

تأثیر قیمت‌گذاری و تبلیغات بر رقابت بین تولیدکننده و خرده‌فروش با وجود فروش مستقیم

داریوش محمدی زنجیرانی^{۱*}، محسن صیفی^۲، محمدحسین توکلی^۳، میثم شکری‌ساز^۴

۱. دانشیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲. دانشجوی دکتری مدیریت، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۳. کارشناسی ارشد مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۴. کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی و آینده پژوهی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

خلاصه

از آنجایی که همواره اعضای یک زنجیره، مانند تولیدکننده و خرده‌فروش در طول زمان و در یک فرآیند تکراری، با یکدیگر در تعامل (همکاری) و یا رقابت هستند، مدل‌سازی ساختار زنجیره‌تأمین در قالب بازی‌های پویا اهمیت و ضرورت بیشتری پیدا می‌کند. افزایش دسترسی عموم به فضای مجازی و به تبع آن، افزایش خرید و فروش آنلاین و از طرفی افزایش تمایل تولیدکنندگان به برقراری ارتباط نزدیک‌تر با جامعه مصرف، ساختار جدیدی را در چارچوب نظری زنجیره‌تأمین، تحت عنوان "بخش مستقیم یا آنلاین" پدیدار کرده است. با ایجاد بخش فروش مستقیم در یک زنجیره‌تأمین، خرده‌فروش در جذب مشتری و نهایتاً سود بیشتر، خود را رقیب تولیدکننده می‌داند. تاکنون در هیچ‌کدام از مدل‌های ارائه شده در چارچوب نظری، رقابت بر سر قیمت‌گذاری و تبلیغات پویا در زنجیره‌تأمین دو بخشی مطرح نبوده است؛ بنابراین، اهمیت و هدف مقاله حاضر، بررسی رفتار تعادلی در زنجیره‌تأمین محصول قهوه با وجود فروش آنلاین است. همچنین متغیر حالت در این مطالعه، میزان اعتباری است که توسط تبلیغات سراسری برای تولیدکننده (نزد مشتری) حاصل می‌شود و این موضوع از وجوه تمایز مطالعه حاضر با تحقیقات پیشین محسوب می‌شود. از نتایج حاصل از بررسی مدل یکپارچه دیفرانسیلی در زنجیره‌تأمین صنعت فرآوری قهوه (بررسی موردی) می‌توان به بالاتر بودن قیمت تعادلی فروش آنلاین محصول نسبت به قیمت خرده‌فروشی آن اشاره کرد. همچنین، حجم تبلیغات تولیدکننده در بخش آنلاین از حجم تبلیغات محلی خرده‌فروش بیشتر بوده و حجم تبلیغات خرده‌فروش نیز از حجم تبلیغات سراسری تولیدکننده بیشتر می‌باشد. در این مسأله، سود تولیدکننده در بخش آنلاین نیز همواره بیش از سود خرده‌فروش در بخش سنتی خرده‌فروشی است. تحلیل حساسیت سطوح تعادلی متغیرهای بهینه نسبت به تغییرات پارامترهای بازی نیز سه روند افزایشی، کاهشی و ترکیبی را در تغییرات سطوح تعادلی نسبت به افزایش مقدار پارامترهای مدل نشان می‌دهد.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

دریافت ۱۳۹۸/۱۲/۲۳

پذیرش ۱۳۹۹/۴/۱۵

(مقاله پژوهشی)

کلمات کلیدی:

بازی‌های پویا

تبلیغات

قیمت‌گذاری

زنجیره‌تأمین

نظریه بازی‌ها

صنعت قهوه

۱. مقدمه

خدمات است. اگر در یک زنجیره‌تأمین، بهینه‌سازی منافع اعضای حاضر در زنجیره مورد نظر باشد، لازم است شرایط حاکم بر روابط این اعضا نیز بررسی گردد. به‌طور کلی، در یک زنجیره‌تأمین غیرمتمرکز، هر یک

رایج‌ترین و مهم‌ترین هدف در بررسی ساختار یک زنجیره‌تأمین، بهینه‌سازی سود باتوجه به هزینه‌های تولید، نگهداری یا انتقال مواد و

قالب هماهنگی پارامترهای تبلیغات و قیمت به نتایج جامع‌تری در سنجش کارایی اعضاء در کل زنجیره منجر خواهد شد.

در پژوهش حاضر، در راستای هماهنگ‌سازی مستمر تصمیمات اعضاء زنجیره‌تأمین، دو مسأله قیمت‌گذاری و تبلیغات پویا به صورت هم‌زمان مورد بررسی قرار گرفته و مدلی با هدف یکپارچه‌سازی این عوامل در طول زمان و نیز در ساختار جدید زنجیره‌های تأمین دوبرخی در صنعت فرآوری قهوه ارائه شده است.

ساختار مقاله بدین ترتیب است که در بخش اول، پیشینه مهم‌ترین مطالعات مرتبط ارائه شده و پس از تبیین وجه تمایز این مطالعه، به معرفی اجمالی بازی‌های دیفرانسیلی پرداخته شده و نیز فرایند مدل‌سازی بازی مورد استفاده در بررسی موردی پژوهش از نظر خواهد گذشت. در بخش انتهایی مقاله نیز به ترتیب، تحلیل عددی و نتیجه‌گیری و پیشنهادات پژوهش ارائه شده است.

۲. پیشینه پژوهش

دامنه وسیعی از مطالعات مرتبط با قیمت‌گذاری و تبلیغات مشارکتی با استفاده از نظریه بازی‌ها در زنجیره‌های تأمین وجود دارند که می‌توان آن‌ها را از حیث موضوعات و مؤلفه‌هایی همچون دو (چند) سطحی/دوره‌ای، یکپارچگی یا عدم تمرکز، قطعی یا تصادفی، ایستایی یا پویایی، تک‌محصولی یا چندمحصولی، رویکردها و ابزارهای مدل‌سازی و حل مسأله، نوع متغیرها و حالات مختلف تصمیم در زنجیره‌های تأمین موردنظر، دسته‌بندی کرد. جدول (۱) نمایی از مهمترین موضوعات مطالعاتی مرتبط را در این حوزه نمایش داده است. مظفری (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای به بررسی هماهنگی تصمیمات قیمت‌گذاری و تبلیغات همکارانه در یک زنجیره‌تأمین دوبرخی پرداخت و از رویکرد بازی‌ها جهت مدل‌سازی و محاسبه هم‌زمان مقادیر بهینه متغیرهای قیمت، مقدار سفارش اقتصادی، هزینه تبلیغات خرده‌فروش و تولیدکننده در نقطه تعادل بازی بهره گرفت. کیانفر و همکاران (۱۳۹۸)، نیز با در نظر گرفتن امکان فروش کتاب الکترونیک در دو حالت تقاضای ثابت و تقاضای کاهش‌ی به تعیین قیمت‌های بهینه عمده‌فروشی و نهایی کتاب‌های چاپی و الکترونیک، تعیین و مقایسه سود نهایی اجزای زنجیره‌تأمین کتاب و بررسی مقادیر بهینه تقاضا در زنجیره‌های تأمین دوسطحی پرداختند. سینائی و همکاران (۱۳۹۷) با تمرکز بر یک زنجیره‌تأمین شامل یک تولیدکننده و دو خرده‌فروش، سیاست‌های قیمت‌گذاری بهینه و نیز تعیین درجه سبز بهینه در دو حالت متمرکز و غیرمتمرکز را بررسی نمودند و علاوه بر آن، به بررسی تأثیر مداخله دولت در زنجیره‌تأمین و جریمه محصولات ناسازگار با محیط زیست پرداختند. چن و همکاران (۲۰۱۲)، به تحلیل شیوه‌های قیمت‌گذاری، توسط تولیدکننده در یک زنجیره‌تأمین دوبرخی پرداختند. جهت هماهنگی در این زنجیره دوبرخی از سناریو

از اعضاء زنجیره، به صورت مستقل به بهینه‌سازی منافع خود می‌پردازد. در این حالت، دو وضعیت مختلف می‌تواند ایجاد شود: اول این‌که، اعضاء زنجیره، برای دریافت سهم بیشتر از سود به رقابت می‌پردازند. عواملی که به گسترش رقابت بین اعضاء یک زنجیره‌تأمین می‌تواند منجر شود، عبارتند از: محدودیت منابع، رقابت برای جذب بیشتر تقاضای مشتریان با استفاده از ابزارهایی مثل افزایش تبلیغات، کاهش قیمت و غیره. دوم این‌که، اعضاء زنجیره‌تأمین در راستای بهبود عملکرد کل سیستم، با داشتن یک قرارداد جمعی، برای هماهنگ‌سازی^۱ استراتژی‌های خود توافق کنند.

به‌طور کلی، مؤلفه‌هایی از نظریه بازی‌ها را که می‌توان در یک زنجیره‌تأمین مشاهده نمود عبارتند از: مجموعه بازیکنان (اعضای زنجیره‌تأمین)، مجموعه تصمیمات هر بازیکن (تعیین قیمت و یا هر عامل رقابتی دیگر) و پیامدها^۲ (به عبارت ساده‌تر، سود هر یک از اعضاء زنجیره با بازی انتخاب هر استراتژی توسط خود و دیگران). با استفاده از نظریه بازی‌ها می‌توان کارکرد بازیکنان و یا توان تأثیرگذاری آن‌ها در زنجیره را در قالب مجموعه‌ای از فرآیندهای تصمیم‌گیری، توصیف کرد. افزایش دسترسی به فضای مجازی و افزایش تمایل تولیدکنندگان به برقراری ارتباط نزدیک‌تر با جامعه مصرف، به ایجاد ساختار جدید در چارچوب نظری زنجیره‌تأمین تحت عنوان بخش مستقیم^۳ یا آنلاین^۴ منجر شده است. در این ساختار، به موازات زنجیره تولیدکننده/خرده‌فروش/ مصرف‌کننده، که به آن بخش معمول^۵ یا سنتی گفته می‌شود، تولیدکننده بدون واسطه و با استفاده از کنترل متغیرهایی از قبیل تبلیغات، قیمت، کیفیت، هزینه تولید و سایر متغیرها، اطلاعات بیشتری از ترجیحات مشتری کسب نموده و بر میزان اعتبار نام (شهرت) تجاری^۶ خود نزد مصرف‌کنندگان و در نتیجه بر میزان فروش و سود حاصله تأثیر می‌گذارد. تبلیغات تولیدکننده در یک زنجیره‌تأمین دوسطحی (یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش)، به افزایش اعتبار برند و نیز افزایش تمایل مصرف‌کنندگان به مصرف کالا با برند تولیدکننده منجر می‌شود، بنابراین در سود تولیدکننده و خرده‌فروش تأثیر مثبت خواهد داشت. همچنین، خرده‌فروش می‌تواند با انجام تبلیغات محلی، میزان فروش در این بخش از بازار عرضه را افزایش دهد. این افزایش در حجم فروش برای خرده‌فروش به افزایش در حجم فروش تولیدکننده نیز منجر خواهد شد. از طرف دیگر، با انجام تبلیغات توسط تولیدکننده در بخش فروش مستقیم، خرده‌فروش ممکن است تولیدکننده را یک رقیب، در سطح خرده‌فروشی خود در نظر گرفته و در نتیجه این تغییر می‌تواند به‌عنوان یک عامل تهدیدکننده، سود خرده‌فروش را کاهش دهد (پی و یان^۷، ۲۰۱۳). حال اگر قیمت‌های تعیین شده توسط اعضاء زنجیره‌تأمین در بخش‌های سنتی و فروش مستقیم نیز به‌عنوان فاکتور مؤثر دیگری در فروش و سود اعضاء زنجیره در نظر گرفته شود، بررسی یکپارچه زنجیره‌تأمین دوبرخی در

5. Traditional channel

6. Goodwill

7. Pei & Yan

1. Coordination

2. Pay off

3. Direct channel

4. Online channel

مداوم بحث کردند. علاوه بر آن، نتایج حاصل از زنجیره‌های تک‌کانال و دوکانال با هم مقایسه شدند. نتایج حاکی از آن است که هنگامی که میزان وفاداری مشتری به کانال خرده‌فروشی و هزینه‌های سبب افزایش می‌یابد، زنجیره‌تأمین سبب دوکانال وجود دارد.

