International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2015)

June 2015, Volume 26, Number 2
pp. 185-202

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

SUPPLY CHAIN COORDINATION UNDER DEMAND UNCERTAINTY WITH REVENUE SHARING AND BUYBACK CONTRAST

Hamid Mashreghi & Mohammad Reza Amin Naseri*

Hamid Mashreghi, *Phd Candidate of Industrial Engineering, Industrial Engineering Department, Tarbiat Modares University*
MohammadReza Amin Naseri, *Associated Professor of Industrial Engineering, Industrial Engineering Department, Tarbiat Modares University*

Keywords

Supply Chain Coordination,
Revenue Sharing Contract,
Buy-Back Contract,
Demand Uncertainty,
Newsvendor Problem

ABSTRACT

Over the last decade, supply chain coordination has been widely implemented to synchronize the chain partners' policies and achieve the maximum profit level of the channel. In order to obtain coordination, variant mechanisms have been used that contracts are one of the most important ones. In this paper, we compare revenue sharing and buyback contracts' abilities to achieve channel coordination. The other contribution of the paper relates to determining the optimal ordering and pricing actions of the chain members under demand uncertainty. In conclusion, our key findings show that under additive demand uncertainty, revenue sharing contract can coordinate the pricing and ordering policies, even though buyback contracts only achieve coordination with ordering policy.

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـایع و مدیـــریت تولیـــد

شمـــاره ۲، جلـــد ۲۶، تابستان ۱۳۹۴

صفحـــــه ۲۰۲-۱۸۶

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید
دانشگاه علم و صنعت ایران

ISSN: 2008-4870

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

هماهنگی زنجیره تامین با قراردادهای اشتراک درآمد و بازخرید در شرایط نامعینی تقاضا

حمید مشرقی و محمدرضا امین‌ناصری*

کلمات کلیدی

هماهنگی زنجیره تامین،
قرارداد اشتراک درآمد،
قرارداد بازخرید،
نامعینی تقاضا،
مساله روزنامه‌فروش

چکیده:

هماهنگی زنجیره تامین برای هم‌سویی سیاست‌های اعضای زنجیره و استفاده از سود بیشینه ممکن برای زنجیره تامین، محور پژوهش‌های بسیاری در دهه اخیر بوده است. برای دستیابی به هماهنگی، استفاده از ساز و کارهای گوناگونی امکان‌پذیر است که قراردادها یکی از مهم‌ترین آنها هستند. این پژوهش به مقایسه دو گونه‌ی پرکاربرد از قراردادها شامل اشتراک درآمد و بازخرید برای هماهنگی زنجیره تامین می‌پردازد. نوآوری دیگر این مقاله تحلیل تعیین سیاست‌های سفارش‌دهی و قیمت-گذاری بوسیله این قراردادها در شرایط نامعینی تقاضا است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن تقاضای نامعین جمعی، قرارداد اشتراک درآمد توانایی کامل در هماهنگی قیمت‌گذاری و سفارش‌دهی دارد در حالی که قرارداد بازخرید تنها هماهنگی از طریق سیاست سفارش‌دهی را فراهم می‌کند.

۱. مقدمه

استفاده از قراردادها برای دستیابی به هماهنگی زنجیره سابقه‌ای طولانی در پژوهش‌های علمی و کاربردهای عملی کسب و کار دارد. در بیشتر پژوهش‌های علمی، مساله روزنامه‌فروش (NVP)[1]، مبنای توسعه مدل‌های زنجیره تامین برای تحلیل قراردادهای هماهنگ‌کننده است. این مساله تاکنون برای تحلیل شرایط واقعی سیاست‌های سفارش‌دهی، به گونه‌های فراوانی توسعه داده شده [۱] و به‌کارگیری آن تاکنون نیز ادامه دارد [۲].

NVP به دنبال بهترین مقدار سفارش برای یک خرده‌فروش منفرد (روزنامه‌فروش) است که در برابر یک تقاضای احتمالی و یک فصل ثابت فروش قرار دارد.

تاریخ وصول: ۹۱/۴/۱۴

تاریخ تصویب: ۹۲/۸/۲۱

حمید مشرقی :دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس، Mashreghi@modares.ac.ir

***نویسنده مسئول مقاله:دکتر محمدرضا امین‌ناصری**،دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس، Amin_naseri@modares.ac.ir

بنابراین خرده‌فروش تنها می‌تواند پیش از بازه فروش اقدام به پر کردن انبار خود کند و باید به دنبال مقدار بهینه سفارش برای کمینه کردن هزینه کل موجودی باشد. مراجع اصلی [۱-۴] NVPبر کارآیی عملیاتی بنگاه از طریق کمینه کردن هزینه کل موجودی تمرکز دارند. برای همین تلاش برای ایجاد تغییرات در تقاضا و فروش با بهینه کردن قیمتی که سود را بیشینه می‌کند به صورت موردی بررسی شده است [۵]. ویتین[2][۶] اولین کسی بود که NVP را برایدستیابی هم‌زمان به قیمت فروش و میزان سفارش تحلیل کرد. میلز[3][۷] و کَرلین و کَر[4][۸] با تکیه بر مدل ویتین [۶]، به ترتیب به معرفی اثر نامعینی جمعی[5] و ضربی[6] بر بهینه‌سازی قیمت و سفارش پرداختند و پتروزی و دادا[7][۵] یک مدل یکپارچه برای تحلیل این دو نوع نامعینی برای یک بنگاه ارایه کردند.

