌های مختلف و لحاظ کردن این رفتار در فرآیند بهینه‌سازی تعرفه‌ها است. پژوهش حاضر با توسعه مدل ارائه‌شده در پژوهش^[۴]، رفتار انتخاب مشتری را تحت عدم قطعیت مصرف ماهانه در مدل قیمت‌گذاری چندتعرفه‌ای وارد می‌کند و یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی مختلط برای تعیین هم‌زمان حجم و قیمت بهینه بسته‌های اینترنتی ارائه می‌دهد. این مدل امکان بررسی تأثیر قواعد مختلف تصمیم‌گیری مشتری بر سیاست‌های قیمت‌گذاری و سودآوری شرکت را فراهم می‌کند.

ساختار پژوهش به شرح زیر تنظیم شده است:

در بخش دوم، مروری بر پیشینه پژوهش و بررسی روش‌های قیمت‌گذاری صورت گرفته است. بخش سوم به معرفی مدل‌های انتخاب مشتری و شیوه‌های مدل‌سازی آن‌ها می‌پردازد. در بخش چهارم مدل‌سازی ریاضی برای یک آرایه دهنده خدمات اینترنت، آرایه شده و بخش چهارم نتایج حاصل از حل مدل تحت سناریوهای مختلف آرایه شده است. جمع‌بندی پژوهش و پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده در بخش پنجم مطرح می‌گردد.

۲. مرور ادبیات

قیمت‌گذاری چندتعرفه‌ای، به‌ویژه در قالب مدل‌های دو و سه تعرفه‌ای، از روش‌های پرکاربرد در صنایع مختلف از جمله ارتباطات، فناوری اطلاعات و خدمات تفریحی است. از نخستین پژوهش‌هایی که مبانی اقتصادی این روش را در بازارهای رقابتی بررسی کرده است، پژوهش اسگایر و همکاران (۲۰۰۲)^[۵] است. اسگایر و همکاران نشان می‌دهند قیمت‌گذاری دو تعرفه‌ای در صنایعی با هزینه‌های عملیاتی

پایین و تقاضای مشتریان متنوع می‌تواند بسیار مؤثر باشد. این روش به شرکت‌ها امکان می‌دهد تا با تعیین ترکیبی از هزینه‌ی ثابت و متغیر، مازاد مصرف‌کننده^۱ را بهتر استخراج کنند. در سال‌های اخیر، محققان به بررسی ابعاد کیفی قیمت‌گذاری چندتعرفه‌ای پرداخته‌اند. در سال‌های اخیر، پژوهشگران تلاش کرده‌اند این مدل‌ها را با بهره‌گیری از داده‌های واقعی مصرف توسعه دهند.^[۶] افزون بر این، استفاده از قیمت‌گذاری چندتعرفه‌ای در حوزه‌هایی نظیر مدیریت زنجیره تأمین^[۷] و بازارهای انرژی^[۸] نیز گسترش یافته است. علاوه بر گسترش حوزه‌های کاربرد، پژوهشگران مدل‌های متنوعی را نیز برای طراحی و تحلیل قیمت‌گذاری چندتعرفه‌ای توسعه داده‌اند. این مدل‌ها از نظر تابع هدف، ساختار تعرفه و نحوه مدل‌سازی تقاضا تفاوت‌های قابل توجهی دارند. از منظر مدل‌سازی، پژوهش‌ها بسته به تابع هدف و نحوه توصیف تقاضا (قطعی یا تصادفی) متنوع هستند. برای مثال، ماسودا و ونگ (۲۰۰۷)^[۹] یک مدل سه‌تعرفه‌ای برای یک شرکت مخابراتی انحصاری توسعه دادند که در آن، عوامل مرتبط با کیفیت خدمات مانند میزان تأخیر و احتمال قطع تماس نیز لحاظ شده است. به طور مشابه، دسای و همکاران (۲۰۱۸)^[۱۰] قیمت‌گذاری سه‌تعرفه‌ای در صنعت خدمات اینترنتی را بررسی کرده‌اند و نشان می‌دهند که مشتریان با توجه به الگوی مصرف و میزان عدم قطعیت در استفاده ماهانه، گاه در انتخاب میان طرح‌های فردی و خانوادگی دچار تردید می‌شوند. برخی پژوهش‌ها نیز برای واقع‌بینانه‌تر کردن مدل‌ها، هر دو حالت تقاضای قطعی و تصادفی را در طراحی تعرفه‌ها لحاظ کرده‌اند؛ از جمله، فیبیچ و همکاران (۲۰۱۷)^[۱۱] این دو حالت را به صورت هم‌زمان بررسی کرده‌اند.

یکی از محورهای مهم این ادبیات، رفتار مشتریان در انتخاب میان طرح‌های چندتعرفه‌ای و خطاهای شناختی آنان در پیش‌بینی مصرف آینده است. مطالعات لامبرشت و اسکیرا (۲۰۰۶)^[۱۱] و لون (۲۰۱۳)^[۱۲] نشان داده‌اند که خدمات مخابراتی بسیاری از مشتریان، در پیش‌بینی میزان مصرف خود دچار خطا می‌شوند.

^۱Consumer surplus

در سال‌های اخیر، برخی پژوهش‌ها تلاش کرده‌اند ترجیحات مشتریان را به‌طور مستقیم در مدل‌های قیمت‌گذاری وارد کنند. برای مثال، زکریا و همکاران (۲۰۲۴)^[۱۳] با ارائه یک مدل بهینه‌سازی برای قیمت‌گذاری بسته‌های محصول-خدمت در صنعت مخابرات، ترجیحات مشتریان را به‌صورت داده‌محور در فرآیند تعیین قیمت لحاظ کرده و سود ارائه‌دهنده خدمات را بیشینه کرده‌اند. سهرابی و همکاران (۲۰۲۰)^[۱۴] مدلی ریاضی برای تعیین هم‌زمان قیمت و ترکیب بهینه بسته‌های اینترنت همراه ارائه کرده‌اند که در آن، ترجیحات مشتریان در فرآیند طراحی بسته‌ها مورد توجه قرار گرفته است.

در ادامه این جریان، رویکردهای داده‌محور نیز برای طراحی تعرفه‌های غیرخطی توسعه یافته‌اند. برای مثال، تروس و پراکیس (۲۰۲۲)^[۱۵] چارچوبی برای بهینه‌سازی قیمت‌گذاری دوتعرفه‌ای ارائه کردند که در آن اجزای تعرفه بر اساس داده‌های واقعی مصرف و الگوهای مشاهده‌شده مشتریان تعیین می‌شود. همچنین، چن و همکاران (۲۰۲۴)^[۱۶] با استفاده از خوشه‌بندی الگوهای مصرف مشترکان، مدلی برای بازطراحی تعرفه‌های غیرخطی ارائه کردند که هدف آن حفظ درآمد اپراتور و بهبود ساختار تعرفه‌ها بر پایه داده‌های تاریخی مصرف بود. این پژوهش‌ها نشان می‌دهند که بهره‌گیری از داده‌های واقعی می‌تواند طراحی تعرفه‌ها را بهبود بخشد، اما تمرکز آن‌ها بر استخراج الگوهای مصرف از داده‌های تاریخی است ولی قواعد تصمیم‌گیری مشتری در زمان انتخاب بسته به‌طور صریح وارد مدل بهینه‌سازی نمی‌شود.