یانگ و همکاران^۴ (۲۰۱۷)، به‌منظور ارتقاء بیشتر توسعه زنجیره‌تأمین سبب، طبق سناریوی رهبری کانال، سه مدل بازی از یک زنجیره‌تأمین سبب را با مداخلات دولتی تحت عدم قطعیت‌های فازی از هر دو هزینه تولید و تقاضای مصرف‌کننده توسعه داده‌اند. آن‌ها بررسی نموده‌اند که چگونه قیمت‌ها، سطح سبب و سود مورد انتظار تحت تأثیر رهبری کانال‌ها و مداخلات دولت قرار می‌گیرند. ربانی و همکاران (۲۰۱۸) نیز از رویکرد بازی استکلبرگ، تحت رهبری تولیدکننده، برای مدل‌سازی تصمیمات قیمت‌گذاری و تبلیغات رقابتی در یک زنجیره‌تأمین دوسطحی و چندمحصولی استفاده کردند و برای یافتن قیمت‌ها و هزینه‌های تبلیغاتی بهینه، رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی دوسطحی را به‌کار گرفتند. نتایج این مطالعه نشان داد که رقابت منجر به کاهش قیمت نزد خرده‌فروشی می‌شود که از نظر مصرف‌کننده ارجحیت دارد. همچنین در صورت تداوم و افزایش تأثیرات رقابت، سود تولیدکننده و خرده‌فروشان کاهش می‌یابد.

طالعی‌زاده و همکاران^۵ (۲۰۱۸)، به بررسی استراتژی‌های قیمت‌گذاری و همچنین تصمیم‌گیری در مورد کیفیت و تلاش تولیدکننده، خرده‌فروش می‌پردازند که در دو نوع زنجیره‌تأمین حلقه بسته فعالیت داشت.

فرش‌باف و ژاکور^۶ (۲۰۲۱)، مدلی چنددوره‌ای را برای بررسی تصمیمات قیمت‌گذاری و تبلیغات در یک زنجیره‌تأمین غیرمتمرکز مرتبط با صنعت مد، با فرض دونوع مصرف‌کننده کوتاه‌بین^۶ و استراتژیک، توسعه دادند؛ در فرضیات مدل آن‌ها، تبلیغات خرده‌فروش در طول زمان، بر تمایل به خرید مصرف‌کننده با نرخ کاهشی تأثیر مثبت داشت. تولیدکننده نیز قیمت عمده‌فروشی و سهم خود را در هزینه تبلیغات خرده‌فروش تعیین می‌کرد، درحالی‌که خرده‌فروش قیمت‌های خرده‌فروشی را در دوره‌های مختلف (فصول مختلف فروش) تعیین می‌کرد. بدین ترتیب رویکرد پیشنهادی آنان امکان تعیین تعداد افت‌های قیمت و نیز درصد تخفیفات قابل اعمال در طول فصل فروش را فراهم می‌کرد.

استکلبرگ استفاده شده است که در آن تولیدکننده نقش رهبر و خرده‌فروش نقش پیرو را ایفا می‌کند.

چوتانی و ستی (۲۰۱۲)، در پژوهشی، تبلیغات و قیمت‌گذاری بهینه را در یک زنجیره‌تأمین کالای بادوام با توجه به انحصار دوجانبه، در سطح خرده‌فروشی مورد توجه قرار داده‌اند. در این پژوهش، تولیدکننده در یک بازی استکلبرگ و به‌عنوان رهبر، بخشی از هزینه‌های تبلیغاتی خرده‌فروشان را متقبل می‌شود. خرده‌فروشان نیز در پاسخ، به بازی دیفرانسیلی اقدام می‌نمایند. پس از آن، مدل را به انحصار چندجانبه در سطح خرده‌فروشی گسترش دادند.

ژانگ و همکاران (۲۰۱۳) با فرض تأثیر تبلیغات روی قیمت مرجع، مدلی پویا را برای تبلیغات مشارکتی در یک زنجیره‌تأمین دوسطحی و نیز تحلیل چگونگی تأثیر قیمت مرجع بر تصمیمات تمامی اعضای زنجیره، پیشنهاد دادند. در این مطالعه، حسن‌نیت مصرف‌کننده و قیمت مرجع محصول، متغیرهای وابسته به تبلیغات فرض شدند و در مغادلات پویای دیفرانسیلی (تحت دو رویکرد بازی استکلبرگ و همکارانه) مدل‌سازی شدند. نتایج نشان داد که سطح تبلیغات، حسن‌نیت مصرف‌کننده و قیمت مرجع، همگی روی فروش تأثیر مستقیم دارند.

ژو و لین^۱ (۲۰۱۴)، به بررسی استراتژی‌های تبلیغات مشارکتی و قیمت‌گذاری پویا در یک زنجیره‌تأمین با یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش پرداختند. در این پژوهش سه سناریو همکارانه یا سود متمرکز، تعادل بازخوردی نش و استکلبرگ مطرح گردید. نتیجه این بررسی این بود که اعضای زنجیره در سناریوی همکارانه، برخلاف سناریو غیرهمکارانه، تبلیغات بیشتری انجام داده و سود بیشتری کسب می‌کنند.

گالگو^۲ (۲۰۱۴)، با استفاده از رقابت در چند محصول و تعریف یک تابع هدف سود و حداکثرسازی آن، نقطه تعادل قیمت را با استفاده از نظریه بازی‌ها تعیین نمود. در مدل پیشنهادی علاوه بر قیمت، مقدار سفارش برای هر یک از محصولات نیز تعیین شده‌اند.

لی و همکاران^۳ (۲۰۱۶)، در مورد قیمت‌گذاری و استراتژی‌های سبب برای اعضای زنجیره‌ای در هر دو مورد متمرکز و غیرمتمرکز، با استفاده از مدل بازی استکلبرگ تحت یک استراتژی قیمت‌گذاری

جدول (۱): مطالعات اخیر و مرتبط با قیمت‌گذاری و تبلیغات مشارکتی در زنجیره‌تأمین

ردیف	محققین	موضوع مطالعه	رویکرد/ابزار	متغیرهای کنترل یا تصمیم
۱	رحمانی، حجازی و راستی برزکی (۱۳۹۸)	راهبردهای تعادلی و پویای تبلیغات، قیمت و سود اعضای زنجیره‌ی تأمین	سناریوهای استکلبرگ و متمرکز و با رویکرد بازی‌های دیفرانسیلی	تبلیغات، قیمت فروش و سود هریک از اعضای زنجیره
۲	ذگردی و ضروری	قیمت‌گذاری پویا در شرایط رخداد اختلال و تقاضای تصادفی	بازی هم کارانه به‌عنوان استراتژی	مقدار بهینه‌ی تولید تولیدکنندگان و بازه‌ی بهینه‌ی قیمت عمده‌فروشی در دوران اختلال

4. Yang & et al.

5. Taleizadeh & et al.

6. myopic

1. Zhou & Lin

2. Gallego, G.

3. Li & et al.

	مقایله با اختلال	(۱۳۹۷)	
۳	بازی استکلبرک، الگوریتم زنتیک	تبلیغات مشارکتی و تصمیمات قیمت‌گذاری	ربانی و همکاران (۲۰۱۸)
۴	بازی استکلبرک	قیمت‌گذاری و تبلیغات برای مشتریان کوتاه بین و استراتژیک	فرش باف و ژاکور (۲۰۲۱)
۵	سناریوهای قیمت‌گذاری غیرمتمرکز و یکپارچه	راهبردهای تبلیغات، طراحی محصول و قیمت‌گذاری آن	یان و یی (2020)
۶	بازی غیرهمکارانه‌ی نش و استکلبرگ-خرده‌فروش و بازی همکارانه	هماهنگی سیاست‌های قیمت‌گذاری و تبلیغات مشارکتی با در نظر گرفتن هزینه‌های موجودی و تقاضای وابسته	زارعی، حجازی و راستی برزکی (۱۳۹۷)
۷	سناریوهای استکلبرگ و همکارانه، رویکرد بازی‌های دیفرانسیلی	راهبردهای قیمت‌گذاری و تبلیغات بهینه تحت حالات مختلف زنجیره‌های تأمین الکترونیکی	وانگ و یو (۲۰۱۸)
۸	رویکرد بازی‌های دیفرانسیلی در سناریوهای تعادل نش و بازی همکارانه	تصمیمات بهینه تأمین‌کننده و خرده‌فروش در قراردادهای کمی انعطاف‌پذیر	طاهری و همکاران (۲۰۱۵)

هم در سود تولیدکننده و هم در سود خرده‌فروش تأثیر مثبت خواهد داشت. همچنین، خرده‌فروش با انجام تبلیغات محلی، میزان فروش در این بخش از بازار عرضه را افزایش می‌دهد. این افزایش در حجم فروش برای خرده‌فروش به افزایش حجم فروش تولیدکننده نیز خواهد انجامید. از طرف دیگر، با انجام تبلیغات تولیدکننده در بخش فروش مستقیم، خرده‌فروش ممکن است تولیدکننده را یک رقیب در سطح خرده‌فروشی خود در نظر بگیرد، و در نتیجه این تغییر می‌تواند به‌عنوان یک عامل تهدیدکننده، سود خرده‌فروش را کاهش دهد.