NVP امکان توسعه مفهوم بیشینه‌سازی سود زنجیره را با تعبیر هماهنگی در زنجیره تامین برای یافتن بهترین سیاست‌های قیمت و سفارش برای بیشینه کردن سود زنجیره، فراهم می‌کند. ساز و کارهایی مثل قراردادها باید فراهم شوند که علاوه بر تضمین این شرایط، سود مناسبی را بین اعضای زنجیره تقسیم کنند تا انگیزه لازم برای ادامه فعالیت اعضا در

قالب زنجیره موجود باشد [۹]. یکی از ابعاد تاثیرگذار بر کارآیی قراردادها نوع تقاضا است. هرچند تحلیل نامعینی تقاضا با توجه به نزدیکی آن به شرایط واقعی، مورد نظر بسیاری از پژوهشگران است، اما امکان ایجاد هماهنگی در زنجیره در معرض نامعینی تقاضا در حال بررسی است [۲]. کَچون[۸][۹] معتقد است در شرایط عمومی یک تابع تقاضای حساس به قیمت[۹]، تنها برخی قراردادها چون اشتراک درآمد[۱۰]، بازخرید[۱۱] و تخفیف مقداری[۱۲] امکان ایجاد هماهنگی دارند.

این پژوهش سعی دارد تا توانمندی قرارداد اشتراک درآمد و بازخرید را به عنوان دو گونه پرکاربرد از قراردادهای هماهنگ‌کننده در شرایط نامعینی تقاضای جمعی بسنجد. نوآوری این مقاله در مدل‌سازی و در نظر گرفتن تمامی عوامل هزینه‌ای در مدل زنجیره تامین است. برخی دیگر از جنبه‌های نو این پژوهش عبارتند از:

- بهینه‌سازی سیاست‌های قیمت‌گذاری و سفارش‌دهی زنجیره تامین با نامعینی جمعی تقاضا
- ارایه مسیر تعیین جواب بهینه سفارش‌دهی برای زنجیره و معرفی کردن یک حد پایین برای تحلیل توزیع‌های احتمالی متعارف
- حل جواب‌های بهینه اعضای زنجیره با قرارداد اشتراک درآمد و بازخرید و معرفی شرایط دستیابی به هماهنگی زنجیره در نامعینی تقاضا با تکیه بر این دو قرارداد

بخش دوم مقاله به مرور ادبیات قراردادهای اشتراک درآمد و بازخرید برای هماهنگی زنجیره تامین می‌پردازد. بخش سوم به مدل‌سازی و بهینه‌سازی سیاست‌های زنجیره تامین و اعضای آن بر مبنای اشتراک درآمد و بازخرید پرداخته است. در بخش چهارم، با تحلیل جواب‌های اعضا با جوابهای بهینه زنجیره، شرایط ایجاد هماهنگی توسط قراردادها معرفی می‌گردد. در نهایت با مقایسه شرایط هماهنگی، شباهت‌ها و تفاوت‌های این دو قرارداد برای هماهنگی زنجیره تامین در نامعینی تقاضا تحلیل شده است. بخش پنجم نتایج حاصل از پژوهش را برای پیاده‌سازی در شرایط واقعی معرفی می‌کند.

۲. مرور ادبیات

عملکرد ناکارآمد زنجیره تامین دو دلیل شناخته شده دارد [۱۰]:

۱- عدم تقارن اطلاعات که می‌تواند مشکلاتی شبیه اثر مشهور ضربه‌شلاقی را ایجاد کند.

۲- ایجاد سود حاشیه‌ی دوگانه[۱۳] زمانی که سود کل زنجیره بین دو یا چند بنگاه به صورت متفاوت تقسیم گردد [۱۱].

دلیل دوم که در صورت تقارن یا عدم تقارن اطلاعات امکان‌پذیر است، ریشه در اقتصاد دارد و به مساله "ایجاد سود حاشیه‌ی دوگانه" مشهور است[۱۲]. امروزه حل این مساله در قالب ایجاد هماهنگی زنجیره تامین پیگیری می‌شود[۱۰].هماهنگی زنجیره تامین، یک سیستم کارا از کانال توزیع ایجاد می‌کند که برای مثال با تکیه بر قراردادها کل زنجیره را به صورت یک تصمیم-گیرنده‌ی یگانه و متمرکز در می‌آورد[۱۳]. قراردادهای هماهنگ‌کننده دو هدف اصلی دارند[۱۳-۱۴]:

۱- توزیع متناسب سود مورد انتظار کل زنجیره بین اعضا، به عنوان یک زنجیره متمرکز[۱۴]

۲- توزیع متناسب ریسک بین اعضای زنجیره

پژوهش‌های متفاوتی ادبیات قراردادهای کارا برای هماهنگی زنجیره تامین را مرور کرده‌اند[۲،۱۶،۱۵،۹،۱۴]قراردادهای قیمت عمده‌فروشی[۱۵]، بازخرید، اشتراک درآمد، تخفیف مقداری، مقداری انعطاف‌پذیری[۱۶] و بازگشت فروش[۱۷]، اصلی‌ترین این قراردادها در این زمینههستند [۹]. به علاوه قراردادهای جدیدی چون فرانشیز[۱۸][۱۷]، اعتبار تجاری[۱۹][۱۸] و قراردادهای اختیار[۲۰][۱۹] معرفی شده‌اند. هم‌چنین برخی پژوهش‌ها به ترکیب قراردادها برای هماهنگی پرداخته‌اند: همانند ترکیب بازگشت فروش و سیستم موجودی مدیریت فروشنده[۲۱][۲۰]، اشتراک درآمد و برنامه‌های تخفیف ثبت نام ارتقایافته[۲۲][۲۱] و اشتراک درآمد و تضمینفروش[۲۳][۲۲-۲۳].

۲-۱. قراردادهای اشتراک درآمد

در قرارداد اشتراک درآمد، تامین‌کننده یک قیمت عمده‌فروشی برای خرده‌فروش تعیین می‌کند اما پارامتر دیگر شامل درصد ثابتی از درآمد فروش زنجیره است که توسط خرده‌فروش تعیین می‌شود. کَچون و لاریویه[۲۴][۲۴] مزایا و محدودیت‌های این قرارداد را برای تقاضای عمومی حساس به قیمت بررسی کردند. یک پیش‌فرض اصلی در به کارگیری اشتراک درآمد، توانایی اعضا (به ویژه تامین‌کنندگان) در پایش درآمد حاصل از فروش است [۲۴-۲۵]، به ویژه وقتی بخشی از درآمد زنجیره از اسقاط مازاد فروش باشد (درآمد اسقاطی[۲۵]). این محدودیت در کسب و کارهایی چون اجاره فیلم‌های ویدئویی[۲۴-۲۷]، صنعت تولید CD، خدمات ویرایش[۲۶] و روزنامه [۲۸] و نیز لیگ‌های ورزشی [۲۹] برطرف شده است.