علاوه بر حوزه خدمات اینترنتی، مدل‌سازی رفتار مشتری در سایر مسائل قیمت‌گذاری نیز مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. برای مثال، زارع و همکاران (۲۰۲۰)^[۱۶] با در نظر گرفتن نحوه تصمیم‌گیری مشتریان در انتخاب خودرو و حساسیت آن‌ها نسبت به مصرف انرژی، مدلی برای قیمت‌گذاری در بازار خودرو ارائه کرده‌اند. همچنین، زیاری و شیخ‌سجادی (۲۰۲۳)^[۱۷] رفتار مشتری را در مسئله قیمت‌گذاری میان عمده‌فروش و خرده‌فروش وارد مدل کرده و اثر آن را بر تصمیم‌های قیمت‌گذاری تحلیل کرده‌اند.

با وجود پژوهش‌های متعددی که در زمینه طراحی و قیمت‌گذاری بسته‌های اینترنتی انجام شده است، اغلب این مطالعات بر تعیین ویژگی‌های بسته‌ها^[۱۳]، رقابت میان اپراتورها^[۱۴] و بهینه‌سازی درآمد تمرکز داشته‌اند و اثر قواعد مختلف تصمیم‌گیری مشتری تحت عدم قطعیت مصرف بر طراحی هم‌زمان حجم و قیمت بسته‌های اینترنتی همچنان کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. در عمل، مشتریان هنگام انتخاب یک بسته اینترنتی با عدم قطعیت نسبت به میزان مصرف آینده خود مواجه هستند و این عدم قطعیت می‌تواند بر انتخاب تعرفه و در نتیجه بر سیاست قیمت‌گذاری شرکت اثرگذار باشد.

طبق مطالعه هان و همکاران (۲۰۲۱)^[۱۸] تغییرات مداوم و غیرقابل‌پیش‌بینی در الگوی تقاضای کاربران، خطای تصمیم‌گیری را افزایش داده و مصرف‌کنندگان را به سمت انتخاب گزینه‌هایی هدایت می‌کند که بیشترین مطلوبیت روانی و کمترین نوسان هزینه را برای آن‌ها به همراه داشته باشد. این عدم قطعیت، زمانی که با سوگیری شناختی بیش‌اطمینانی همراه می‌شود، می‌تواند به برآورد بیش از حد مصرف و در نتیجه انتخاب نادرست تعرفه منجر شود.^[۱۹] این پدیده، که در ادبیات موضوع با عنوان سوگیری نرخ ثابت و سوگیری پرداخت به ازای مصرف شناخته می‌شود، موجب می‌شود برخی مصرف‌کنندگان طرحی را انتخاب کنند که لزوماً کم‌هزینه‌ترین گزینه برای سطح مصرف آن‌ها نیست.^[۲۰] علاوه بر این، ویل و همکاران (۲۰۲۴)^[۲۰] نشان می‌دهند مشتریان اغلب به جای تحلیل‌های پیچیده هزینه-فایده، از میان‌برهای ذهنی استفاده می‌کنند که این قواعد ساده، نقش کلیدی در انتخاب ساختار تعرفه‌ها و هزینه‌کردهای غیربهینه مصرف‌کنندگان ایفا می‌کنند این شواهد نشان می‌دهد که رفتار انتخاب مشتری باید در مدل‌های قیمت‌گذاری نیز لحاظ شود.

بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف پر کردن این شکاف، قواعد مختلف تصمیم‌گیری مشتری را در چارچوب یک مدل قیمت‌گذاری چندتعرفه‌ای وارد فرآیند بهینه‌سازی می‌کند. در این پژوهش، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی مختلط برای تعیین هم‌زمان حجم و قیمت بسته‌های اینترنتی ارائه شده

است که امکان تحلیل اثر قواعد مختلف تصمیم‌گیری مشتری بر سیاست‌های قیمت‌گذاری و سودآوری شرکت را فراهم می‌کند.

نوآوری‌های اصلی این پژوهش عبارت‌اند از:

۱. تحلیل اثر قواعد مختلف تصمیم‌گیری مشتری ناشی از عدم قطعیت در مصرف بر طراحی هم‌زمان حجم و قیمت بسته‌های اینترنتی
۲. ارائه مدل برنامه‌ریزی غیرخطی مختلط که قواعد مختلف تصمیم‌گیری مشتری تحت عدم قطعیت مصرف را در فرآیند طراحی بسته‌های اینترنتی وارد می‌کند.

۳. رویکرد انتخاب مشتری

همان‌گونه که در بخش مرور ادبیات بیان شد، انتخاب بسته اینترنتی تنها به ساختار تعرفه‌ها وابسته نیست، بلکه به نحوه تصمیم‌گیری مشتری در شرایط عدم قطعیت مصرف نیز بستگی دارد. از این رو، پیش از ارائه مدل قیمت‌گذاری، لازم است قواعد تصمیم‌گیری مشتری برای انتخاب بسته اینترنتی مشخص شود. در بسیاری از مدل‌های قیمت‌گذاری چندتعرفه‌ای فرض می‌شود مشتریان یا از مقدار مصرف آینده خود آگاه‌اند و یا توزیع احتمالی مصرف را می‌شناسند و بر این اساس، بسته‌ای را انتخاب می‌کنند که هزینه یا مطلوبیت مورد انتظار را بهینه کند^[۲۱]. در عمل، بسیاری از مشتریان تنها برآوردی تقریبی از مصرف ماهانه خود دارند و معمولاً از توزیع احتمالی مصرف آینده آگاه نیستند. بنابراین در این پژوهش فرض می‌شود مشتری تنها میانگین مصرف ماهانه خود را می‌داند. در چنین شرایطی، انتظار نمی‌رود مشتری برای انتخاب بسته، تمامی گزینه‌ها را به‌طور کامل ارزیابی کند. بر اساس نظریه عقلانیت محدود^۱ [۲۲]، افراد در تصمیم‌های پیچیده معمولاً از قواعد ساده تصمیم‌گیری استفاده می‌کنند. در صورتی که در کنار سوگیری‌های رفتاری مشتریان قرار گیرد نتایج جالبی را برای قیمت‌گذاری طرح‌های اینترنتی رقم

خواهد زد. از جمله خطاهای رفتاری مشتریان، استفاده از مدل‌های ذهنی ساده برای ارزیابی گزینه‌ها است. این رفتار که در ادبیات اقتصاد به نام عقلانیت محدود شناخته می‌شود، تاکنون مورد توجه پژوهشگران در زمینه‌های اقتصادی و قیمت‌گذاری محصولات قرار گرفته است. با این حال در حوزه قیمت‌گذاری طرح‌های اینترنتی، در پژوهش‌های پیشین فرض بر این بوده که مشتری کاملاً عقلانی رفتار می‌کند. در این پژوهش، نحوه انتخاب مشتری با توجه به مدل‌های ساده ذهنی در مدل قیمت‌گذاری شرکت وارد می‌شود. به دلیل اینکه مشتری نمی‌تواند مقدار دقیق مصرف خود را در ماه پیش بینی کند، انتخاب او بر اساس معیارهای ساده‌تری می‌تواند شکل گیرد. در ادامه به چهار الگوی رفتاری برای انتخاب طرح‌های اینترنتی توسط مشتریان اشاره می‌شود که تنها مدل چهارم تاکنون در ادبیات مورد بررسی قرار گرفته است.