حال اگر قیمت‌های تعیین‌شده توسط اعضای زنجیره‌تأمین در بخش‌های سنتی و فروش مستقیم نیز به‌عنوان فاکتور مؤثر دیگری در فروش و سود اعضای زنجیره در نظر گرفته شود، بررسی یکپارچه زنجیره‌تأمین دوبخشی در قالب هماهنگی پارامترهای تبلیغات و قیمت به نتایج جامع‌تری در سنجش کارایی اعضاء در کل زنجیره منجر خواهد شد. بنابراین، اهمیت و هدف مقاله حاضر، بررسی رفتار تعادلی در زنجیره‌تأمین قهوه با وجود فروش مستقیم یا آنلاین خواهد بود. همچنین متغیر حالت در این مطالعه، میزان اعتباری است که توسط تبلیغات سراسری برای تولیدکننده، نزد مشتری حاصل می‌شود (اعتبار برند و یا شهرت تجاری تولیدکننده) و این موضوع از وجوه تمایز مطالعه حاضر با تحقیقات پیشین محسوب می‌شود.

۳. تعریف مسأله و مدل‌سازی بازی

بازی‌هایی که در طی یک دوره زمانی پیوسته^۴ انجام می‌شوند را بازی‌های پویای دیفرانسیلی می‌نامند. این دسته از مسائل بهینه‌سازی

با مرور مطالعات مرتبط با قیمت‌گذاری، تبلیغات و زنجیره‌های تأمین دوبخشی، ملاحظه می‌شود که تاکنون در مسائل قیمت‌گذاری و تبلیغات پویای زنجیره‌های تأمین، تبلیغات محلی و سراسری در دو بخش فروش سنتی و آنلاین، کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

باتوجه به افزایش دسترسی عامه مردم به فضای مجازی و به تبع آن افزایش خریدوفروش‌های آنلاین و نیز افزایش تمایل تولیدکنندگان به برقراری ارتباط نزدیک‌تر با جامعه مصرف، ساختاری جدید در ادبیات زنجیره‌تأمین تحت عنوان بخش مستقیم^۱ و یا در حالت خاص بخش آنلاین^۲ پدیدار شده است. مک گویر و استالین (۱۹۸۳)، پیشنهاد می‌کنند که اگر بازار یک محصول گرایش شدیدی به سمت رقابتی شدن نشان دهد، بهتر است علاوه بر فروش از طریق عوامل خرده‌فروشی رقیب، به شکل مستقیم و در قالب یک بخش آنلاین به فروش محصول اقدام نمایند. در ساختار مورد اشاره، در کنار رده‌های تولیدکننده، خرده‌فروش، مصرف‌کننده که به آن بخش‌های معمول^۳ یا سنتی گفته می‌شود، تولیدکننده، بدون واسطه و مستقیماً، با برآورده‌سازی نیاز مصرف‌کننده، با استفاده از کنترل متغیرهایی از قبیل حجم تبلیغات، قیمت، کیفیت، هزینه تولید و غیره، اطلاعات بیشتری از ترجیحات مشتری کسب نموده و بر میزان اعتبار نام تجاری^۴ و یا شهرت نام تجاری خود نزد مصرف‌کنندگان افزوده و در نتیجه بر میزان فروش و سود حاصله تأثیر می‌گذارد. تبلیغات تولیدکننده در زنجیره‌تأمین دوسطحی با یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش، منجر به افزایش اعتبار برند خود و افزایش تمایل مصرف‌کنندگان به مصرف کالا با برند تولیدکننده می‌شود، بنابراین

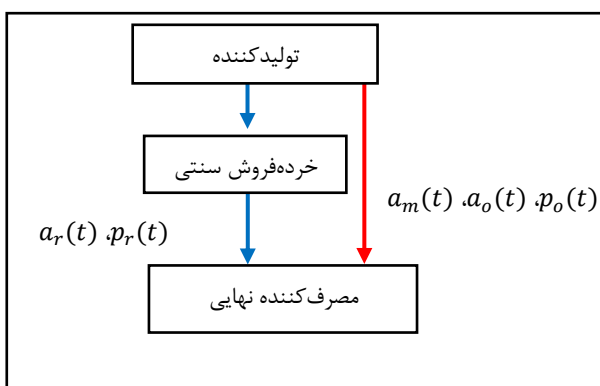
4. Goodwill
5. Continues Time

1. Direct channel
2. Online channel
3. Traditional channel

- می‌شود. هزینه‌های این تبلیغات توسط تولیدکننده تأمین می‌شود.
- (۳) تبلیغات محلی خرده‌فروش سنتی که با $a_r(t)$ نشان داده می‌شود.
- (۴) قیمت خرده‌فروشی در بخش آنلاین که با $p_o(t)$ نشان داده می‌شود.
- (۵) قیمت خرده‌فروشی در بخش سنتی که با $p_r(t)$ نشان داده می‌شود.
- (۶) متغیر حالت، بیانگر اعتبار برند تولیدکننده که با $G(t)$ نشان داده شده و فقط تحت تأثیر متغیر کنترل تبلیغات سراسری است. زنجیره‌تأمین دوبخشی و اعضای زنجیره مورد بررسی در این پژوهش، همچنین متغیرهای کنترل در شکل (۱) نشان داده شده است.

جدول (۲): ویژگی‌های مدل پیشنهادی پژوهش

مدل معادله	ویدال-ولف	لانچستر	نرلاو-آرو
حالت	✓		
اعتبار برند	تولیدکننده	خرده‌فروش آنلاین	خرده‌فروش سنتی
	✓		
جنس تبلیغات	سطح تبلیغات	هزینه تبلیغات	
	✓		
رویکرد تبلیغات	تولیدکننده	خرده‌فروش آنلاین	خرده‌فروش سنتی
	سراسری	محلی	محلی
تبلیغات در تابع تقاضا	خطی	رادیکالی	درجه دو
	✓		
قیمت در تابع تقاضا	خطی		درجه دو
	✓		
تبلیغات در تابع هزینه	خطی		درجه دو
			✓



شکل (۱): نمایش زنجیره‌تأمین دوبخشی، اعضای زنجیره و متغیرهای کنترل

تحت عنوان مسائل کنترل بهینه^۱ نیز شناخته می‌شوند که بیش از یک کنترل‌کننده یا بازیکن دارد (ستی، ۲۰۰۰). در یک بازی دیفرانسیلی هر بازیکن با انتخاب استراتژی خود برای متغیرهای تحت کنترل خویش، سعی در حداکثرسازی تابع هدف خود مبتنی بر مقدار ارزش حال مطلوبیت کسب‌شده در طول افق زمانی محدود و یا نامحدود را دارد. انتخاب‌های بازیکن بر تغییرات متغیر حالت بازی (سیستم دینامیکی بازی) و توابع هدف سایر بازیکنان تأثیرگذار است (داکتر، ۲۰۰۰). نام‌گذاری این بازی‌ها به دلیل این واقعیت است که تکامل سیستم در طول زمان و توسط معادلات دیفرانسیلی مدل‌سازی می‌شود (یورگنسن، ۲۰۰۴). برای تعیین تعادل بازی‌های دیفرانسیلی می‌توان از روش معادلات هامیلتون-ژاکوبی-بلمن در برنامه‌ریزی پویا استفاده نمود که توسط ریچارد بلمن و همکاران در سال ۱۹۵۰ پایه‌ریزی شد. این معادلات از جنس معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی است که شرایط لازم و کافی را برای بهینگی یک مسیر کنترل بهینه فراهم می‌کند (بلمن، ۱۹۵۶).

زنجیره‌تأمین مورد بررسی در این پژوهش، همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش است که در آن، تولیدکننده علاوه بر عرضه اقلام در زنجیره‌تأمین سنتی (از طریق خرده‌فروشی)، به فروش آنلاین نیز پرداخته است. در مطالعه موردی حاضر، عرضه محصولات شرکت فرا اتحاد به‌عنوان تولیدکننده (واردات و فرآوری) در سطح شهر مشهد، مورد بررسی قرار گرفته است. برای مدل‌سازی مسأله، ابتدا ویژگی‌های مدل، متغیرهای کنترل و متغیر حالت تعریف شده و سپس با در نظر گرفتن ویژگی‌های متغیرهای کنترل حالت، به ارائه مدل بازی دیفرانسیلی پرداخته می‌شود. پس از آن، پارامترهای مدل تعریف شده و در نهایت، به یافتن تعادل نش مسأله باتوجه به معادلات هامیلتون-ژاکوبی-بلمن، اقدام می‌گردد. فرضیات مدل طراحی شده عبارتند از:

(الف) بازیکنان حاضر در یک بازی پویا در بررسی موردی زنجیره‌تأمین صنعت فرآوری قهوه، همان تولیدکننده و خرده‌فروش هستند که جهت کسب منافع بیشتر با یکدیگر در رقابت می‌باشند.

(ب) در این مسأله متغیر حالت، میزان اعتباری است که توسط تبلیغات سراسری برای تولیدکننده، نزد مشتری حاصل می‌شود که اعتبار برند و یا شهرت تجاری تولیدکننده نامیده می‌شود.

(ج) اعتبار تولیدکننده صرفاً به‌وسیله تبلیغات سراسری ایجاد می‌شود و متأثر از تبلیغات محلی با تأثیر لحظه‌ای و کوتاه‌مدت در بخش-های آنلاین و خرده‌فروشی نخواهد بود. سایر ویژگی‌های مدل پیشنهادی به‌طور خلاصه و در جدول (۲) نمایش داده شده است.

۳-۱. معرفی متغیرها و پارامترها

در این مسأله، پنج متغیر کنترل و یک متغیر حالت سیستم دینامیکی به‌صورت زیر تعریف شده است:

- (۱) تبلیغات سراسری تولیدکننده که با $a_m(t)$ نشان داده می‌شود.
- (۲) تبلیغات محلی خرده‌فروش آنلاین که با $a_o(t)$ نشان داده

محل‌ی خرده‌فروش و قیمت خرده‌فروشی توسط خرده‌فروش سنتی کنترل می‌شوند. به دلیل آن‌که تولیدکننده تحت عنوان خرده‌فروش آنلاین و در مقابل خرده‌فروش سنتی به‌طور مجزا به تبلیغات محل‌ی می‌پردازند، باید اثرگذاری رقابتی تبلیغات محل‌ی دو بنگاه در مدل لحاظ شود. تعاریف مربوط به ضرایب ثابت و پارامترهای مسأله در جدول (۳) و فرضیات اصلی مربوطه نیز بعد از قابل مشاهده است.