گِرچاک و وَنگ[۲۷][۳۰] به تحلیل تاثیر تعداد تامین‌کنندها بر هماهنگی VMI و بر اشتراک درآمد پرداختند که در آن یک مونتاژکننده نقش روزنامه‌فروش را دارد و چند تامین‌کننده اجزای مونتاژ را فراهم می‌کنند. جیانوکارو و پونترادولفو[۲۸][۱۳]، توانمندی اشتراک درآمد را در هماهنگی سفارش‌دهی زنجیره سه‌سطحی تحلیل کردند. کولاماس[۲۹][۲۵] به مقایسه اشتراک درآمد و قیمت عمده‌فروشی در تقاضای احتمالی یکنواخت

پرداخت. لینه و هونگ[۳۰][۳۱]دو مدل را بررسی کردند که خرده‌فروش می‌تواند یک یا دو بار به انجام سفارش بپردازد و نشان دادند که وی در هر دو حالت به ناحیه برد-برد هماهنگی دست می‌یابد. پژوهش‌هایی به ترکیب اشتراک درآمد و تضمین فروش پرداخته‌اند [۳۳،۳۲،۲۲]. لی و همکاران[۳۱][۲۲]مرور مناسبی از کاربرد اشتراک درآمد انجام دادند و تاثیر آن را بر بهینه‌سازی تصمیم‌های زنجیره متمرکز و نامتمرکز[۳۲] تحلیل کردند. شو[۳۳][۳۴] نشان داد هماهنگی با اشتراک درآمد و اثرات ترجیحی فروش امکان‌پذیر است.

۲-۲. قراردادهای بازخرید

در قرارداد بازخرید،خرده‌فروش مازاد فروش را با قیمت بازخرید[۳۴]، به تامین‌کننده بازمی‌گرداند. این قرارداد به سیاست بازگشت[۳۵] نیز معروف است که به معنی بازگشت فیزیکی کالا نیست. بازگشت فیزیکی زمانی صورت می‌گیرد که ارزش خالص اسقاطی[۳۶] تامین‌کننده بیش از ارزش اسقاطی خرده‌فروش باشد. فرض آشکار این است که تعیین مقدار مازاد برای تامین‌کننده امکان‌پذیر است و هزینه‌ی چنین پایشی منافع حاصل از قرارداد را خدشه‌دار نمی‌کند[۹].

اشکال مختلفی از بازخرید، متناسب با تعیین میزان بازگشت کالا یا درصد بازگشت مالی[۳۵]،توسعه داده شده‌است. از این قرارداد، برای مدیریت سفارش‌دهی کالاهای با چرخه‌ی عمر پایین همانند پوشاک وابسته به مد، کتاب‌ها، اسباب‌بازی‌ها و CDها استفاده شده[۳۶] و کاربرد گسترده آن در سایر کسب و کارها نیز گزارش شده است [۳۷]. پاسترناک[۳۷][۳۸] اولین کسی بود که از بازخرید برای تحلیل هماهنگی زنجیره تامین استفاده کرد. او با توسعه NVP نشان داد که هماهنگی تنها در شرایط بازگشت کامل کالاها با یک درصد مشخص از اعتبار مالی (قیمت بازخرید) امکان‌پذیر است. وقتی تابع تقاضا، حساس به قیمت باشد، مساله پیچیده‌تر می‌شود که برای اولین بار توسط امونز و گیلبرت[۳۸][۳۹]برای توزیع یکنواخت تحلیل شد. دونوهو[۳۹][۴۰] مساله را در دو بازه تصمیم‌گیری و گرانوت و یین[۴۰][۴۱]آن را برای تقاضای کلی حساس به قیمت بررسی کردند.

مانترالا و رامان[۴۱][۴۲] نقش تغییرات تقاضا را در هماهنگی خرده‌فروش –با دو انبار ذخیره-و خریدار متمرکز تحلیل کردند.ها[۴۲][۴۳] نشان داد که هماهنگی بازخرید برای مساله قیمت‌گذاری ثابت زمانی شدنی است که تامین‌کننده از هزینه حاشیه خریدار، اطلاعات کافی دارد. لی[۴۳][۴۴] اثر هماهنگی درون‌سازمانی را بر سیاست‌های بازخرید و فروش بررسی کرد. وانگ و بِناروچ[۴۴][۴۵] از بازخرید برای هماهنگی بازارهای B2B استفاده کردند. یو و راقوناتان[۴۵][۴۶] بازخرید را بااطلاعات نامتقارن مطالعه کرده و لی و ری[۴۶][۴۷] بازخرید جزیی را بر اساس ظرفیت اسقاطی تصادفی اعضای زنجیره در نظر گرفتند.

یائو و همکاران[۴۷][۴۸] با در نظر گفتن یک تولیدکننده پیشرو استکلبرگ تعیین‌کننده قیمت عمده‌فروشی و یک خرده‌فروش پس‌رو[۴۸] به تحلیل اثر پارامترهای تقاضای حساس به قیمت بر هماهنگی بازخرید پرداختند. دینگ و چِن[۴۹][۱۰] قرارداد بازخرید انعطاف‌پذیر را برای زنجیره سه‌سطحی توسعه دادند. لِنگ و پارلار[۵۰][۴۹] ساختار بازخرید و قراردادهای تسهیم هزینه فروش از دست رفته[۵۱]را برای هماهنگی تولیدکننده و چند تامین‌کننده، ترکیب کرده و مساله را با نظریه بازی‌های غیرهمکارانه[۵۲] برای تقاضای جمعی و ضربی نامعین تحلیل کردند. هو و همکاران[۵۳][۵۰] قدرت ایجاد هماهنگی زنجیره را توسط بازخرید برای یک تولیدکننده و دو تامین‌کننده سنجیدند. شِن و ویلمز[۵۴][۵۱]با داده‌های صنایع مخابراتی، مدل پاسترناک [۳۸] را برای تحلیل هماهنگی زنجیره در اطلاعات نامتقارن توسعه دادند. همچنین قدرت قرارداد بازخرید برای تعدیل نامعینی مازاد فروش، باعث استفاده از آن در قراردادهای ترکیبی مثل بازخرید و بازگشت فروش [۵۲] و بازخرید و مقداری انعطاف‌پذیر [۵۳-۵۴]شده است.