۱. مدل اول (انتخاب طرح با نزدیک‌ترین حجم به میانگین مصرف): در این مدل، مشتری بسته‌ای را انتخاب می‌کند که حجم آن بیشترین نزدیکی را به میانگین مصرف برآورده داشته باشد.
۲. مدل دوم (انتخاب طرح با حجم کمتر از میانگین مصرف): در این مدل، مشتری از بین دو طرح نزدیک به میانگین مصرف خود گزینه‌ای را انتخاب می‌نماید که حجم آن کمتر از میانگین مصرف تخمینی‌اش باشد. این رفتار بیانگر گرایش مشتری به اجتناب از هدررفت حجم خریداری شده است.
۳. مدل سوم (انتخاب طرح با حجم بیشتر از میانگین مصرف): در این مدل، مشتری فرض می‌شود مشتریان برای اجتناب از پرداخت هزینه‌های اضافی، طرحی با حجم بالاتر را ترجیح می‌دهند. در برخی پژوهش‌های تجربی مانند پژوهش سان و همکاران (۲۰۱۵) [۲۳] نشان داده شده

است که تعدادی از مشتریان در انتخاب بین طرح‌های چندتعارف‌ای، به دلیل عدم قطعیت در مصرف و ترس از کمبود، طرحی را می‌خرند که بیش از اندازه واقعی مصرف آنهاست.

۴. مدل چهارم (انتخاب طرح بر اساس کمترین هزینه):

در این مدل، مشتریان رویکردی منطقی و محاسباتی اتخاذ می‌کنند. آن‌ها هزینه پرداختی هر یک از طرح‌ها را محاسبه کرده و در نهایت، طرحی را انتخاب می‌کنند که کمترین هزینه را برایشان به همراه داشته باشد. این مدل متناظر با فرض مشتری کاملاً عقلانی است که در اغلب مدل‌های قیمت‌گذاری چندتعارف‌ای مورد استفاده قرار گرفته است.

دقت شود که انتخاب طرح اینترنت در ابتدای دوره که در اینجا یک ماهه فرض شده است صورت می‌گیرد. لذا در فرآیند انتخاب، مشتری از مصرفی که تا انتهای ماه خواهد داشت آگاه نیست و تنها میانگین مصرف خود که به تجربه بدست آمده را مبنای تصمیم‌گیری قرار می‌دهد. با این حال، اگر او از میزان مصرف واقعی خود تا پایان دوره آگاه بود، می‌توانست انتخاب بهینه داشته و هزینه‌ی کمتری پرداخت کند. اختلاف بین هزینه‌ای که مشتری بر اساس برآورد خود می‌پردازد و هزینه‌ای که در صورت آگاهی دقیق از میزان مصرف می‌توانست پرداخت کند، به عنوان زیان مشتری در نظر گرفته می‌شود.

در ادامه بر اساس این چهار مدل انتخاب مشتری نحوه قیمت‌گذاری و طراحی طرح‌های اینترنتی یک شرکت ارائه دهنده خدمات اینترنتی بررسی می‌شود.

۴. شرح مدل‌سازی انتخاب مشتریان

در این مدل‌سازی یک شرکت ارائه دهنده خدمات اینترنت در نظر گرفته می‌شود که مجموعه‌ای از J طرح اینترنتی به کاربران ارائه می‌دهد. هر طرح j با سه مولفه تعریف می‌شود:

۱- حجم قابل مصرف ماهانه (b_j) بر حسب گیگابایت

۲- قیمت ثابت طرح (F_j)

۳- هزینه هر گیگابایت مصرف مازاد بر حجم طرح (p_j) با توجه به ساختارهای رایج قیمت‌گذاری در بازار فرض می‌شود هر چه میزان حجم طرح (b_j) بیشتر باشد قیمت آن یعنی F_j نیز بیشتر خواهد بود.

نمادهای بکار رفته در مدل

j : شمارنده طرح
 J : مجموعه طرح‌ها
 J' : مجموعه طرح‌ها به غیر از طرح آخر
 F_j : قیمت ثابت طرح j
 b_j : حجم طرح j
 Δ : حداقل فاصله حجمی بین طرح‌ها که توسط مدیریت تعیین می‌شود.
 p_j : قیمت متغیر طرح j
 i : شمارنده کلاس یا دسته مشتری
 I : مجموعه کلاس‌های مشتریان
 θ_i : میانگین مصرف مشتری کلاس i
 σ_i : انحراف معیار مصرف مشتری کلاس i
 $E(\cdot)$: امید ریاضی
 $\varphi(\cdot)$: تابع چگالی توزیع نرمال استاندارد
 $\Phi(\cdot)$: تابع توزیع تجمعی نرمال استاندارد
 $\pi(\cdot)$: درآمد شرکت

به منظور مدل‌سازی انتخاب مشتری ابتدا فرض می‌شود مشتریان از نظر میزان مصرف در I دسته یا کلاس متفاوت قرار دارند سپس به بررسی انتخاب مشتریان هر کلاس پرداخته می‌شود. مشتری کلاس i هنگام انتخاب طرح از میزان مصرف آینده خود آگاهی کامل ندارد و تصمیم را بر اساس میانگین مصرف گذشته اتخاذ می‌کند. چنانچه مشتری کلاس i طرح j را خریداری کند، پرداختی او در پایان ماه و با مصرف واقعی X_i مطابق رابطه (1) است:

$$G_{ij}(x_i) = \begin{cases} F_j + p_j(x_i - b_j) & x_i > b_j \\ F_j & x_i \leq b_j \end{cases} \quad (1)$$

در رابطه (1) اگر میزان مصرف واقعی مشتری نوع i در ماه (X_i) کمتر یا برابر با حجم تعیین‌شده برای طرح j (b_j) باشد، هزینه‌ی پرداختی او برابر با مبلغ ثابت این طرح یعنی

$$E[\pi(F_j, b_j)] = \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} [F_j + pE(x_i - b_j)^+] \cdot \zeta_{ij}$$

که در آن عبارت $E[(x_i - b_j)^+]$ از طریق انتگرال زیر محاسبه می شود:

$$E[(x_i - b_j)^+] = \int_{b_j}^{\infty} (x_i - b_j) f(x_i) dx_i \quad (4)$$

با توجه به فرض نرمال بودن مصرف ماهانه از نرمال سازی $z_i = \frac{x_i - \theta_i}{\sigma_i}$ و $z_{ij} = \frac{b_j - \theta_i}{\sigma_i}$ استفاده کرده و انتگرال ارایه شده در رابطه (4) را به صورت زیر بازنویسی می کنیم:

$$E[(x_i - b_j)^+] = \sigma_i \int_{z_{ij}}^{\infty} (z_i - z_{ij}) \phi(z_i) dz_i = \sigma_i (\phi(z_{ij}) - z_{ij} (1 - \Phi(z_{ij}))) \quad (5)$$

که در آن $\phi(\cdot)$ و $\Phi(\cdot)$ به ترتیب تابع توزیع نرمال استاندارد و تابع توزیع تجمعی نرمال استاندارد هستند. لازم به ذکر است که این فرض صرفاً به اطلاعات در اختیار مشتری هنگام انتخاب طرح مربوط است. در مقابل، توزیع نرمال مصرف در مدل بهینه سازی برای محاسبه امید ریاضی درآمد شرکت و ارزیابی اثر عدم قطعیت مصرف مورد استفاده قرار می گیرد و فرض نمی شود که مشتری از این توزیع یا پارامترهای آن آگاهی داشته باشد.