در بخش فروش مستقیم زنجیره‌تأمین دویخشی، دو متغیر تبلیغات سراسری صورت گرفته توسط تولیدکننده و تبلیغات محل‌ی آنلاین به‌همراه متغیر قیمت در بخش آنلاین توسط تولیدکننده و خرده‌فروش آنلاین کنترل می‌شوند. بایستی توجه شود که خرده‌فروش آنلاین، یک واحد زیرمجموعه تولیدکننده است و واحد مجزای تصمیم‌گیری محسوب نمی‌شود، لذا هر سه متغیر توسط تولیدکننده کنترل می‌شوند. در بخش سنتی، متغیرهای تبلیغات

جدول (۳): تعریف پارامترهای بازی دیفرانسیلی اعضای زنجیره دویخشی

پارامتر	تعریف	پارامتر	تعریف
ρ	نرخ تنزیل	β_r	اثر تبلیغات خرده‌فروش در تقاضای بخش سنتی
ψ_r	اثر هزینه تبلیغات خرده‌فروش در تابع هدف خرده‌فروش	β_o	اثر تبلیغات محل‌ی آنلاین بر تقاضای بخش آنلاین
ψ_o	اثر تابع هزینه تبلیغات آنلاین در تابع هدف تولیدکننده	γ_r	اثر تبلیغات آنلاین در تقاضای بخش سنتی
ψ_m	اثر تابع هزینه تبلیغات سراسری در تابع هدف تولیدکننده	γ_o	اثر تبلیغات خرده‌فروش در تقاضای بخش آنلاین
φ_m	اثر سطح تبلیغات سراسری بر اعتبار تولیدکننده	θ_r	اثر قیمت خرده‌فروش در تقاضای بخش سنتی
w	قیمت تولیدکننده به خرده‌فروش سنتی	θ_o	اثر قیمت آنلاین در تقاضای بخش آنلاین
c	هزینه ثابت تولید یک واحد محصول	τ_r	اثر قیمت خرده‌فروش در تقاضای بخش آنلاین
δ	زوال اعتبار تولیدکننده	τ_o	اثر قیمت آنلاین در تقاضای بخش سنتی
α_r	تقاضای پایه در بخش سنتی	v_r	اثر اعتبار تولیدکننده در بخش خرده‌فروش
α_o	تقاضای پایه در بخش آنلاین	v_o	اثر اعتبار تولیدکننده در بخش آنلاین

شرایط اولیه آن. در این بازی، افق زمانی بی‌نهایت بوده و در نتیجه تابع پیامد فاقد جزء انتهایی است.

۳-۲-۱. تابع پیامد تولیدکننده:

$$V_m(t) = \max_{a_m, a_o, p_o} \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \left((w - c)S_r(t) + (p_o(t) - c)S_o(t) - \left(\frac{\psi_m}{2} a_m^2(t) + \frac{\psi_o}{2} a_o^2(t) \right) \right) dt \quad (1)$$

تابع میانی در رابطه (۱) برابر با تابع سود ایستا در لحظه t است که برابر است با مجموع درآمد تولیدکننده در هر دوی بخش عرضه آنلاین و سنتی، منهای هزینه تبلیغات سراسری و محل‌ی تولیدکننده. ساختار این تابع برگرفته از یورگنسن (۲۰۰۴) است.

۳-۲-۲. تابع پیامد خرده‌فروش:

$$V_r(t) = \max_{a_r, p_r} \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \left((p_r(t) - w)S_r(t) - \left(\frac{\psi_r}{2} a_r^2(t) \right) \right) dt \quad (2)$$

در رابطه (۲)، درآمد خرده‌فروش سنتی صرفاً از طریق تقاضا در بخش سنتی می‌باشد و تابع هزینه خرده‌فروش مربوط به تبلیغات محل‌ی خرده‌فروش است.

عطف به چارچوب نظری، هنگامی که مقدار متغیر تبلیغات وابسته به سطح تبلیغات باشد، در مدل‌سازی مسأله، تبلیغات بر تقاضا تأثیر خطی خواهد داشت و وقتی که هزینه‌های تبلیغات مطرح می‌شود با تأثیر صعودی و روندی کاهشی، در تابع تقاضای مصرف‌کننده، همراه است. همچنین، در پژوهش صورت گرفته توسط آوست و بوچر (۲۰۱۴) اذعان شده است که در بیشتر توابع تقاضای پویا، قیمت در فرم خطی موردنظر و کاربرد است. در ادبیات موضوع از مدل‌هایی که در توابع تقاضای آن‌ها، متغیرهای کنترل و حالت، خطی هستند، به میزان وسیعی استفاده شده است (یورگنسن، ۲۰۰۴). همچنین هنگامی که هزینه‌های تبلیغاتی به‌عنوان یک متغیر کنترل در مدل مطرح است، تابع هزینه نسبت به متغیر کنترل تبلیغات، تابعی خطی فرض می‌شود؛ به عبارت دیگر، ضریبی از متغیر کنترل تبلیغات به‌عنوان هزینه، لحاظ می‌شود و بالاخره وقتی که سطح (حجم) فعالیت‌های تبلیغاتی به‌عنوان متغیر کنترل مدل، مطرح شوند، تابع هزینه یک تابع درجه دو نسبت به متغیر کنترل تبلیغات، در نظر گرفته می‌شود. به‌طور کلی و در چارچوب نظری، به‌کارگیری تابع هزینه‌ها به فرم درجه دو از سطح تبلیغات، متداول‌تر است. از آنجایی که در این مطالعه بر سطح تبلیغات تمرکز شده است، لذا در مدل‌سازی مسأله نیز تأثیر خطی تبلیغات بر تقاضا و تأثیر درجه دو تبلیغات بر تابع هزینه، در نظر گرفته شده است.

۳-۲-۳. اجزای مدل بازی دیفرانسیلی

مدل بازی دیفرانسیلی برای اعضای حاضر در یک زنجیره‌تأمین دویخشی، عبارت است از توابع پیامد بازیکنان و معادله حالت به‌همراه

۳-۲-۱. شرایط لازم بهینگی مرتبه اول

برای بهینگی باید شرایط لازم بهینگی مرتبه اول برای متغیرهای کنترل برآورده شود. باتوجه به روابط فوق و تعریف هامیلتونی، برای هامیلتونی‌های تولیدکننده و خرده‌فروش داریم:

$$H_m = \left((w - c)S_r(t) + (p_o(t) - c)S_o(t) - \left(\frac{\psi_m}{2} a_m^2(t) + \frac{\psi_o}{2} a_o^2(t) \right) \right) + \frac{\partial V_m}{\partial G} \cdot \dot{G}(t)$$

$$H_r = \left((p_r(t) - w)S_r(t) - \left(\frac{\psi_r}{2} a_r^2(t) \right) \right) + \frac{\partial V_r}{\partial G} \cdot \dot{G}(t)$$

برای برقراری شرط لازم بهینگی مرتبه اول متغیرهای کنترل a_m ، a_o و p_o ، برای تولیدکننده مشتقات جزئی مرتبه اول هامیلتونی نسبت به متغیرهای کنترل به صورت زیر است:

$$\frac{\partial H_m}{\partial a_m} = \frac{\partial V_r}{\partial G} \varphi_m - \psi_m a_m = 0 \quad (۸)$$

$$\frac{\partial H_m}{\partial a_o} = \beta_o (p_o - w) - \gamma_r (w - c) - \psi_o a_o = 0 \quad (۹)$$

$$\frac{\partial H_m}{\partial p_o} = \alpha_o + \beta_o a_o - \gamma_o a_r - \theta_o (2p_o - c) + \tau_o p_r + \tau_r (w - c) + \nu_o G = 0 \quad (۱۰)$$

جهت برقراری شرط لازم بهینگی مرتبه اول متغیرهای کنترل a_r و p_r ، برای خرده‌فروش نیز مشتقات جزئی مرتبه اول هامیلتونی نسبت به متغیرهای کنترل به صورت زیر است:

$$\frac{\partial H_r}{\partial a_r} = \beta_r (p_r - w) - \psi_r a_r = 0 \quad (۱۱)$$

$$\frac{\partial H_r}{\partial p_r} = \alpha_r + \beta_r a_r - \gamma_r a_o - \theta_r (2p_r - w) + \tau_r p_o + \nu_r G = 0 \quad (۱۲)$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود در روابط (۸) تا (۱۲)، توابع مشتق جزئی هامیلتونی نسبت به متغیرهای کنترل، توابعی خطی از آن‌ها هستند. بنابراین، مجموعه معادلات (۸) تا (۱۲) تشکیل یک دستگاه معادلات خطی را داده و به این ترتیب، برای یافتن مقادیر مستقل متغیرهای کنترل، اقدام به حل این دستگاه معادلات خطی شده است. برای حل سیستم معادلات خطی (۸) تا (۱۲)، از نرم‌افزار متمتیکا^۱ استفاده شده است در نتیجه، مقادیر بهینه متغیرهای کنترل برحسب متغیر G حاصل خواهد شد و به صورت مختصر متغیرهای کنترل عبارت است از:

$$a_m^*(t) = \hat{a}_{a_m} + \hat{b}_{a_m} G(t) \quad (۱۳)$$

$$a_o^*(t) = \hat{a}_{a_o} + \hat{b}_{a_o} G(t) \quad (۱۴)$$

$$p_o^*(t) = \hat{a}_{p_o} + \hat{b}_{p_o} G(t) \quad (۱۵)$$

$$p_r^*(t) = \hat{a}_{p_r} + \hat{b}_{p_r} G(t) \quad (۱۶)$$

۳-۲-۳. تشریح محدودیت‌ها

در مسأله مورد بررسی، تغییرات حجم اعتبار تولیدکننده صرفاً وابسته به تبلیغات سراسری تولیدکننده در نظر گرفته شده است، که معادله حالت محدودیت دینامیکی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\dot{G}(t) = \varphi_m a_m(t) - \delta G(t), G(0) = G_0 \quad (۳)$$

در رابطه (۳)، شرایط اولیه معادله حالت توسط رابطه $G_0 \geq 0$ با فرض $G_0 \geq 0$ تعیین شده است.

۳-۲-۴. تابع تقاضا در بخش آنلاین:

$$S_o(t) = \alpha_o + \beta_o a_o(t) - \gamma_o a_r(t) - \theta_o p_o(t) + \tau_o p_r(t) + \nu_o G(t) \quad (۴)$$

در تابع تقاضای (۴)، تأثیرات رقابتی اشاره شده در بخش قبل با حضور تبلیغات و قیمت خرده‌فروش به عنوان رقیب مشاهده می‌شود.

۳-۲-۵. تابع تقاضا در بخش سنتی:

$$S_r(t) = \alpha_r + \beta_r a_r(t) - \gamma_r a_o(t) - \theta_r p_r(t) + \tau_r p_o(t) + \nu_r G(t) \quad (۵)$$

در تابع تقاضای فوق نیز تأثیرات رقابتی بخش آنلاین در بخش سنتی قابل مشاهده است. تبلیغات سراسری تولیدکننده در توابع تقاضای (۴) و (۵) حضور ندارد، به این دلیل که اثر این متغیر در توابع تقاضا به صورت غیرمستقیم و به واسطه اعتبار تولیدکننده است.