۳. مدل

مدل مساله به تعیین سیاست‌های بهینه قیمت‌گذاری (p) و سفارش‌دهی (q) برای زنجیره دوسطحی- تامین‌کننده و خرده‌فروش- با تقاضای نامعین جمعی می‌پردازد. هزینه ساخت (یا تامین) کالا توسط تامین‌کننده c_sو هزینه خرده‌فروش-برای تحویل کالای مشتری- c_r است. پس هزینه کل زنجیرهتامین $c = c_s + c_r < p$ است. در صورت عدم تامین به موقع کالا، هزینه جریمه خوش‌نیتی[۵۵] g_r و g_s برای خرده‌فروش و تامین‌کننده وجود دارد و کل جریمه خوش‌نیتی زنجیره $g = g_s + g_r$است. در صورت عدم فروش موجودی در پایان فصل، خرده‌فروش هزینه نگهداری h را برای کالای مازاد متحمل می‌شود. البته مقادیر منفیhمعادل ارزش اسقاطی کالا در بازار اسقاطی[۵۶] است و در این حالت آشکار است که $-c_r < h < 0$ و این ارزش اسقاطی تنها برای قرارداد اشتراک درآمد معنی دارد.

تقاضای نامعین جمعی به صورت $D(p, \epsilon) = y(p) + \epsilon$ است، که در آن $y(p) = a - bp$ یک تابع خطی حساس به قیمت است $(a, b > 0)$. جزء نامعینی جمعی[۵۷] (ϵ) یک متغیر تصادفی پیوسته با توزیع تجمعی $F(\cdot)$ و چگالی احتمال پیوسته و مشتق‌پذیر $f(\cdot)$ با میانگینμو انحراف معیارσ است. برای وجود تقاضای مثبت داریم $\mathrm{A} > -a$[۵]. توزیع اطلاعات

تقاضا بین اعضا متقارن[۵۸] و اعضا نسبت به ریسک فروش، بی‌تفاوتند[۵۹]. با همکاری در یک قرارداد، پرداخت انتقالی T از سوی خرده‌فروش به تامین‌کننده پرداخت می‌شود. اگر فروش $S(q,p)=\min(D(p,\epsilon),q)$، مازاد فصل $I(q,p)=$ $(q-D(p,\epsilon))^+$ و کمبود فصل $L(q,p)=(D(p,\epsilon)-q)^+$ باشد، تابع سود خرده‌فروش (π_r)، تامین‌کننده (π_s) و زنجیره (π_c) عبارتند از:

$$\pi_r(q,p)=pS(q,p)+hI(q,p)-g_rL(q,p)-c_rq-T \qquad (۱)$$

$$\pi_s(q,p)=-g_sL(q,p)-c_sq+T \qquad (۲)$$

$$\pi_c(q,p)=\pi_r(q)+\pi_s(q)=(p-h+g)S(q,p)-(c-h)q-gL(q,p) \qquad (۳)$$

برای ساده‌سازی نامعینی جمعی، تغییر متغیر $z=q-y(p)$ را به عنوان متغیر ذخیره‌سازی[۶۰] مطرح می‌شود که اولین بار توسط اِرنست[۶۱] [۵۵] و تاوسِن[۶۲] [۵۶] ارایه شد [۵]. پس مازاد زمانی است که بیش از تقاضای آشکار شده ϵ[۶۳] و کمبود زمانی که ϵ از z بیشتر باشد (جدول ۱)

جدول ۱. مقادیر مختلف فروش، مازاد و کمبود برای نامعینی جمعی

متغیرها	رابطه	$\epsilon \le z$	$\epsilon > z$
فروش	$S(q,p)=y(p)+min(\epsilon,z)$	$y(p)+\epsilon$	$q=y(p)+z$
مازاد	$I(q,p)=(z-\epsilon)^+$	$z-\epsilon$	0
کمبود	$L(q,p)=(\epsilon-z)^+$	0	$\epsilon-z$

با تکیه بر جدول ۱، تابع‌های سود (۱) تا (۳) عبارتند از:

$$\pi_r(z,p)=\begin{cases}p[y(p)+\epsilon]-c_r[y(p)+z]-h[z-\epsilon]-T & \epsilon\le z,\\ p[y(p)+z]-c_r[y(p)+z]-g_r[\epsilon-z]-T, & \epsilon>z.\end{cases} \qquad (۴)$$

$$\pi_s(z,p)=\begin{cases}-c_s[y(p)+z]+T, & \epsilon\le z,\\ -g_s[\epsilon-z]-c_s[y(p)+z]+T, & \epsilon>z.\end{cases} \qquad (۵)$$

$$\pi_c(z,p)=\begin{cases}p[y(p)+\epsilon]-c[y(p)+z]-h[z-\epsilon], & \epsilon\le z,\\ (p-c)[y(p)+z]-g[\epsilon-z], & \epsilon>z.\end{cases} \qquad (۶)$$

مشاهده می‌شود ساختار سود زنجیره، شبیه ساختار سود روزنامه‌فروش منفرد برای تقاضای نامعین جمعی (در اینجا خرده‌فروش) است که توسط پتروزی و دادا [۵] و میلز [۷] توسعه داده شد. بنابراین هدف ایجاد هماهنگی برای زنجیره، یک موضوع درون‌زا[۶۴] و برای یک خرده‌فروش (روزنامه‌فروش) منفرد، یک موضوع برون‌زا[۶۵] خواهد بود.