در آخر با جایگذاری رابطه (5) در (3) تابع هدف مسئله به دست می آید.

$$\begin{aligned} \text{Max } E[\pi(F_j, b_j)] = \\ \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} [F_j + p\sigma_i(\phi(z_{ij}) - z_{ij}(1 - \Phi(z_{ij}))) \cdot \zeta_{ij}] \end{aligned}$$

در ادامه به بررسی محدودیت هایی که لازم است بر اساس مدل های انتخاب مشتری در نظر گرفته شود پرداخته می شود. در اولین مدل از مدل های انتخاب مشتری، مشتری پس از بررسی طرح ها، میانگین مصرف خود را در محدوده ی دو طرح

F_j خواهد بود. اما در صورتی که حجم خریداری شده، پیش از پایان ماه به اتمام برسد و مشتری نیاز به حجم اضافی داشته باشد، مشتری باید به ازای هر گیگابایت مصرف اضافه، مبلغی معادل p_j پرداخت کند.

در صورت انتخاب طرح j توسط مشتری درآمد حاصل از آن مشتری برای شرکت برابر است با میزان پرداختی مشتری که بر اساس رابطه (1) بدست می آید. با توجه به اینکه در قیمت گذاری طرح های اینترنتی در ایران، مقدار گیگ مازاد پرداختی (p_j) برای همه طرح ها یکسان در نظر گرفته شده است، ما نیز این مقدار را ثابت برای همه طرح های یک شرکت ثابت در نظر گرفته و با نماد p نشان می دهیم.

فرض می شود میزان مصرف واقعی مشتری نوع i تصادفی بوده و از یک توزیع نرمال با میانگین θ_i و انحراف معیار σ_i پیروی می کند که البته مشتری در زمان انتخاب تنها از میانگین آن اطلاع دارد.

تابع هدف شرکت بهینه سازی امید ریاضی درآمد حاصل از کل پرداختی مشتریان به شرکت، متناسب با طرح انتخابی آنهاست که طبق رابطه (2) تعریف می شود:

$$\text{Max } E[\pi(F_j, b_j)] = \quad (2)$$

$$\text{Max } \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} E[F_j + p(x_i - b_j)^+] \cdot \zeta_{ij}$$

که در آن انتخاب طرح j توسط مشتری نوع i با متغیر باینری z_{ij} نمایش داده می شود. این متغیر در صورت انتخاب طرح، مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر را اختیار می کند.

از آنجا که انتخاب طرح در ابتدای دوره و پیش از تحقق مصرف واقعی انجام می شود، متغیر z_{ij} یک متغیر تصمیم است که بر اساس اطلاعات موجود در زمان خرید (مانند میانگین مصرف یا قاعده تصمیم گیری مشتری) تعیین می شود و به تحقق متغیر تصادفی مصرف وابسته نیست. عدم قطعیت مصرف تنها در محاسبه امید ریاضی درآمد مدل وارد می شود. با توجه به خاصیت امید ریاضی می توان عبارت را بازنویسی کرد و آن را به شکل رابطه (3) بیان نمود.

مجاور ارزیابی کرده و طرحی را انتخاب می‌کند که بیشترین تطابق را با این میانگین داشته باشد. این نحوه‌ی انتخاب مشتری، به شکل‌گیری مسئله بهینه‌سازی P1 برای شرکت منجر می‌شود که در ادامه به شرح محدودیت‌های آن پرداخته می‌شود.

$$\text{Max } E[\pi(F_j, b_j)] = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} [F_j + p\sigma_i(\varphi(z_{ij}) - z_{ij}(1 - \Phi(z_{ij}))) \cdot \zeta_{ij}] \quad (6)$$

s.t.

$$\sum_{j \in J} \zeta_{ij} \leq 1, i \in I \quad (7)$$

$$b_j - M(1 - y_{ij}) \leq \theta_i \leq b_{j+1} + M(1 - y_{ij}), i \in I, j \in J \quad (8)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1, i \in I \quad (9)$$

$$y_{ij} \leq \zeta_{ij} + \zeta_{i(j+1)}, i \in I, j \in J' \quad (10)$$

$$M(1 - \zeta_{ij}) + M(1 - y_{ij}) \geq \theta_i - \left(\frac{b_j + b_{j+1}}{2}\right), i \in I, j \in J \quad (11)$$

$$M(1 - \zeta_{i(j+1)}) + M(1 - y_{ij}) \geq \left(\frac{b_j + b_{j+1}}{2}\right) - \theta_i, i \in I, j \in J \quad (12)$$

$$F_j \leq pb_j, j \in J' \quad (13)$$

$$b_j \leq b_{j+1} - \Delta, j \in J' \quad (14)$$

$$F_j \leq F_{j+1}, j \in J' \quad (15)$$

$$F_{j+1} - F_j \leq p(b_{j+1} - b_j), j \in J' \quad (16)$$

$$F_j \leq p\theta_i + M(1 - \zeta_{ij}), i \in I, j \in J \quad (17)$$

$$z_{ij} = \frac{b_j - \theta_i}{\sigma_i}, i \in I, j \in J \quad (18)$$

$$F_j, b_j \geq 0, \zeta_{ij} = \{0, 1\}, y_{ij} = \{0, 1\}, i \in I, j \in J \quad (19)$$

به جهت مدل‌سازی نحوه انتخاب مشتری، متغیرهای باینری z_{ij} و y_{ij} به مدل اضافه شده‌اند. متغیر z_{ij} نشان می‌دهد که آیا مشتری i طرح j را انتخاب کرده است یا خیر؛ اگر انتخاب انجام شود، مقدار این متغیر برابر با یک خواهد بود، در غیر این صورت مقدار صفر خواهد داشت. محدودیت (7)

بیان می‌کند تنها یک طرح توسط هر مشتری انتخاب می‌شود. محدودیت (8) نشان می‌دهد اگر میانگین مصرف در بازه‌ی میان دو طرح j و $j+1$ قرار گیرد، مقدار متغیر y_{ij} می‌تواند برابر با یک باشد و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد. پس از اعمال این محدودیت، روابط (9) و (10) مشخص می‌کنند از بین دو طرح مذکور، مشتری حداکثر یکی را انتخاب می‌کند. در نهایت در محدودیت (11) و (12) مشتری از بین دو طرح در نظر گرفته شده در دامنه انتخابش، طرحی را انتخاب می‌کند که به میانگین مصرفش نزدیک‌تر باشد. در واقع صورت شرطی این دو محدودیت به شرح زیر است:

$$(\theta_i - b_j) \leq (b_{j+1} - \theta_i) \text{ and } y_{ij} = 1 \rightarrow \zeta_{ij} = 1 \quad (20)$$

عبارت (20) بیان می‌کند که اگر اختلاف میانگین مصرف از حجم طرح پایین‌تر (یعنی b_j) از اختلاف آن با حجم طرح بالاتر (یعنی b_{j+1}) کمتر باشد، طرح j به میانگین مصرف نزدیک‌تر است، لذا توسط مشتری انتخاب می‌شود و z_{ij} مقدار یک می‌گیرد. این حالت توسط محدودیت‌های (11) و (12) مدل‌سازی شده است.