۳-۳. تعادل نش در زنجیره تأمین دوبخشی

برای یافتن تعادل نش در بازی دیفرانسیلی اعضای زنجیره دوبخشی، ابتدا باید معادلات هامیلتون-جاکوبی-بلمن تشکیل شود. لذا برای حل مدل‌های شامل پارامتر تنزیل، معادله‌های هامیلتون-ژاکوبی-بلمن برای تولیدکننده و خرده‌فروش به صورت زیر است:

$$\rho V_m(t) = \max_{a_m, a_o, p_o} \left((w - c)S_r(t) + (p_o(t) - c)S_o(t) - \left(\frac{\psi_m}{2} a_m^2(t) + \frac{\psi_o}{2} a_o^2(t) \right) + \frac{\partial V_m}{\partial G} \cdot \dot{G}(t) \right) \quad (۶)$$

$$\rho V_r(t) = \max_{a_r, p_r} \left((p_r(t) - w)S_r(t) - \left(\frac{\psi_r}{2} a_r^2(t) \right) + \frac{\partial V_r}{\partial G} \cdot \dot{G}(t) \right) \quad (۷)$$

باتوجه به اصل بهینگی بلمن، روابط (۶) و (۷) شرایط کافی را برای بهینگی مسیرهای کنترل فراهم می‌نمایند. بنابراین، در ادامه باید شرایط لازم بهینگی مسیرهای کنترل که عبارتند از شروط لازم بهینگی مرتبه اول و مرتبه دوم، برآورده شوند.

معادلات هامیلتون-ژاکوبی-بلمن، شرایط لازم و کافی جهت بهینگی متغیرهای کنترل و حالت برقرار می‌شود.

۳-۴. روش حل معادلات هامیلتون-ژاکوبی-بلمن

برای به‌دست آوردن مسیرهای کنترل و حالت بهینه، روابط (۱۳) تا (۱۷) در محیط برنامه ممتیکا ساده‌سازی شده و مقادیر متغیرهای کنترل بهینه به‌صورت توابع خطی از متغیر $G(t)$ حاصل می‌شود. حال، با قرار دادن مقادیر بهینه فوق در معادلات هامیلتون-ژاکوبی-بلمن، توابع تقاضا و توابع هزینه، معادلات (۶) و (۷) به‌صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$\rho V_m(t) = \left((w - c)S_r^*(t) + (p_o^*(t) - c)S_o^*(t) - \left(\frac{\psi_m}{2} (a_m^*(t))^2 + \frac{\psi_o}{2} (a_o^*(t))^2 \right) \right) + \frac{\partial V_m}{\partial G} \cdot \dot{G}(t) \quad (23)$$

$$\rho V_r(t) = \left((p_r^*(t) - w)S_r^*(t) - \frac{\psi_r}{2} (a_r^*(t))^2 \right) + \frac{\partial V_r}{\partial G} \cdot \dot{G}(t) \quad (24)$$

این معادلات شامل پارامترها و ثابت‌های اشاره شده در جدول (۴) و نیز متغیر حالت $G(t)$ و مقادیر $\frac{\partial V_m}{\partial G}$ و $\frac{\partial V_r}{\partial G}$ هستند. معادلات (۲۳) و (۲۴) یک دستگاه معادلات دیفرانسیل غیرخطی را تشکیل داده که اصطلاحاً دستگاه معادلات دیفرانسیل ریکاتی نامیده می‌شود. معادلات دیفرانسیل ریکاتی، بدون داشتن جواب خصوصی قابل حل نیست. لذا، برای به‌دست آوردن تابع مقدار، جواب‌های خصوصی این معادلات لازم است. جواب‌های خصوصی که به‌طور معمول در ادبیات موضوع مورد استفاده قرار می‌گیرند، در روابط (۲۵) و (۲۶) نشان داده شده‌اند.

$$V_m(t) = \frac{m_1}{2} G^2 + m_2 G + m_3 \quad (25)$$

$$V_r(t) = \frac{r_1}{2} G^2 + r_2 G + r_3 \quad (26)$$

در روابط فوق، مقادیر ثابت‌های عددی m_1 ، m_2 و m_3 و همچنین r_1 ، r_2 و r_3 باید تعیین شوند. با توجه به روابط (۲۵) و (۲۶)، مشتقات جزئی مقادیر $\frac{\partial V_m}{\partial G}$ و $\frac{\partial V_r}{\partial G}$ را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد:

$$\frac{\partial V_m}{\partial G} = m_1 G + m_2 \quad (27)$$

$$\frac{\partial V_r}{\partial G} = r_1 G + r_2 \quad (28)$$

اگر به‌جای مشتقات جزئی $\frac{\partial V_m}{\partial G}$ و $\frac{\partial V_r}{\partial G}$ در معادلات (۲۳) و (۲۴)، عبارات معادل آن‌ها در روابط (۲۷) و (۲۸) جایگزین شود و با استفاده از نرم‌افزار ممتیکا ساده‌سازی شود، روابط زیر به‌دست می‌آید:

$$V_m(t) = \frac{1}{\rho} \left((w - c)S_r^*(t) + (p_o^*(t) - c)S_o^*(t) - \left(\frac{\psi_m}{2} (a_m^*(t))^2 + \frac{\psi_o}{2} (a_o^*(t))^2 \right) \right) \quad (29)$$

$$a_r^*(t) = \hat{a}_{a_r} + \hat{b}_{a_r} G(t) \quad (17)$$

ضرایب \hat{a}_i و \hat{b}_i در روابط فوق، توابعی از پارامترهای مسأله و مشتقات جزئی توابع مقدار نسبت به اعتبار تولیدکننده هستند. از آنجایی که مقادیر بهینه متغیرهای کنترل روابط حجیمی دارند، ارائه آن‌ها در این بخش خودداری شده است.

۳-۳-۲. شرایط لازم بهینگی مرتبه دوم

به‌منظور برقراری شرایط مرتبه دوم، ماتریس مشتقات دوم هامیلتونی‌های تولیدکننده و خرده‌فروش نسبت به متغیرهای کنترل متناظر تشکیل می‌شود. با توجه به حداکثرسازی هامیلتونی‌ها نسبت به متغیرهای کنترل، باید ماتریس هسین تشکیل شده از مشتقات دوم هامیلتونی‌های تولیدکننده و خرده‌فروش، معین منفی باشند.

۳-۳-۳. شرایط مرتبه دوم بهینگی برای تولیدکننده

برای برقراری شرایط مرتبه دوم بهینگی، ماتریس هسین تولیدکننده باید معین منفی باشد، لذا داریم:

$$HS_m = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 H_m}{\partial a_o^2} & \frac{\partial^2 H_m}{\partial a_o \partial p_o} & \frac{\partial^2 H_m}{\partial a_o \partial a_m} \\ \frac{\partial^2 H_m}{\partial p_o \partial a_o} & \frac{\partial^2 H_m}{\partial p_o^2} & \frac{\partial^2 H_m}{\partial p_o \partial a_m} \\ \frac{\partial^2 H_m}{\partial a_m \partial a_o} & \frac{\partial^2 H_m}{\partial a_m \partial p_o} & \frac{\partial^2 H_m}{\partial a_m^2} \end{bmatrix} < 0$$

بنابراین، با توجه به روابط (۸)، (۹) و (۱۰) برای ماتریس هسین تولیدکننده داریم:

$$HS_m = \begin{bmatrix} -\psi_o & \beta_o & 0 \\ \beta_o & -2\theta_o & 0 \\ 0 & 0 & -\psi_m \end{bmatrix} < 0$$

در نتیجه، روابط زیر به‌دست می‌آید:

$$\psi_o > 0 \quad (18)$$

$$2\theta_o \psi_o - \beta_o^2 > 0 \quad (19)$$

$$\psi_m (2\theta_o \psi_o - \beta_o^2) > 0 \quad (20)$$

۳-۳-۴. شرایط مرتبه دوم برای خرده‌فروش

به‌منظور برقراری شرایط مرتبه دوم، ماتریس هسین خرده‌فروش نیز باید معین منفی باشد. لذا داریم:

$$HS_r = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 H_r}{\partial a_r^2} & \frac{\partial^2 H_r}{\partial a_r \partial p_r} \\ \frac{\partial^2 H_r}{\partial p_r \partial a_r} & \frac{\partial^2 H_r}{\partial p_r^2} \end{bmatrix} < 0$$

بنابراین، برای ماتریس هسین داریم:

$$HS_r = \begin{bmatrix} -\psi_r & \beta_r \\ \beta_r & -2\theta_r \end{bmatrix} < 0$$

در نتیجه، روابط زیر به‌دست می‌آید:

$$\psi_r > 0 \quad (21)$$

$$2\theta_r \psi_r - \beta_r^2 > 0 \quad (22)$$

در نهایت، با برقرار شدن مجموعه روابط (۱۳) تا (۱۸)، متغیرهای کنترل بهینه شده و شرایط لازم جهت بهینگی تابع مقدار به‌دست می‌آید. از طرف دیگر، شرایط کافی برای بهینگی تابع مقدار نیز به‌وسیله معادلات هامیلتون-ژاکوبی-بلمن برآورده می‌شود. بنابراین، با حل

مدل که از مطالعه موردی (شرکت فرا اتحاد) اخذ شده‌اند، شامل مواردی همچون قیمت عمده‌فروشی تولیدکننده به خرده‌فروش سنتی، هزینه ثابت تولید برای هر واحد محصول، تقاضای پایه در کانال‌های سنتی و آنلاین می‌باشند.

جدول (۴): مقادیر پارامترهای مدل بازی دیفرانسیلی در

زنجیره تأمین دوبخشی قهوه

پارامترهای عمومی	پارامترهای تولیدکننده	پارامترهای خرده‌فروش
$\rho = 0.4$	$\alpha_o = 10$	$\alpha_r = 10$
$\gamma\delta = 0.0$	$\beta_o = 1$	$\beta_r = 1$
$w = 8$	$\gamma_o = 0.3$	$\gamma_r = 0.7$
$c = 4$	$\psi_o = 1$ و $\psi_m = 1$	$\psi_r = 1$
$G_0 = 8$	$\theta_o = 1$	$\theta_r = 1$
$\varphi_m = 1$	$\tau_o = 0.71$	$\tau_r = 0.71$
	$\nu_o = 0.1$	$\nu_r = 0.1$

در شرط لازم بهینگی مرتبه اول برای یافتن مقادیر بهینه هم‌زمان متغیرهای کنترل، پس از حل دستگاه معادلات خطی برحسب این متغیرها، نتایج زیر به دست آمده است:

$$a_m^*(t) = \frac{\partial V_m}{\partial G} \quad (34)$$

$$a_m^*(t) = 11.7677 + 0.14158G \quad (35)$$

$$p_o^*(t) = 18.5677 + 0.14158G \quad (36)$$

$$p_r^*(t) = 14.9457 + 0.10140G \quad (37)$$

$$a_r^*(t) = 6.94568 + 0.10140G \quad (38)$$

رابطه (۳۴) نیز با در نظر گرفتن جواب خصوصی برای تابع مقدار، به تابعی خطی از متغیر حالت تبدیل خواهد شد. برای شرط مرتبه دوم بهینگی، ماتریس‌های هسین تولیدکننده و خرده‌فروش را تشکیل داده و شرایط این ماتریس‌ها باتوجه به مقادیر جدول (۴) بررسی می‌شود. باتوجه به روابط (۸)، (۹) و (۱۰) برای ماتریس هسین تولیدکننده تایید می‌شود که ماتریس هسین تولیدکننده، منفی معین است.

$$HS_m = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 1 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} < 0$$

ماتریس هسین خرده‌فروش نیز به صورت زیر است:

$$HS_r = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -2 \end{bmatrix} < 0$$

بنابراین، متغیرهای کنترل دو شرط لازم بهینگی را مرتفع می‌کنند.