۳-۱. تعیین سیاست‌های بهینه زنجیره تامین

برای تحلیل هماهنگی، باید جواب بیشینه‌کننده امید سود زنجیره ($\mathrm{Max}_{z,p}\,\mathrm{E}[\pi_c(z,p)]$) را پیدا کرد. امید سود زنجیره برابرست با:

$$E[\pi_c(z,p)]=\int_A^z(p[y(p)+u]-c[y(p)+z]-h[z-u])f(u)du+\int_Z^B((p-c)[y(p)+z]-g[u-z])f(u)du=(p-c)[y(p)+\mu]-\int_A^z(c+h)(z-u)f(u)du-\int_Z^B(p+g-c)(u-z)f(u)du$$

با فرض $\Lambda(z)=\int_A^z(z-u)f(u)du$ و $\Theta(z)=\int_Z^B(u-z)f(u)du$، داریم:

$$E[\pi_c(z,p)]=\psi_c(p)-L_c(z,p) \qquad (۷)$$

$$\psi_c(p)=(p-c)[y(p)+\mu] \qquad (۸)$$

$$L_c(z,p)=(c+h)\Lambda(z)+(p+g-c)\Theta(z) \qquad (۹)$$

$\psi_c(p)$ و $L_c(z,p)$ تابع سود بی‌ریسک[۶۶] و تابع زیان[۶۷] کل زنجیره‌اند که پیش از میلز [۷] و سیلور و پِترسون[۶۸] [۵۷] برای NVP به کار بردند. تابع زیان منبع اصلی نامعینی است و شامل هزینه مازاد واحد $(c+h)$ برای واحد مازاد ($\Lambda(z)$) و هزینه کمبود واحد $(p+g-c)$ برای واحد کمبود ($\Theta(z)$) است. رابطه (۷) نشان می‌دهد که امید سود زنجیره، حداکثر به سود بی‌ریسک خواهد رسید.

۳-۱-۱. شرایط بهینگی سود زنجیره تامین

برای دستیابی به جواب‌های بیشینه‌کننده‌ی $E[\pi_c(z,p)]$، شرایط درجه نخست[۶۹] و دوم[۷۰] بهینگی نسبت به z و p ارایه شده است:

الف) شرایط درجه نخست بهینگی

$$\dot{E}_z^c = \frac{\partial E[\pi_c(z,p)]}{\partial z} = -(c+h) + (p+g+h)[1 - F(z)] = 0 \quad (۱۰)$$

$$\dot{E}_p^c = \frac{\partial E[\pi_c(z,p)]}{\partial p} = 2b(p_c^0 - p) - \Theta(\mathrm{z}) = 0\ ;\ p_c^0 = \frac{a+bc+\mu}{2b} \quad (۱۱)$$

ب) شرایط درجه دوم بهینگی

$$\ddot{E}_{zz}^c = \frac{\partial^2 E[\pi_c(z,p)]}{\partial z^2} = -(p+g+h)f(z) < 0 \quad (۱۲)$$

$$\ddot{E}_{pp}^c = \frac{\partial^2 E[\pi_c(z,p)]}{\partial p^2} = -2b < 0 \quad (۱۳)$$

$$\ddot{E}_{zp}^c = \ddot{E}_{pz}^c = \frac{\partial^2 E[\pi_c(z,p)]}{\partial z \partial p} = 1 - F(z) > 0 \quad (۱۴)$$

$$\Delta_\mathrm{c} = \ddot{E}_{pp}^c \ddot{E}_{zz}^c - (\ddot{E}_{zp}^c)^2 = 2b(p+g+h)f(z) - (1-F(z))^2 > 0 \quad (۱۵)$$

$\dot{E}_i^c$ و $\ddot{E}_{ij}^c$ به ترتیب مشتق جزیی نخست و دوم $E[\pi_\mathrm{c}(z,p)]$ نسبت به $i = z,p$ و $j = z,p$ هستند و Δ_c دترمینان ماتریس هشین[۷۱] است. در شرط (۱۱)، p_c^0 قیمت بی‌ریسک[۷۲][۵] است که سود بی‌ریسک $(\psi_\mathrm{c}(\mathrm{p}))$ را بیشینه می‌کند. شرایط درجه‌ی دوم نشان می‌دهند که $\ddot{E}_{pp}^c < 0$ و $\ddot{E}_{zz}^c < 0$. پس برای کاو بودن اکید[۷۳] تابع سود زنجیره نسبت به z,p، باید نشان داد که Δ_c مثبت و ماتریس هشین،معین منفی[۷۴] است. این شرط در گزاره[۷۵] ۱ بررسی شده است.

گزاره ۱. ناحیه‌ی جستجوی z_c^* در محدوده زیر است که منجر می‌شود تابع سود زنجیره کاو اکید باشد:

$$0 < \frac{(1-F(z))^3}{2b(c+h)} < f(z). \quad (۱۶)$$

اثبات. با توجه به شرط $\Delta_\mathrm{c} > 0$ داریم:

$$\Delta_\mathrm{c} > 0 \Rightarrow 2b(p+g+h)f(z) - (1-F(z))^2 > 0 \Rightarrow 2b(p+g+h)f(z) > (1-F(z))^2$$

اگر مقدار بهینه‌ی ذخیره‌سازی z_c^* از شرط (۱۰)به صورت $1 - F(z) = \frac{(c+h)}{(p+g+h)}$ در نظر گرفته شود، ناحیه مورد نظر در گزاره‌ی ۱ به دست خواهد آمد.

با توجه به شرط کاو بودن اکید تابع سود زنجیره، می‌توان جواب‌های بهینه ذخیره‌سازی و قیمت را برای کل زنجیره به دست آورد.