محدودیت (13) نیز بیانگر اصل تعرفه‌ای بودن قیمت‌ها است. در چارچوب قیمت‌گذاری چند تعرفه‌ای، برای آنکه این مدل برای مشتریان جذاب باشد، قیمت هر گیبایت حجم در یک طرح تعرفه‌ای باید کمتر از قیمت متغیر (یعنی هزینه‌ی هر گیبایت حجم اضافی خارج از طرح) باشد. در غیر این صورت، مشتریان ترجیح می‌دهند به جای خرید یک طرح تعرفه‌ای، مستقیماً به ازای هر گیبایت مصرفی خود مبلغ مازاد را پرداخت کنند. از این رو، محدودیت (13) تضمین می‌کند که قیمت هر گیبایت حجم (با در نظر گرفتن هزینه‌ی ثابت طرح) باید کمتر از قیمت متغیر باشد تا مشتری حداقل یکی از طرح‌های را بتواند انتخاب کند و مدل ناحیه موجه داشته باشد.

محدودیت‌های (14) تا (17) نیز در راستای موجه بودن فضای جواب و منطقی بودن فاصله بین طرح‌ها، تضمین می‌کنند

$$y_{ij} \leq \zeta_{ij+1} \quad i \in I, j \in J' \quad (22)$$

در مدل چهارم، مشتری به طور حسابگرانه میانگین مصرف خود را با حجم همه‌ی طرح‌ها مقایسه و هزینه‌ی هر طرح را محاسبه می‌کند. سپس طرحی را انتخاب می‌کند که کمترین هزینه را بر اساس متوسط مصرف ماهیانه‌اش برای او به همراه داشته باشد. با توجه به این که هر چه فاصله‌ی میانگین مصرف مشتری از حجم یک طرح بیشتر باشد در پایان دوره باید مبلغ بیشتری برای حجم اضافی پرداخت کند، طرح‌هایی که از نظر هزینه به صرفه‌تر هستند، همان طرح‌هایی خواهند بود که حجم آن‌ها خیلی نزدیک به میانگین مصرف مشتری است. بنابراین، مشابه مدل‌های قبلی، جستجو بین دو طرح نزدیک با مصرف انجام می‌شود و برای تحقق این انتخاب، محدودیت (8) باید برقرار باشد.

در این مدل، زمانی که هزینه ثابت طرح $j+1$ بیشتر از مجموع هزینه‌های پرداختی طرح j به همراه هزینه‌ی حجم اضافی باشد، انتخاب طرح با حجم b_j برای مشتری از نظر اقتصادی به صرفه‌تر خواهد بود. در این حالت، مقدار z_{jj} برابر با یک تعیین شده و z_{jj+1} صفر خواهد بود و در صورت عدم برقراری شرط، z_{jj+1} مقدار یک و z_{jj} مقدار صفر خواهد گرفت. بنابراین، محدودیت‌های (23) و (24) جایگزین محدودیت‌های (11) و (12) خواهند شد و سایر محدودیت‌ها همانند مدل اول تعریف می‌شوند.

$$F_j + p(\theta_i - b_j) \leq (F_{j+1} + p(\theta_i - b_{j+1})) + M(1 - \zeta_{ij+1}) \quad (23)$$

$$F_{j+1} + p(\theta_i - b_{j+1}) \leq (F_j + p(\theta_i - b_j)) + M(1 - \zeta_{ij+1}) \quad (24)$$

۵. نتایج عددی

در بخش ۴ مدل‌های مختلف قیمت‌گذاری بهینه برای هر یک از سناریوهای انتخاب مشتری ارائه شد. در این بخش حل مدل‌ها به کمک نرم افزار گمز^۱ و حل گر^۲ BONMIN شرح

طرح‌ها بر اساس هزینه‌ی اشتراک و حجم به صورت صعودی هستند و لذا هرچه حجم طرح بالاتر رود قیمت ثابت آن نیز بیشتر خواهد بود. همچنین طرح‌ها با فواصل منطقی چیده شده‌اند و قیمت‌گذاری به نحوی نیست که یکی از طرح‌ها دیگر طرح‌ها را مغلوب کند.

رابطه (18) به منظور ساده سازی تابع هدف به کار رفته است و محدودیت (19) نیز شرایط مربوط به متغیرهای مدل را تعیین می‌کند.

در مدل دوم انتخاب مشتری، مشتری دو طرحی را که در برگرفته میانگین مصرف هستند شناسایی می‌کند اما به دلیل محافظه کاری در باقی نگذاشتن حجم مصرف نشده در انتهای دوره، طرحی با حجم کمتر را انتخاب می‌کند. این محافظه کاری اینگونه توجیه می‌شود که اگر در پایان ماه حجم مصرف نشده‌ای باقی بماند قابل انتقال به ماه بعد نیست و با اینکه مشتری به ازای آن پرداخت انجام داده، از دست می‌رود. مدل ریاضی سود شرکت در این نوع انتخاب مشتری نیز مانند مدل P1 است با این تفاوت که در آن محدودیت (21) جایگزین محدودیت‌های (10)، (11) و (12) می‌شود:

$$y_{ij} \leq \zeta_{ij} \quad i \in I, j \in J \quad (21)$$

محدودیت (21) تضمین می‌کند که طرح خریداری شده توسط مشتری کمتر یا مساوی متوسط میزان مصرف ماهانه او باشد.

در مدل سوم، مشتری میانگین مصرف خود را بین حجم دو طرح تخمین می‌زند، اما به دلیل ترس از تمام شدن زود هنگام حجم خریداری شده و جلوگیری از پرداخت هزینه مزاد هر گیگ، طرحی با حجم بالاتر را انتخاب می‌کند. به این ترتیب، با برقرار شدن محدودیت (8)، طرح با حجم بیشتر یعنی b_{j+1} به عنوان گزینه‌ی انتخابی مشتری در نظر گرفته می‌شود و در نتیجه z_{jj+1} مقدار یک می‌گیرد. بنابراین، محدودیت (22) به جای محدودیت (21) قرار می‌گیرد و سایر محدودیت‌ها مشابه مدل دوم باقی می‌مانند.

^۲ Solver

^۱ GAMS Software

۲- در سناریو دوم، تعداد طرح‌ها از ۵ به ۹ افزایش یافته و نتایج بر اساس مفروضات مشابه با سناریو اول مورد بررسی قرار می‌گیرند.

داده‌های مصرف واقعی مشتریان بر اساس فرض‌های رایج در ادبیات قیمت‌گذاری^[25]، از طریق توزیع نرمال با میانگین مصرف‌های فرض شده در هر کلاس مشتری و واریانس ۲۰ درصد از آن، تولید شده‌اند. همچنین، قیمت متغیر طرح‌ها با توجه به عرف بازار ایران^۶ معادل ۵۰۰۰ تومان در نظر گرفته شده است.