شرایط کافی برای بهینگی مسیرهای کنترل و تابع مقدار با استفاده از معادلات هامیلتون-ژاکوبی-بلمن و مقادیر عددی پارامترهای جدول (۴) برآورده می‌شوند. با در نظر گرفتن جواب‌های خصوصی معادلات به فرم‌های $V_r(t) = \frac{r_1}{2}G^2 + r_2G + r_3$ و $V_m(t) = \frac{m_1}{2}G^2 + m_2G + m_3$ و همچنین، نمایش مشتقات جزئی $\frac{\partial V_m}{\partial G}$ و $\frac{\partial V_r}{\partial G}$ به صورت $\frac{\partial V_r}{\partial G} = r_1G + r_2$ و $\frac{\partial V_m}{\partial G} = m_1G + m_2$ است. لذا معادلات

$$\begin{aligned} & + (m_1G + m_2) \cdot (\varphi_m a_m^* - \delta G) \\ & = \hat{A}_m G^2 + \hat{B}_m G + \hat{C}_m \\ V_r(t) & = \frac{1}{\rho} \left((p_r^*(t) - w) S_r^*(t) - \frac{\psi_m}{2} (a_m^*(t))^2 \right) \\ & + (r_1G + r_2) \cdot (\varphi_m a_m^* - \delta G) \\ & = \hat{A}_r G^2 + \hat{B}_r G + \hat{C}_r \end{aligned} \quad (30)$$

پس از ساده‌سازی توابع هامیلتونی تولیدکننده و خرده‌فروش، ضرایب $\hat{A}_i, \hat{B}_i, \hat{C}_i, i \in \{m, r\}$ حاصل می‌شوند با در نظر گرفتن معادلات (۲۵) و (۲۶) و همچنین (۲۹) و (۳۰)، دستگاه معادلات دیفرانسیل ریکاتی در روابط (۲۳) و (۲۴) به یک دستگاه از اتحادهای غیرخطی شامل پارامترهای مجهول $m_1, m_2, m_3, r_1, r_2, r_3$ به صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$\frac{m_1}{2}G^2 + m_2G + m_3 = \hat{A}_m G^2 + \hat{B}_m G + \hat{C}_m \quad (31)$$

$$\frac{r_1}{2}G^2 + r_2G + r_3 = \hat{A}_r G^2 + \hat{B}_r G + \hat{C}_r \quad (32)$$

جهت یافتن ضرایب مجهول در روابط فوق، به وضوح دستگاه معادلات غیرخطی زیر ایجاد می‌شود:

$$\begin{cases} \frac{m_1}{2} = \hat{A}_m \\ m_2 = \hat{B}_m \\ m_3 = \hat{C}_m \\ \frac{r_1}{2} = \hat{A}_r \\ r_2 = \hat{B}_r \\ r_3 = \hat{C}_r \end{cases} \quad (33)$$

دستگاه معادلات فوق به شدت غیرخطی است و در فرم پارامتری قابل حل نمی‌باشد. لذا برای یافتن مقادیر مجهول $m_1, m_2, m_3, r_1, r_2, r_3$ باید با جای‌گذاری مقادیر عددی برای پارامترهای موجود در توابع هدف، به حل مسأله اقدام شود. ضرایب مجهول از حل این معادلات به دست آمده و مسیرهای تعادلی متغیرهای کنترل و همچنین متغیر حالت مشخص می‌شوند.

۴. تحلیل عددی بازی

پارامترهای مورد نیاز در توابع تقاضا و هدف مسأله در جدول (۴) نشان داده شده‌اند. وقتی این مقادیر ثابت باشند به راحتی می‌توان با حل سیستم معادلات غیرخطی (۳۳)، به یافتن مقادیر ضرایب مجهول موجود در تابع مقدار تولیدکننده و خرده‌فروش اقدام و سپس رفتارهای متغیرهای تصمیم را در طول زمان بررسی نمود. توضیح این‌که پارامترهایی که از مطالعات مرتبط استخراج شده است، اسکالر (فاقد واحد بوده)، موارد انتخابی از صنعت (به منظور سهولت در محاسبات قیمت‌ها و هزینه‌ها) برحسب ۱۰ ریال و نیز میزان تقاضای کانال سنتی و آنلاین برحسب ۱۰ کیلوگرم منظور شده است. همچنین با بررسی چارچوب نظری و مواردی نظیر مطالعات آموچ و همکاران (۲۰۰۳) و زاکور (۲۰۰۸)، بر پارامترهایی که در مسأله موجود در مطالعه حاضر مشترک بودند، تمرکز شد و ارزش‌های آن‌ها، برای کاربرد در بررسی موردی مطالعه در نظر گرفته شدند. همچنین آن دسته از پارامترهای

هامیلتون-ژاکوبی-بلمن، به صورت زیر بررسی می‌شود:

با استفاده از معادلات فوق، دستگاه معادلات غیرخطی (۳۳) به فرم زیر تشکیل می‌شود:

$$\begin{cases} \frac{m_1}{2} - 0.250563 + (-0.225 + 1.25m_1)m_1 = 0 \\ m_2 - 6.15626(-0.225 + 2.5m_1)m_2 = 0 \\ m_3 - 0.250563 + (-0.225 + 2.5m_1)m_1 = 0 \\ \frac{r_1}{2} - 0.0128565 + (-0.225 + 2.5m_1)r_1 = 0 \\ r_2 - 1.761 + 2.5m_2r_{1+} + (-0.225 + 2.5m_1)r_2 = 0 \\ r_3 - 60.303 + 2.5m_2r_2 = 0 \end{cases} \quad (41)$$

$$\begin{aligned} V_m(t) = & (0.250563 \\ & + (-0.225 + 1.25m_1)m_1)G^2 \\ & + (6.15626(-0.225 \\ & + 2.5m_1)m_2)G \\ & + (323.473 + 1.25m_2^2) \end{aligned} \quad (39)$$

$$\begin{aligned} V_r(t) = & (0.0128565 \\ & + (-0.225 + 2.5m_1)r_1)G^2 \\ & + (1.761 \\ & + 2.5m_2r_{1+}(-0.225 \\ & + 2.5m_1)r_2)G \\ & + (60.303 + 2.5m_2r_2) \end{aligned} \quad (40)$$

پس از حل دستگاه معادلات غیرخطی (۴۱) در نرم‌افزار ممتیکا، دو دسته جواب برای پارامترهای مجهول به دست می‌آید:

جدول (۵): مجموعه جواب‌های پارامترهای مجهول دستگاه معادلات غیرخطی

پارامترهای مجهول						
r_1	r_2	r_3	m_1	m_2	m_3	
۰/۲۰۳۱۹	۱/۷۹۸۳۹	۸۴/۷۳۸۲	۰۰۳۶۹۰۹	۵/۴۳۴۹۱	۳۶۰/۳۹۶	دسته اول جواب‌ها
-۰/۰۲۰۳۱۹	-۳۱/۰۱۹۷	۳۶۵۷/۲۶	۰/۵۴۳۰۹۱	-۴۶/۳۸۲۹	۳۰۱۲/۶۹	دسته دوم جواب‌ها

می‌توان مسیره‌های متغیرهای کنترل مسأله را به صورت زیر به دست آورد:

$$a_m^*(t) = 9.2133 - 3.48312e^{-0.0530908t} \quad (47)$$

$$a_o^*(t) = 26.2613 - 133609e^{-0.0530908t} \quad (48)$$

$$a_r^*(t) = 13.3276 + 9.5706e^{-0.0530908t} \quad (49)$$

در خصوص توابع نرخ سود در رابطه (۲۲)-(۳۴) در طول زمان، داریم:

$$\pi_o^*(t) = 762.026 + 178.515e^{-0.016182t} + 738.628e^{-0.0530908t} \quad (52)$$

$$\pi_r^*(t) = 300.246 + 91.5965e^{-0.016182t} + 331.671e^{-0.0530908t} \quad (53)$$

در شکل‌های (۲) تا (۵)، مسیره‌های بهینه متغیر حالت اعتبار تولیدکننده، متغیرهای کنترل و همچنین توابع سود در هر دو بخش آنلاین و خرده‌فروش مشخص شده است.

مسیره‌های بهینه متغیر تبلیغات در شکل (۳) نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، حجم تبلیغات خرده‌فروش بیش از حجم تبلیغات سراسری تولیدکننده است؛ همچنین، تولیدکننده بخش آنلاین، بیشترین تلاش تبلیغاتی را انجام داده است و کمترین حجم تبلیغات مربوط به تبلیغات سراسری است. از سوی دیگر، باتوجه به مسیره‌های بهینه در شکل (۴) مشاهده می‌شود که قیمت تعادلی در بخش آنلاین و بخش خرده‌فروش در طول زمان در حال افزایش است و قیمت در بخش آنلاین همواره بیش از قیمت در بخش سنتی می‌باشد. علاوه بر آن، قیمت‌های تعادلی در بخش‌های آنلاین تولیدکننده و سنتی خرده‌فروش، همواره بیش از قیمت عمده‌فروشی است که

لازم به ذکر است که نرم‌افزار ممتیکا به‌طور پیش‌فرض از تکنیکی تحت عنوان پایه گروبنر^۱، برای حل معادلات غیرخطی استفاده می‌کند. شرط $\lim_{t \rightarrow \infty} e^{-\rho t} V_i(G(t)) = 0$ ، $i \in \{m, r\}$ باید برای هر دو دسته جواب بررسی شوند. باتوجه به کدهای نوشته شده در برنامه مشاهده می‌شود که این شرط فقط برای دسته اول جواب‌ها صادق است. دسته جواب‌های مورد تایید که برای معادلات غیرخطی به دست آمده‌اند را باید در توابع مقدار قرار داد. لذا توابع مقدار به صورت زیر تعیین می‌شوند:

$$V_m(G) = 0.018455G^2 + 5.43491G + 360.396 \quad (42)$$

$$V_r(G) = 0.010160G^2 + 1.79839G + 84.7382 \quad (43)$$

چون توابع مقدار تولیدکننده و خرده‌فروش مطابق روابط (۴۲) و (۴۳) تعیین شده‌اند، برای رابطه (۳۴) می‌توان مقدار $a_m^* = \frac{\partial V_m}{\partial G}$ را به صورت زیر مشخص نمود:

$$a_m^* = \frac{\partial V_m}{\partial G} = 0.0691G + 5.43491 \quad (44)$$

با مشخص شدن متغیر a_m^* ، معادله دیفرانسیل حالت سیستم را که وابسته به زمان است، می‌توان حل کرد:

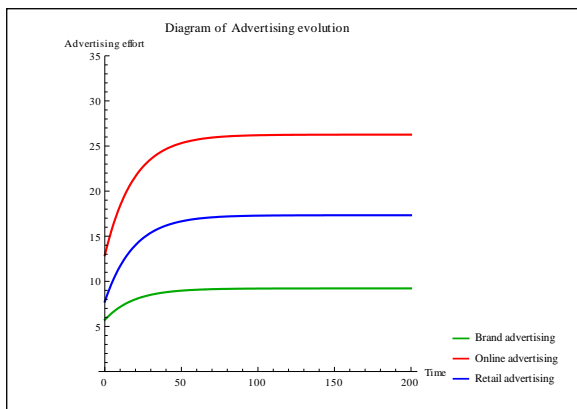
$$\begin{aligned} \dot{G}(t) &= -0.0530908G + 5.4341 \\ G_0 &= 8 \end{aligned} \quad (45)$$

پس از حل معادله دیفرانسیل (۴۵) مسیر بهینه متغیر حالت اعتبار تولیدکننده به راحتی به صورت زیر تعیین می‌شود:

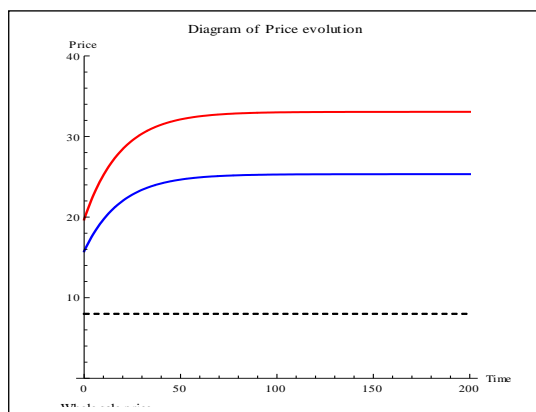
$$G(t) = 102.37 - 94.37e^{-0.0530908t} \quad (46)$$

با دانستن مسیر حالت (۴۶)، باتوجه به روابط (۳۴) تا (۳۸)،

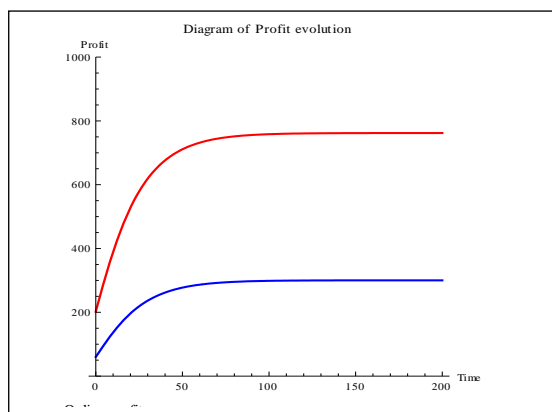
در بخش آنلاین γ_0 ، نرخ تنزیل ρ و نرخ زوال اعتبار تولیدکننده δ ، کاهش پیدا می‌کند.



شکل (۳): مسیر بهینه متغیرهای تبلیغات



شکل (۴): مسیر بهینه متغیرهای قیمت



شکل (۵): مسیر بهینه توابع نرخ سود آنلاین و سنتی

سطوح تعادلی تغییرات متفاوت افزایش یا کاهش را نسبت به افزایش مقدار ضریب اثر تبلیغات خرده‌فروش در بخش آنلاین β_0 و اثر تبلیغات آنلاین در بخش خرده‌فروش β_r دارد.

۵. نتیجه‌گیری

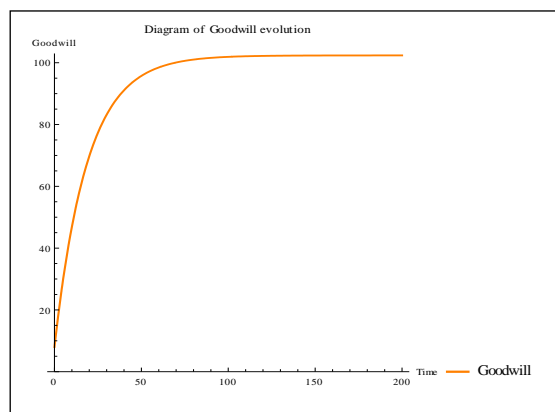
در نظر گرفتن تغییرات محیطی پویا و حاکم بر اجزای یک زنجیره تأمین

تولیدکننده برای ارسال کالا به خرده‌فروش تعیین نموده است. در نهایت، باتوجه به مسیرهای بهینه شکل‌های (۲)، (۳) و (۴) قرار دادن این مسیرهای بهینه در توابع سود آنلاین تولیدکننده و خرده‌فروش، در شکل (۵) مشاهده می‌شود که در طول زمان، سود تولیدکننده و خرده‌فروش در حال افزایش بوده و سود تولیدکننده در بخش آنلاین همواره بیش از سود خرده‌فروش در بخش خرده‌فروشی می‌باشد. در ادامه، با تغییرات مستقل برخی پارامترهای مهم در مسأله، به بررسی حساسیت سطوح تعادلی مسیرهای بهینه پرداخته شده است.

۴-۱. تحلیل حساسیت پارامترها

در تحلیل حساسیت، برای هر ضریب از مسیرهای بهینه اعتبار تولیدکننده به‌عنوان متغیر حالت، مسیرهای بهینه متغیرهای کنترل تبلیغات سراسری، تبلیغات آنلاین، تبلیغات محلی خرده‌فروش، قیمت خرده‌فروشی، قیمت آنلاین و همچنین توابع سود تولیدکننده و خرده‌فروش را در نظر گرفته و سپس با ده بار مقداردهی به ضریب مربوطه و با فرض ثبات سایر ضرایب، به حل مسأله پرداخته و حساسیت جواب‌های حاصل نسبت به ضریب موردنظر به‌صورت جداگانه در نمودارهایی نشان داده می‌شود و در نهایت، رفتار مسیرهای بهینه در تناسب با این تغییرات، توصیف می‌شوند.

به‌منظور رعایت اختصار، مهم‌ترین نتایج تحلیل حساسیت سطوح تعادلی اعتبار تولیدکننده، تبلیغات، قیمت و سود بخش‌های آنلاین و خرده‌فروشی نسبت به تغییر پارامترهای مدل می‌تواند در سه حالت زیر خلاصه شوند:



شکل (۲): مسیر بهینه اعتبار تولیدکننده

با افزایش مقدار ضرایب فروش پایه در بخش آنلاین α_0 و فروش پایه در بخش خرده‌فروش α_r ، ضریب اثر اعتبار تولیدکننده در بخش آنلاین γ_0 و ضریب اثر اعتبار تولیدکننده در بخش خرده‌فروش γ_r ، سطوح تعادلی افزایش می‌یابند.

سطوح تعادلی با افزایش مقدار پارامترهای هزینه تبلیغات سراسری در تابع هدف تولیدکننده ψ_m ، ضرایب قیمت فروش آنلاین در بخش آنلاین θ_0 و قیمت فروش خرده‌فروشی در بخش خرده‌فروشی، ضریب اثر تبلیغات آنلاین در بخش خرده‌فروشی γ_r و اثر تبلیغات خرده‌فروش

محلی، اقدام به تبلیغات سرا سری نماید و بالاخره در راستای تطابق بیشتر مدل با کاربردهای واقعی، این پیشنهاد که توابع تقاضای خرده‌فروش یا تولیدکننده، به فرم احتمالی در نظر گرفته شود، می‌تواند زمینه‌ساز پیدایش بازی دیفرانسیلی جالبی باشد.

مراجع

- [۱] ذگردی، سیدحسام الدین، ضروری، فرنی، قیمت‌گذاری پویا در زنجیره‌ی تأمین دوکاناله با مقدار ثابت محصول در شرایط رخدادهای اختلال و تقاضای تصادفی، مجله علمی پژوهشی شریف، مهندسی صنایع و مدیریت، دوره ۱ (۳۴)، زمستان ۱۳۹۷، صفحه ۳۱-۴۲.
- [۲] رحمانی، ابولقاسم، حجازی، سید رضا، راستی برزکی، مرتضی، بررسی رویکردهای استکلبرگ و متمرکز در تبلیغات و قیمت‌گذاری پویا برای زنجیره‌ی تأمین دوکانالی، مجله مهندسی صنایع و مدیریت شریف، دوره ۱ (۳۵)، بهار و تابستان ۱۳۹۸، صفحه ۱۳۹-۱۴۶.
- [۳] زارعی، جواد، راستی برزکی، مرتضی، حجازی، سیدرضا، ارویکرد نظریه بازی برای هماهنگی سیاست‌های قیمت‌گذاری و تبلیغات مشارکتی با در نظر گرفتن هزینه‌های موجودی در یک زنجیره‌تأمین دو سطحی، مجله علمی پژوهشی شریف، مهندسی صنایع و مدیریت، دوره ۱، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۷، صفحه ۵۱-۶۱.
- [۴] سینائی، محمدرضا، راستی برزکی، مرتضی، سیاست‌های قیمت‌گذاری و سبز بودن در زنجیره‌تأمین محصولات سبز و غیرسبز، با مداخله دولت: رویکرد نظریه بازی، مجله علمی پژوهشی شریف، مهندسی صنایع و مدیریت، مقاله ۷، دوره ۱، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۷، صفحه ۵۳-۶۱.
- [۵] قاسمی، محمدرضا، راستی برزکی، مرتضی، زارعی، حمید، رویکرد نظریه‌ی بازی برای قیمت‌گذاری محصول در یک زنجیره‌ی تأمین دوسطحی با در نظر گرفتن تخفیف‌های مقداری و سیاست بازگشت، مجله علمی پژوهشی شریف، مهندسی صنایع و مدیریت، دوره ۳، شماره ۶، بهار و تابستان ۱۳۹۹، صفحه ۲۹-۳۹.
- [۶] کیانفر، کامران، پشوتنی‌زاده، میترا. قیمت‌گذاری زنجیره‌تأمین دوکاناله کتاب با در نظر گرفتن امکان فروش کتاب الکترونیک در دو حالت تقاضای ثابت و تقاضای کاهش، مدیریت تولید و عملیات دانشگاه اصفهان، مقاله ۶، دوره ۱۰، شماره ۱ - شماره پاییزی ۱۸، بهار و تابستان ۱۳۹۸، صفحه ۸۳-۱۱۰.
- [۷] طالع‌زاده، عطاالله، ربیعی، نغمه. بهینه‌سازی تصمیمات قیمت‌گذاری و سفارش‌دهی یک زنجیره‌تأمین دوسطحی تحت سیاست قرارداد تخفیف مقداری، مجله مدل‌سازی در مهندسی دانشگاه سمنان، مقاله ۱۸، دوره ۱۶، شماره ۵۴، پاییز ۱۳۹۷، صفحه ۱۷-۲۷.
- [۸] مظفری، مرضیه؛ قیمت‌گذاری و تبلیغات همکارانه در