۳-۱-۲. جواب‌های بهینه زنجیره تامین

گزاره ۱ و شرایط درجه‌ی دوم نشان می‌دهند که تابع سود کاو اکید است. بنابراین جواب بهینه قیمت زنجیره در گزاره ۲ می‌آید.

گزاره ۲. برای یک z ثابت، قیمت بهینه سود کل زنجیره به صورت یگانه[۷۶]، بر مبنای تابعی از z به دست می‌آید:

$$p_c^* = p_c^0 - \frac{\Theta(z)}{2b} = \frac{a+bc+\mu-\Theta(z)}{2b} \quad (۱۷)$$

اثبات. با حل شرط (۱۱) جواب مورد نظر به دست می‌آید.

از آنجا که $\Theta(z)$ نامنفی است، پس $p_c^* \le p_c^0$ است. با جایگزین کردن $p_c^* = p(z)$ از (۱۷)، مساله‌ی به صورت $Max_z E[\pi_\mathrm{c}(z,p(z))]$ درمی‌آید و $\dot{E}_z^c = 0$ نشان می‌دهد که جواب کلاسیک NVP به صورت $1 - F(z_c^*) = \frac{c+h}{p+g+h} - \dot{\Theta}(z_c^*)$ برای مساله صادق است:

$$F(z_c^*) = \frac{p+g-c}{p+g+h} \quad (۱۸)$$

اگر شرط (۱۶) برقرار باشد جواب یگانه است. در غیر این صورت ممکن است$E[\pi_C(z,p(z))]$چندین نقطه‌ی صدق‌کننده داشته باشد. قضیه ۱، مسیر یافتن مقدار بهینه یگانه z را توسعه می‌دهد که حالت اولیه آن برای NVP در نامعینی تقاضاتوسعه یافته است [5, 58].

قضیه ۱. سیاست قیمت‌گذاری و سفارش‌دهی بهینه برای زنجیره تامین دوسطحی در برابر تابع تقاضای نامعین جمعی به صورت (q_c^*, p_c^*) است که در آن$q_c^* = y(p_c^*) + z_c^*$، قیمت p_c^* از گزاره ۲ و مقدار z_c^* بر مبنای گام‌های زیر قابل تعیین است:

۱) **توزیع متعارف**[۷۷]: اگر $F(\cdot)$یک توزیع متعارف باشد، برای یافتن مقدار بهینه یک جستجوی گسترده[۷۸] برای تماممقدارهایzدر $[A,B]$ لازم است.

۲) **توزیع مشروط**[۷۹] **مساله** $Max_{z,p}\ E[\pi_c(z,p)]$:اگر توزیع مساله$Max_{z,p}\ E[\pi_c(z,p)]$در شرط $\frac{(1-F(z))^3}{2b(c+h)} < f(z)$ صدق کند آنگاه جواب (۱۸) تنها نقطه‌ی بهینه‌ی موجود خواهد بود.

۳) **توزیع عمومی با نرخ بحرانی غیرکاهشی**[۸۰]: اگر توزیع $F(\cdot)$ مشروط به شرط ۲ نباشد، و برای هر z در $[A,B]$ داشته باشیم:

$$2r(\cdot)^2 + \acute{r}(\cdot) > 0;$$

که در آن تابع $r(\cdot) \equiv \frac{f(\cdot)}{[1-F(\cdot)]}$ نرخ بحرانی[۸۱] توزیع است، آنگاه

۳-۱- z_c^* بزرگترین z بازه $[A,B]$ است که در$\dot{E}_z^c = 0$ صدق می‌کند.

۳-۲- اگر شرط بالا صدق کند و داشته باشیم $a - b(c-2g) + A > 0$، آنگاه z_c^* در $[A,B]$یگانه است.

اثبات. به پیوست مراجعه شود.

نرخ بحرانی می‌تواند به عنوان درصد کاهش احتمال خالی شدن[۸۲] انبار نسبت به احتمال افزایش مقدار ذخیره‌سازی برای یک واحد موجودی تعبیر شود [۶۱]. به صورت مرسوم، توزیع-هایی با نرخ بحرانی غیرکاهشی ($\acute{r}(\cdot) > -r^2(\cdot)$)، برای یافتن z_c^* مورد نظرند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که اکثر توزیع‌های متعارف شامل یکنواخت، نرمال، لاگ‌نرمال، نمایی، توانی، لجستیک، کای‌دو، گاما و وایبول نرخ بحرانی غیرکاهشی دارند [۵۹-۶۱]. اما نتیجه۱[۸۳]، حد پایین جدیدی برای $\acute{r}(\cdot)$ معرفی می‌کند.

نتیجه ۱. اگر $F(\cdot)$ توزیعی باشد که برای هر z در $[A,B]$ در$\acute{r}(\cdot) > -\frac{f(z)}{b(p+g+h)}$صدق کند، آنگاه z_c^* از $\dot{E}_z^c = 0$، تنها مقدار بهینه موجود است.

اثبات. بر اساس گزاره ۱ و بازنویسی (۱۶) برای نرخ بحرانی داریم:

$$2b(p+g+h)f(z) > \left(1-F(z)\right)^2 \Rightarrow$$
$$2b(p+g+h)f(z) > (f(z)/r(z))^2 \Rightarrow$$
$$r^2(z) > \frac{f(z)}{2b(p+g+h)}$$

اگر شرط $\acute{r}(\cdot) + r^2(\cdot) > 0$ را در قضیه ۱ بررسی کنیم، نتیجه مورد نظر به صورت زیر اثبات می‌شود:

$$\acute{r}(\cdot) + r^2(\cdot) > 0 \Rightarrow \acute{r}(\cdot) > -\frac{f(z)}{2b(p+g+h)}.$$

این حد پایین می‌تواند برای یافتن قاعده‌ای در بهینه‌سازی رفتارهای تقاضای نامعین ناشناخته مبتنی بر داده‌های واقعی استفاده شود.