با در نظر گرفتن مفروضات فوق به‌عنوان ورودی بهینه‌سازی، جداول (۱) و (۲) به منظور مقایسه قیمت ثابت و حجم‌های به‌دست‌آمده از فرآیند بهینه‌سازی به‌دست آمده‌اند.

جدول ۱. نتایج بهینه‌سازی سناریو اول برای قیمت ثابت (هزار تومان) و حجم (گیگابایت)

F	1st Model	2nd Model	3rd Model	4th Model
Plan 1	70	70	59	70
Plan 2	120	145	75	125
Plan 3	170	170	125	175
Plan 4	200	245	175	225
Plan 5	250	270	225	250
b	1st Model	2nd Model	3rd Model	4th Model
Plan 1	20	20	15	10
Plan 2	30	25	21	21
Plan 3	35	30	26	31
Plan 4	40	40	31	41
Plan 5	60	60	41	59

جدول ۲. نتایج بهینه‌سازی سناریو دوم برای قیمت ثابت (هزار تومان) و حجم (گیگابایت)

F	1st Model	2nd Model	3rd Model	4th Model
Plan 1	70	60	45	80
Plan 2	120	95	95	105
Plan 3	145	120	145	128

داده می‌شود. با کمک این نرم افزار می‌توان مدل‌های خطی (LP)^۱، غیرخطی (NLP)^۲، صحیح (IP)^۳، غیرخطی صحیح (MINLP)^۴ و انواع مدل‌های پیچیده را به صورت ساختارمند تعریف کرد. از آن جا که مدل‌سازی پژوهش به صورت غیرخطی و عدد صحیح ارائه شده است، حل گر BONMIN^۵ به عنوان گزینه مناسب انتخاب شده است. در تمامی آزمایش‌ها، حل مدل با تلورانس بهینگی نسبی (optcr) برابر با ۰.۱ انجام شد. همچنین برای بررسی پایداری نتایج، تمامی سناریوها با مقدار $optcr=0.01$ نیز مجدداً حل شدند که اختلاف مقدار تابع هدف در همه موارد کمتر از یک درصد بود. این موضوع نشان می‌دهد که نتایج ارائه شده نسبت به معیار توقف حل کننده از پایداری مناسبی برخوردار هستند. در مسئله مورد بررسی، تعداد متغیرهای گسسته محدود بوده و فضای جستجو نسبتاً کوچک و قابل مدیریت است. در چنین شرایطی، الگوریتم‌های شاخه و کران مورد استفاده در این حل گر اغلب کل فضای تصمیم را به‌طور مؤثر پوشش داده و احتمال گیر افتادن در بهینه محلی بسیار کاهش می‌یابد.^[۲۴]

برای مقادیر ورودی به مدل، الگوهایی از طرح‌های ارایه شده توسط شرکت های خدمات اینترنتی مانند شاتل، پارس آنلاین و صابن که ارایه دهنده طرح‌های اینترنتی در ایران هستند استخراج شده تا مقادیر ورودی از فضای طرح‌های واقعی دور نباشد.

پس از حل مدل به جهت تحلیل حساسیت قیمت‌گذاری طرح‌ها نسبت به تعداد طرح‌های ارائه شده، نتایج در دو حالت مختلف بررسی خواهند شد:

- ۱- در سناریو اول، مدل‌سازی مسئله برای سه گروه مشتری با جمعیت ۱۰۰۰ نفر و میانگین مصرف ۲۰، ۳۰ و ۴۰ گیگابایت برای ۵ طرح مختلف انجام می‌شود.

^۵ Basic Open-source Nonlinear Mixed Integer Programming

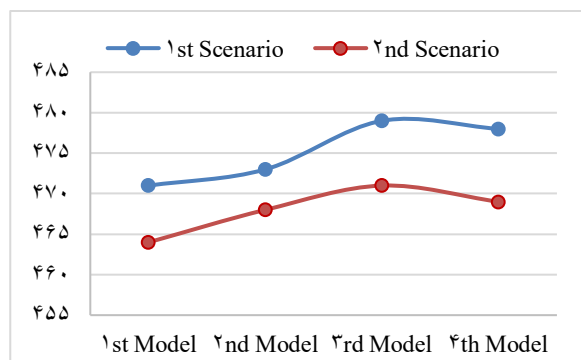
^۶ داده‌ها با توجه به قیمت‌گذاری در سال ۱۴۰۲ در نظر گرفته شده است

^۱ Linear Programming

^۲ Non Linear Programming

^۳ Integer Programming

^۴ Mixed Integer Non Linear Programming



شکل ۱. درآمد شرکت در دو سناریو به ازای مدل‌های انتخاب مشتری

این امر آن است که در رفتار حسابگرانه، فرض بر این است که مشتری تنها بر اساس میانگین مصرف خود تصمیم می‌گیرد و تأثیر واریانس مصرف را در نظر نمی‌گیرد؛ از این رو این انتخاب، اگرچه بهینه از نگاه مشتری است، اما برای شرکت همچنان سطح درآمد قابل قبولی فراهم می‌کند.

در مدل اول مشتری طرحی را انتخاب می‌کند که نزدیک‌ترین حجم به میانگین مصرفش باشد. این کار معمولاً باعث می‌شود مشتری طرح مناسب‌تری خریداری کند در حالی که در مدل دوم، مشتری با کمتر برآورد کردن مصرف نهایی‌اش طرح با حجم کمتر را انتخاب کرده و نوسان مصرف وی می‌تواند منجر به خرید حجم اضافه با قیمت متغیر گردد که برای شرکت درآمدزا است. لذا در سناریو اول و دوم، مدل دوم انتخاب مشتری درآمد بهتری نسبت به مدل اول ایجاد کرده‌است.

به جهت بررسی بیشتر تأثیر پارامترهای فرض شده در رتبه‌بندی سودآوری شرکت، یک تحلیل حساسیت برای میانگین مصرف مشتریان انجام گرفته‌است. مطابق فرضی که پیش‌تر برای توزیع مصرف مشتریان به صورت نرمال در نظر گرفته شد، نتایج تحلیل حساسیت برای درآمد شرکت به صورت $\mu \pm \sigma$ در جدول (۳) به دست آمده‌است:

جدول ۳. نتایج تحلیل حساسیت میانگین مصرف مشتریان بر درآمد شرکت

Customer Choice Model	$\mu + \sigma$ (22,36,48)	$\mu - \sigma$ (18,24,32)
1st Model	527	367

Plan 4	170	145	170	150
Plan 5	195	195	195	175
Plan 6	202	201	202	200
Plan 7	211	210	211	225
Plan 8	221	220	221	234
Plan 9	233	232	232	244

b	1st Model	2nd Model	3rd Model	4th Model
Plan 1	15	13	10	17
Plan 2	25	20	20	22
Plan 3	30	25	30	27
Plan 4	35	30	35	32
Plan 5	40	40	40	37
Plan 6	45	45	45	42
Plan 7	50	50	50	47
Plan 8	55	55	55	52
Plan 9	60	60	60	57

در ادامه درآمد شرکت در هر سناریو به ازای مدل‌های مختلف انتخاب مشتری در شکل ۱ نشان داده شده است.