و در نتیجه، تغییر و تحول در استراتژی‌ها و منافع اعضای زنجیره، بررسی شرایط تعاملی و رقابتی به سبک‌های نوین را حائز اهمیت کرده و شرایط واقعی حاکم بر این ساختارها را بهتر بازگو می‌نماید. در مطالعه حاضر در راستای هماهنگ‌سازی اعضای یک زنجیره‌تأمین در طول زمان، دو مسأله قیمت‌گذاری و تبلیغات پویا به صورت همزمان مورد بررسی قرار گرفت و مدلی با هدف یکپارچه‌سازی این عوامل در طول زمان و در ساختار جدید زنجیره‌های تأمین دویخی در صنعت قهوه ارائه شد. در این زنجیره، تولیدکننده از طریق بستر فضای مجازی تحت عنوان بخش آنلاین، اقدام به فروش محصول به مشتری نهایی نموده و در بخش دیگر، تحت عنوان بخش سنتی، یک خرده‌فروش ساختار زنجیره مورد بررسی، مسأله رقابت بین اعضا در دو بخش و در طول زمان مطرح بود، ضرورت داشت که از ابزار مناسبی برای مدل‌سازی این رفتار استفاده شود که با استفاده از آن بتوان جنبه‌های رقابت و همکاری در بین اجزای زنجیره را نشان داده و آن را در قالب زمان، مدل‌سازی نمود. بنابراین، با بررسی مدل‌های مختلف در مقالات و کتاب‌های مرتبط، از مدل کلی نرلاو-آرو در تعریف فضای دینامیکی زنجیره استفاده شد که مشهورترین و پرکاربردترین مدل موجود در بازی‌های دیفرانسیلی محسوب می‌شود. همچنین، فرض شد که مطلوبیت مشتری تابعی خطی از مشخصه‌های مختلف کالا از جمله قیمت و تبلیغات است. همچنین پس از معرفی معادلات هامیلتون-ژاکوبی-بلمن، به یافتن مسیرهای تعادلی باتوجه به قضایای مربوطه اقدام شده است. به دلیل پیچیدگی بالای معادلات غیرخطی حاصله در روند حل مسأله، از مقادیر عددی در زنجیره‌تأمین مورد بررسی در صنعت قهوه جهت ادامه حل و یافتن مسیرهای بهینه استفاده شد. پس از تعیین مسیرهای بهینه بازیکنان (اعضای زنجیره) به تحلیل حساسیت پارامترهای مهم مسأله اقدام شده و روابط حاکم بر آن‌ها بیان گردید. نتایج حل مدل نشان داد که قیمت تعادلی در بخش آنلاین و بخش خرده‌فروشی در طول زمان در حال افزایش بوده و همواره قیمت در بخش آنلاین، بیش از قیمت در بخش سنتی است. همچنین قیمت‌های تعادلی در بخش‌های آنلاین تولیدکننده و سنتی خرده‌فروش همواره بیشتر از قیمت عمده‌فروشی تولیدکننده است. علاوه بر آن، سود تولیدکننده و خرده‌فروش در طول زمان در حال افزایش بوده و سود تولیدکننده در بخش آنلاین همواره بیش از سود خرده‌فروش در بخش خرده‌فروشی است. در تحلیل حساسیت مسیرهای بهینه، سه رویکرد افزایشی، کاهش و ترکیبی (آمیخته) در تغییرات سطوح تعادلی نسبت به افزایش مقدار پارامترهای مدل مشاهده شد.

به محققین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی ضمن افزایش تعداد بازیگران هر بخش (تمام تسهیلات موجود در هر بخش) علاوه بر متغیرهای کنترلی قیمت و تبلیغات، متغیرهای دیگری نظیر کیفیت و خدمات پس از فروش را مورد توجه قرار دهند. پیشنهاد می‌شود فرض شود که خرده‌فروش نیز به منظور ارتقای برند خود و نه الزاماً به شکل

- analysis of downstream vertical integration. *Marketing Science*, 1983. 2(2): p. 161-191.
- [22] Pei Z. and Yan R., National advertising, dual-channel coordination and firm performance. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 2013. 20(2): p. 218-224.
- [23] Sethi S. and Thompson G., *Optimal Control Theory*. 2000: Springer.
- [24] Sethi S., Prasad A. and He X., Optimal advertising and pricing in a new-product adoption model. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 2008. 139(2), p. 351-360.
- [25] Taheri M., Sedghi S., Khoshalhan F., Coordinating a decentralized supply chain with a stochastic demand using quantity flexibility contract: a game-theoretic approach, *Journal of Quality Engineering and Production Optimization*, 2015, 1(2), P. 19-32.
- [26] Taleizadeh A., Moshtagh M.S. and Moon, I., Pricing, product quality, and collection optimization in a decentralized closed-loop supply chain with different channel structures: Game theoretical approach, *Journal of Cleaner Production*, 2018, 189(10), P. 406-431.
- [27] Wang Y. and Yu Z., Research on Advertising and Pricing in E-Supply Chain Under Different Dominant Modes, *Journal of Systems Science and Information*, 2018, 6(1), P.58-68.
- [28] Yang D., Xiao T., Pricing and green level decisions of a green supply chain with governmental interventions under fuzzy uncertainties, *Journal of Cleaner Production*, 2017, 149(154), P. 1174-1187.
- [29] Yan G. and He Y., Coordinating pricing and advertising in a two-period fashion supply chain, *4OR (A Quarterly Journal of Operations Research)*, 2020, 18, P.419-438.
- [30] Zaccour G., On the coordination of dynamic marketing channels and two-part tariffs. *Automatica*, 2008. 44(5): p. 1233-12.
- [31] Zhang J., Gou Q., Liang H. and Huang, Z., Supply chain coordination through cooperative advertising with reference price effect, *Omega*, 2013, 41(2), p. 345-353.
- [32] Zhou M. and Lin J., Cooperative advertising and pricing models in a dynamic marketing channel. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 2014. 23(1): p. 94-110.
- زنجیره‌تأمین دو سطحی با رویکرد تئوری بازی‌ها، نشریه مدیریت فردا، نشریه شماره ۵۸: فصل بهار ۱۳۹۸.
- [9] Aust, G. and U. Buscher. (2011). Cooperative advertising models in supply chain management: A review. *European Journal of Operational Research*. 221(1): 1-11.
- [10] Amrouche, N., G. Martín-Herrán, and G. Zaccour. (2002). Feedback Stackelberg equilibrium strategies when the private label competes with the national brand. *Annals of Operations Research*. 161(1): 97-79.
- [11] Bertsekas D., *Dynamic programming and optimal control*. 1995: Athena Scientific Belmont, MA
- [12] Chen J., H. Zhang and Y. Sun, Implementing coordination contracts in a manufacturer Stackelberg dual-channel supply chain. *Omega*, 2012. 40(5): p. 571-583.
- [13] Chutani A. and Sethi S., Cooperative advertising in a dynamic retail market oligopoly. *Dynamic Games and Applications*, 2012. 2(4): p. 347-375.
- [14] Dockner E., *Differential games in economics and management science*. 2000: Cambridge University Press.
- [15] Farshbaf-Geranmayeh A., Rabbani M. and Taleizadeh A., Cooperative Advertising and Pricing in a Supply Chain: A Bi-level Programming Approach, *Journal of Quality Engineering and Production Optimization*, 2018, 3(2), P. 11-26.
- [16] Farshbaf-Geranmayeh A., Zaccour G., Pricing and advertising in a supply chain in presence of strategic consumers, *Omega*, 2021, 101(3). P.1-24.
- [17] Gallego G., Wang R., Multiproduct Price Optimization and Competition Under the Nested Logit Model with Product-Differentiated Price Sensitivities, *Operations Research*, 2014, 62(2), P. 219-235.
- [18] Jørgensen S. and Zaccour G., *Differential games in marketing*. 2001: Springer.
- [19] Li J., Wang S. and Cheng T.E., Competition and cooperation in a single-retailer two-supplier supply chain with supply disruption. *International Journal of Production Economics*, 2010. 124(1): p. 137-150.
- [20] Li B., Zhu M., Jiang Y. and Li Z., Pricing policies of a competitive dual-channel green supply chain, *Journal of Cleaner Production*, 2016, 112(3), P. 2029-2042.
- [21] McGuire T. and Staelin R., An industry equilibrium



DOI: 10.22084/ier.2022.21261.1951

The Impact of Pricing and Advertising on Competition between Manufacturer and Retailer Despite Direct Sales, Study: Coffee Processing and Distribution Supply Chain

D. Mohamadi Zanjirani^{1*}, M. Seifi², M. H. Tavakoli³, M. Shekarisazi⁴

¹, Associate Professor, Department of Management, Faculty Administrative & Economics, University of Isfahan, Isfahan, Iran

², Ph.D. Student of Management, Department of Management, Faculty Administrative & Economics, University of Isfahan, Isfahan, Iran

³, Master of Management, Department of Management, Faculty Administrative & Economics, University of Isfahan, Isfahan, Iran

⁴, Master of Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Engineering and Futures Studies, University of Isfahan, Isfahan, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received 13 March 2020

Accepted 5 July 2020

Keywords:

Advertising
Pricing
Supply Chain
Game Theory
Dynamic Games
Coffee Industry

ABSTRACT

Because members of a supply chain, such as manufacturers and retailers, are constantly interacting or competing with each other over time and in a repetitive process, modeling the supply chain structure in the form of dynamic games becomes more important and necessary. Increasing public access to cyberspace and, consequently, increasing online shopping and increasing the desire of manufacturers to communicate more closely with the consumer community has led to the creation of a new structure in the theoretical framework of the supply chain, called direct or online. By creating a direct sales department in a supply chain, retailers in customer acquisition and ultimately more profit consider themselves a competitor to the manufacturer. So far, in none of the models presented in the theoretical framework, competitive pricing and dynamic advertising in the two-part supply chain has been discussed; Therefore, the purpose of this study is to investigate the equilibrium behavior in the coffee's supply chain despite online sales. Also, the state variable in this study is the amount of credit that is obtained by global advertising of manufacturer and this is one of the differences aspects between the present study and previous research. The results of the study of the model in the coffee industry supply chain include a higher equilibrium price of online sales of the product than the retail price. Also, the volume of producer's advertisements in the online section is more than the volume of local retail advertisements, and the volume of retail advertisements is more than the volume of nationwide manufacturer's advertisements. In this regard, the profit of the producer in the online sector is always more than the profit of the retailer in the traditional retail sector. Sensitivity analysis of equilibrium levels of optimal variables with respect to changes in game parameters also shows three incremental, decreasing and combined trends in changes in equilibrium levels with respect to increasing the value of model parameters.

* Corresponding author. D. Mohamadi Zanjirani
E-mail address: d.mohamadi@ase.ui.ac.ir