۳-۲. سیاست‌های بهینه اعضا زنجیره با اشتراک درآمد

در این قرارداد قیمت عمده‌فروشی (w_{RS})از سوی تامین‌کننده تعیین می‌شود و $1-\varphi$درصد از درآمد کل فروش توسط خرده‌فروش در انتهای فصل به تامین‌کننده پرداخت می‌شود. ارتباط مالی و کالایی اعضای زنجیره، به صورت شکل ۱ است. درآمد کل $R(q,p) = R_{regular}(q,p) + pS(q,p)$ و $R_{salvage}(q,p)$ است که درآمد حاصل از فروش و درآمد اسقاط کالاهای مازاد به صورت زیر است:

$$R_{salvage}(q,p) = \begin{cases} -hI(q,p) & if \quad h<0, \\ 0 & if \quad h>0. \end{cases}$$

مقدار انتقالی قرارداد در شرایط مختلف هزینه‌ی نگهداری (h) و مقادیر متفاوت نامعینی (جدول ۲)، به صورت زیر خواهد بود:

$$T = T_{RS}(q, w_{RS}, \varphi) = w_{RS}q + (1-\varphi)R(q,p) = \begin{cases} w_{RS}q + (1-\varphi)pS(q,p) - (1-\varphi)hI(q,p) \ \ if\ h<0, \\ w_{RS}q + (1-\varphi)pS(q,p) if \ \ h>0. \end{cases}$$

تابع سود اعضای زنجیره (روابط (۴) و (۵)) بر مبنای مقادیر T اشتراک درآمد، به این صورت درمی‌آیند:

$$\pi_r^{RS}(z,p) = \begin{cases} \varphi p[y(p)+\epsilon] - \\ (c_r + w_{RS})[y(p)+z] - \varphi h[z-\epsilon], \\ \varphi p[y(p)+z] - \\ (c_r + w_{RS})[y(p)+z] - g_r[\epsilon - z], \end{cases} \quad (۱۹)$$

$$\pi_s^{RS}(z,p) = \begin{cases} (1-\varphi)p(y(p)+\epsilon) - \\ (c_s - w_{RS})[y(p)+z] \ - (1-\varphi)h(z- \\ (1-\varphi)p(y(p)+z) - \\ (c_s - w_{RS})[y(p)+z] - g_s[\epsilon - z], \end{cases} \quad (۲۰)$$

۳-۲-۱. جواب‌های بهینه اعضای زنجیره با اشتراک درآمد

معادله ۲۱، تابع سود یکپارچه اعضای زنجیره را نشان می‌دهد:

$$\pi_i^{RS}(z,p)_{i:\,r,s} = \begin{cases} \widehat{p_\iota}[\widehat{y_\iota}(\widehat{p_\iota}) + \epsilon] - \widehat{c_\iota}[\widehat{y_\iota}(\widehat{p_\iota}) + z] - \widehat{h_\iota}[z-\epsilon], \ \ \epsilon \le z, \\ \widehat{p_\iota}[\widehat{y_\iota}(\widehat{p_\iota}) + z] - \widehat{c_\iota}[\widehat{y_\iota}(\widehat{p_\iota}) + z] - \widehat{g_\iota}[\epsilon - z], \ \ \epsilon > z. \end{cases} \quad (۲۱)$$

جدول ۳ پارامترهای تطبیقی[۸۴] و قضیه ۲ مقادیر بهینه خرده‌فروش (z_r^{*RS}, p_r^{*RS}) و تامین‌کننده (z_r^{*RS}, p_r^{*RS}) را نشان می‌دهند.

قضیه ۲. مقدار بهینه قیمت و ذخیره‌سازی خرده‌فروش و تامین‌کننده با اشتراک درآمد و نامعینی تقاضای جمعی به صورت زیر است:

$$\widehat{p_\iota^{*RS}} = \widehat{\mathrm{p}_\mathrm{l}^{0RS}} - \frac{\Theta(z)}{2\widehat{b_\iota}} = \frac{\mathrm{a} + \widehat{b_\iota}\widehat{c_\iota} + \mu - \Theta(\mathrm{z})}{2\widehat{b_\iota}}\ ;\ \widehat{\mathrm{p}_\mathrm{l}^{0RS}} = \frac{\mathrm{a} + \widehat{b_\iota}\widehat{c_\iota} + \mu}{2\widehat{b_\iota}} \quad (۲۲)$$

$$F(z_i^{*RS}) = \frac{\widehat{p_\iota} + \widehat{g_\iota} - \widehat{c_\iota}}{\widehat{p_\iota} + \widehat{g_\iota} + \widehat{h_\iota}} \quad (۲۳)$$

اثبات. امید سود اعضای زنجیره، با پارامترهای جدول ۳ عبارتست از:

$$E\left[\pi_i^{RS}(z,p)\right] = \psi_i^{RS}(\widehat{p_\iota}) - L_i^{RS}(z,\widehat{p_\iota}) \quad (۲۴)$$

$$\psi_i^{RS}(\widehat{p_\iota}) = (\widehat{p_\iota} - \widehat{c_\iota})[\widehat{y_\iota}(\widehat{p_\iota}) + \mu] \quad (۲۵)$$

$$L_i^{RS}(z,\widehat{p_\iota}) = \left(\widehat{c_\iota} + \widehat{h_\iota}\right)\Lambda(z) + (\widehat{p_\iota} + \widehat{g_\iota} - \widehat{c_\iota})\Theta(z) \quad (۲۶)$$

جواب‌های (۲۲) و (۲۳) از شرایط درجه اول بهینگی ($\frac{\partial E[\pi_i^{RS}(z,p)]}{\partial z} = 0$ و $\frac{\partial E[\pi_i^{RS}(z,p)]}{\partial p} = 0$) امید سود اعضای زنجیره به دست می‌آیند.

با توجه به شباهت ساختار تابع سود اعضا زنجیره در اشتراک درآمد با تابع سود زنجیره، می‌توان مسیر مورد نیاز برای تعیین میزان ذخیره‌سازی بهینه اعضای زنجیره را شبیه قضیه ۱ توسعه داد.