در هر دو سناریو درآمد روند نسبتاً یکنواخت و رو به افزایش از مدل اول به سوم دارد. در مدل چهارم کمی کاهش دارد ولی همچنان بالا است. لذا افزایش تعداد طرح‌های ارائه شده به مشتری تغییری در سوددهی نسبی رفتارهای مختلف مشتریان پدید نیاورده است. اما مشخص است که درآمد ناشی از سناریو دوم کمتر از سناریو اول است زیرا با افزایش تعداد طرح‌ها، مشتری گزینه‌های بیشتر با اختلاف حجم کمتری پیش رو دارد و می‌تواند هزینه ناشی از عدم قطعیت از مصرف واقعی و تصمیم‌گیری با عقلانیت محدود را کاهش دهد.

در هر دو سناریو، سودآورترین الگوی انتخاب از دید شرکت، مدل سوم است؛ مدلی که در آن مشتریان با رفتار محتاطانه و برآوردی بیش از میانگین مصرف، طرح‌هایی با حجم و قیمت بالاتر را انتخاب می‌کنند و در نتیجه، درآمد بیشتری برای شرکت ایجاد می‌شود. همچنین کاهش درآمد در مدل چهارم در هر دو سناریو نشان می‌دهد که زمانی که مشتریان با رویکرد حسابگرانه و مبتنی بر انتخاب کم‌هزینه‌ترین طرح تصمیم‌گیری می‌کنند، نتیجه این انتخاب کاهش درآمد شرکت است. با این حال، درآمد حاصل از این مدل همچنان نسبت به مدل‌های اول و دوم بیشتر است. دلیل

2nd Model	540	384
3rd Model	565	393
4th Model	555	390

در ادامه با استفاده از تحلیل حساسیت، بررسی‌ها نشان داد که با تغییر پارامتر میانگین مصرف مشتریان، رتبه‌بندی سودآوری شرکت در مدل‌های انتخاب مشتری تغییر نیافته و پایداری آن حفظ می‌گردد.

این نتایج برای سیاست‌گذاری شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات اینترنتی اهمیت دارد و نشان می‌دهد که مدیریت تعداد طرح‌ها، فاصله حجمی بین طرح‌ها و نحوه قیمت‌گذاری باید هم‌زمان با تحلیل مدل انتخاب مشتری انجام شود تا بیشینه‌سازی درآمد شرکت حاصل گردد.

با این حال در مدل‌های بکاررفته برای انتخاب مشتریان فرض بر این است که همه مشتریان بازار طبق یک الگوی ثابت که می‌تواند یکی از چهار الگوی ارائه شده باشد، انتخاب می‌کنند. در واقعیت انتخاب مشتریان بر اساس ترکیبی از این مدل‌ها خواهد بود و بنابراین محاسبه میزان سود واقعی شرکت پس از دریافت تعداد مشتریانی که در هر دسته قرار می‌گیرند میسر خواهد بود. با این حال نتایج بدست آمده از این بررسی حل بالا یا پایینی را برای سود شرکت مخابراتی به دست خواهد داد. همچنین، اثر عواملی مانند جذب مشتریان جدید، تغییر پویای الگوی مصرف در اثر تغییر تعرفه‌ها و برآورد داده‌محور قواعد تصمیم‌گیری مشتریان در مدل لحاظ نشده است. توسعه مدل با در نظر گرفتن این عوامل و استفاده از داده‌های واقعی رفتاری، می‌تواند مسیر مناسبی برای پژوهش‌های آینده باشد.

با توجه به اینکه در این پژوهش از قیمت‌گذاری دو تعرفه‌ای برای طرح‌های اینترنتی استفاده شده و قیمت ثابت و حجم طرح بهینه‌سازی شده است، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده از قیمت‌گذاری سه تعرفه‌ای استفاده گردد. در این روش، علاوه بر حجم و قیمت ثابت، قیمت متغیر نیز به‌عنوان یک متغیر تصمیم در مدل‌سازی در نظر گرفته شده و بهینه می‌گردد. علاوه بر این، در این پژوهش دسته‌بندی مشتریان بر اساس میانگین مصرف ماهانه انجام شده و این میانگین به‌عنوان مبنای تصمیم‌گیری در انتخاب طرح‌ها در نظر گرفته شده است. در پژوهش‌های آتی، می‌توان عوامل دیگری مانند سرعت اینترنت که بر انتخاب طرح تأثیرگذار هستند، در نظر گرفت.

از نتایج جدول فوق می‌توان نتیجه گرفت که رتبه‌بندی سودآوری نسبت به تغییر پارامتر میانگین مصرف مفروض در مسئله پایدار است و ترتیب آن‌ها به صورت زیر حفظ شده‌است:

(مدل اول > مدل دوم > مدل چهارم > مدل سوم)

۶. نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادی آتی

در این پژوهش، به تحلیل رفتار مشتریان در بازار خدمات اینترنتی و استراتژی‌های قیمت‌گذاری طرح‌های ارائه شده پرداخته شده است. سپس، چهار مدل مختلف انتخاب مشتری بررسی شد که در آن‌ها مشتریان از میزان مصرف متوسط خود در ماه اطلاع دارند و تصمیم‌گیری‌شان برای انتخاب طرح بر اساس این میزان مصرف صورت می‌گیرد. این در حالی است که عدم آگاهی مشتری از مصرف واقعی خود تأثیر زیادی بر سود شرکت‌ها دارد، زیرا هزینه نهایی مرتبط با هر طرح برای مشتری به‌طور دقیق مشخص نیست.

به منظور مقایسه مدل‌های انتخاب مشتری دو سناریو برای تعداد طرح‌های اینترنتی در نظر گرفته شد. در سناریو اول مشتریان در سه دسته میانگین مصرف با پنج طرح مورد بررسی قرار گرفتند. در سناریو دوم تعداد طرح‌ها از پنج به نه افزایش یافت. تعیین حجم و قیمت بهینه، برای هر سناریو با استفاده از برنامه‌ریزی غیرخطی مختلط صحیح (MINLP) انجام شد. نتایج نشان داد اگر چه در هر دو سناریو نحوه تأثیر انتخاب مشتری بر درآمد مشابه است، سناریو دوم با نه طرح در همه‌ی مدل‌ها درآمد کمتری نسبت به سناریو با پنج طرح دارد که علت آن وجود گزینه‌های بیشتر با فواصل حجمی کمتر است و مشتری انتخاب دقیق‌تری انجام می‌دهد که منجر به کاهش خرید حجم مازاد و درآمد شرکت می‌شود.

همچنین در هر دو سناریو مدل اول که در آن مشتری طرح با حجم نزدیک به میانگین مصرفش انتخاب می‌کند، درآمد کمتری برای شرکت به عمل خواهد آورد.

است. در پژوهش‌های آتی می‌توان قیمت‌گذاری با رویکرد بیشینه‌سازی رفاه اجتماعی را مورد بررسی قرار داد، که در آن، علاوه بر سود شرکت، مطلوبیت مشتری نیز اهمیت دارند. همچنین، در شرایط خاص مانند تعزیرات که قوانین مشخصی برای قیمت‌گذاری شرکت‌ها تعیین می‌کنند، این عوامل می‌توانند در قیمت‌گذاری لحاظ شوند.

۷. منابع

1. Gharakhani, B., Ghandehari, M. and Ansari, A., 2023. A pricing-inventory model for perishable products with multivariate dependent demand function and time-increasing-linear holding cost function. *Sharif Journal of Industrial Engineering & Management (SJIE)*, 39 (1), pp.141–154 [In Persian]. <https://doi.org/10.24200/j65.2022.59196.2260>
2. Schlereth, C., Stepanchuk, T. and Skiera, B., 2010. Optimization and analysis of the profitability of tariff structures with two-part tariffs. *European Journal of Operational Research*, 206 pp.691–701. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.03.038>
3. Fibich, G., Klein, R., Koenigsberg, O. and Muller, E., 2017. Optimal three-part tariff plans. *Operations Research*, 65 (5), pp.1177–1189. <https://doi.org/https://doi.org/10.1287/opr.2017.1609>
4. Zeidvand, N., 2023. Multi-tariff pricing of internet plans considering customer choice models. Thesis, Sharif University of Technology [In Persian].
5. Essegai, S., Gupta, S. and Zhang, Z., 2002. Pricing access services. *Marketing Science*, 21 pp.139–159. <https://doi.org/10.1287/mksc.21.2.139.149>

از دیگر موارد پیشنهادی جهت توسعه پژوهش می‌توان به بررسی جمعیت مشتریان بر اساس افزایش و یا کاهش طرح‌ها اشاره کرد که در شرایط واقعی، افزایش تنوع طرح‌ها می‌تواند موجب جذب مشترکان جدید یا تغییر الگوی مصرف برخی کاربران شود.

همچنین این پژوهش به دلیل عدم دسترسی به داده‌های هزینه‌ای شرکت‌ها و تمرکز بر قیمت‌گذاری مبتنی بر مدل‌های انتخاب مشتری، عمدتاً بر افزایش درآمد شرکت متمرکز بوده

6. Chen, C.Y.T., Sun, E.W., Miao, W. and Lin, Y.-B., 2024. Reconciling business analytics with graphically initialized subspace clustering for optimal nonlinear pricing. *European Journal of Operational Research*, 312 (3), pp.1086–1107. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.07.011>
7. Das, M., Rahaman, M., Alam, S. and Jana, D.K., 2025. Developing sustainable and efficient customer-centric strategies for a three-stage dual-channel green supply chain: a game-theoretic approach with two-part tariff contract. *Environment, Development and Sustainability*, 27 (12), pp.29537–29563. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10668-024-04883-0>
8. Ribo-Perez, D., Gschwendtner, C., Winzer, C., Bjarghov, S., Schittekatte, T. and Yilmaz, S., 2025. Future electricity tariffs: designing electricity rates fit for the energy transition. *Energy Policy*, 202 pp.114596. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2025.114596>
9. Masuda, Y. and Whang, S., 2006. On the optimality of fixed-up-to tariff for telecommunications service. *Information Systems Research*, 17 (3), pp.247–253. <https://doi.org/10.1287/isre.1060.0097>

10. Desai, P.S., Purohit, D. and Zhou, B., 2018. The profitability of family plans. *Marketing Science*, 37 (6), pp.953–969. <https://doi.org/10.1287/mksc.2018.1121>
11. Lambrecht, A., Seim, K., Skiera, B., Albers, S., Bronnenberg, B., Pauwels, K., Reiss, P., Stepanchuk, T., Thomadsen, R. and Viard, B., 2005. Does uncertainty matter? consumer behavior under three-part tariffs. *Marketing Science*, 26 pp.698–710. <https://doi.org/10.1287/mksc.1070.0283>
12. Lunn, P., 2011. Telecommunications consumers: a behavioral economic analysis. *Journal of Consumer Affairs*, 47 pp.167–189. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6606.2012.01245.x>
13. Zakaria, A.F., Lim, S.C.J. and Aamir, M., 2024. A pricing optimization modelling for assisted decision making in telecommunication product-service bundling. *International Journal of Information Management Data Insights*, 4 (1), pp.100212. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijm.2024.100212>
14. Sohrabi, A., Pishvae, M.S., Hafezalkotob, A. and Bamdad, S., 2020. A multi-attribute model to optimize the price and composition of prepaid mobile internet plans. *Journal of Enterprise Information Management*, 33 (5), pp.1257–1291. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2019-0279>
15. Perakis, G. and Thraves, C., 2022. On a variation of two-part tariff pricing of services: a data-driven approach. *Manufacturing & Service Operations Management*, 24 (3), pp.1369–1387. <https://doi.org/https://doi.org/10.1287/msom.2021.1069>
16. Zare, S., Rasti, B.M. and Hejazi, S.R., 2020. A game theoretic approach for pricing and energy consumption in a supply chain with environmentally sensitive customers. *Sharif Journal of Industrial Engineering & Management (SJIE)*, 35 (2.2), pp.29–37 [In Persian]. <https://doi.org/10.24200/j65.2019.51220.1897>
17. Ziari, M. and S Sajadieh, M., 2023. Behavior-based pricing considering competition in retail systems. *Sharif Journal of Industrial Engineering & Management (SJIE)*, 38 (2), pp.59–66 [In Persian]. <https://doi.org/10.24200/j65.2022.57202.2186>
18. Han, S., Jun, J. and Yeo, E., 2021. In pursuit of sustainable mobile policy: a study of consumer tariff preferences under uncertainty. *Sustainability*, 13 (2), pp.540. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su13020540>
19. Merdikawati, S., Lin, S.-W. and Yeh, R.H., 2024. Optimal three-part tariff pricing and marketing strategies for consumer overconfidence. *PLoS One*, 19 (11), pp.e0297819. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297819>
20. Weibel, C., Dang, L. and von Arx, W., 2024. Choosing a flat rate over a pay-per-use tariff for public transport: do psychological factors matter? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 190 pp.104247. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tr a.2024.104247>
21. Lambrecht, A., Seim, K. and Skiera, B., 2007. Does uncertainty matter? consumer behavior under three-part tariffs.

- Marketing Science*, 26 (5), pp.698–710.
<https://doi.org/10.1287/mksc.1070.0283>
22. Kahneman, D., 2003. A perspective on judgment and choice: mapping bounded rationality. *American Psychologist*, 58 (9), pp.697–720.
<https://doi.org/10.1037/0003-066X.58.9.697>
23. Sun, Y., Li, S. and Sun, B., 2015. An empirical analysis of consumer purchase decisions under bucket-based price discrimination. *Marketing Science*, 34 (5), pp.646–668.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1287/mksc.2015.0942>
24. Bonami, P., Lee, J., Leyffer, S. and Wächter, A., 2013. On branching rules for convex mixed-integer nonlinear optimization. *Journal of Experimental Algorithmics (JEA)*, 18 (2), pp.4–31.
<https://doi.org/10.1145/2532568>
25. Chen, S., Lee, H. and Moynadeh, K., 2019. Pricing schemes in cloud computing: utilization-based vs. reservation-based. *Production and Operations Management*, 28 (1), pp.82–102. <https://doi.org/10.1111/poms.12893>