۳-۳. سیاست‌های بهینه اعضای زنجیره با قرارداد بازخرید

در قرارداد بازخرید، تامین‌کننده قیمت عمده‌فروشی w_bرا در سفارش ابتدای فصل و قیمت بازخرید v را برای هر واحد مازاد انتهای فصل به خرده‌فروش اعلام می‌کند و پرداخت انتقالی قرارداد برابرست با:

$$T = T_b(q, w_b, v) = w_b q - vI(q,p) = vS(q,p) + (w_b - v)q \quad (۲۷)$$

جدول ۴ مقادیر مختف پرداخت انتقالی را در نامعینی تقاضا نشان می‌دهد و تابع سود خرده‌فروش و تامین‌کننده برابرست با:

$$\pi_r^{BB}(z,p) = \begin{cases} p[y(p)+\epsilon] - (c_r + w_b)[y(p)+z] - (h-v)[z-\epsilon], & \epsilon \le z, \\ p[y(p)+z] - (c_r + w_b)[y(p)+z] - g_r[\epsilon - z], & \epsilon > z. \end{cases} \quad (۲۸)$$

$$\pi_s^{BB}(z,p) = \begin{cases} -(c_s - w_b)[y(p)+z] - v[z-\epsilon], & \epsilon \le z, \\ -(c_s - w_b)[y(p)+z] - g_s[\epsilon - z], & \epsilon > z. \end{cases} \quad (۲۹)$$

۳-۳-۱. جواب‌های بهینه تامین‌کننده با قرارداد بازخرید

تابع امید سود تامین‌کننده با قرارداد بازخرید، به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} E[\pi_s^{BB}(z,p)] &= \int_A^z (-(c_s - w_b)[y(p)+z] - v(z-u)])f(u)du + \int_Z^B (-(c_s - w_b)[y(p)+z] - g_s[u-z])f(u)du \\ &= -(c_s - w_b)[y(p)+\mu] - \int_A^z (c_s - w_b + v)(z-u)f(u)du - \int_Z^B (g_s - c_s + w_b)(u-z)f(u)du \end{aligned}$$

و به دو تابع سود بی‌ریسک تامین‌کننده ($\psi_s(p)$) و تابع زیان تامین‌کننده ($L_s(z,p)$) قابل تجزیه است:

$$E[\pi_s^{BB}(z,p)] = -(c_s - w_b)[y(p)+\mu] - (c_s - w_b + v)\Lambda(\mathrm{z}) - (g_s - c_s + w_b)\Theta(\mathrm{z}) = \psi_s^{BB}(p) - L_s^{BB}(z,p) \quad (۳۰)$$

$$\psi_s^{BB}(p) = -(c_s - w_b)[y(p)+\mu] \quad (۳۱)$$

$$L_s^{BB}(z,p) = (c_s - w_b + v)\Lambda(\mathrm{z}) + (g_s - c_s + w_b)\Theta(\mathrm{z}) \quad (۳۲)$$

شرایط بهینگی درجه اول و دوم سود تامین‌کننده این گونه است:

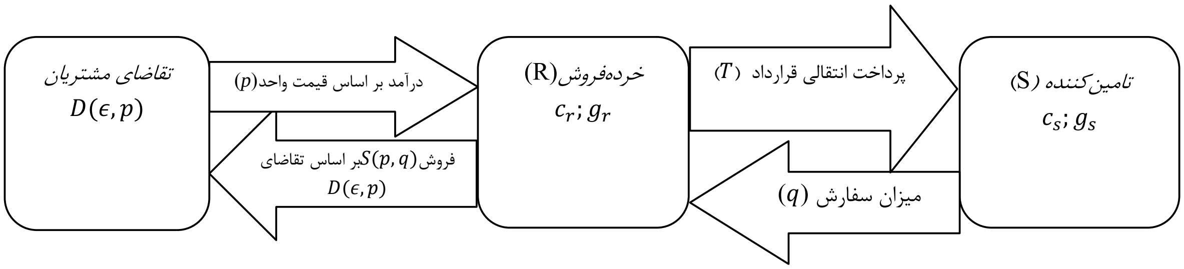
الف) شرایط بهینگی درجه اول:

$$\dot{E}_z^{sBB} = \frac{\partial E[\pi_s(z,p)]}{\partial z} = -(c_s - w_b + v) + (g_s + v)[1 - F(z)] = 0 \quad (۳۳)$$

$$\dot{E}_{p}^{sBB}=\frac{\partial E[\pi_s(z,p)]}{\partial p}=b(c_s-w_b)=0 \quad (34)$$

$$\ddot{E}_{zz}^{sBB}=\frac{\partial^2 E[\pi_s(z,p)]}{\partial z^2}=-(g_s+v)f(z)<0 \quad (35)$$

ب) شرایط بهینگی درجه دوم:



شکل۱.ارتباط اعضای زنجیره با در نظر گرفتن شرایط قرارداد

جدول ۲. مقادیر مختلف میزان انتقالی قرارداد اشتراک درآمد برای تغییرات نامعینی تقاضا

Relation	$D \le q\ (\epsilon \le z)$	$D > q\ (\epsilon > z)$
$T_{RS}(q,w_{RS},\varphi) = w_{RS}q+(1-\varphi)pS(q,p) - (1-\varphi)hI(q,p)$	$w_{RS}q+(1-\varphi)p\big(D(p,\epsilon)\big) -(1-\varphi)h\big(q-D(p,\epsilon)\big)$	$w_{RS}q+(1-\varphi)pq$
$T_{RS}(z,w_{RS},\varphi) = w_{RS}(z+y(p)) + (1-\varphi)p(y(p)+min(\epsilon,z)) - (1-\varphi)h(z-\epsilon)^+$	$w_{RS}(z+y(p))+(1-\varphi)p(y(p)+\epsilon) -(1-\varphi)h(z-\epsilon)$	$w_{RS}(z+y(p))+(1-\varphi)p(y(p)+z)$

جدول ۳. پارامترهای تطبیق داده شده ساختار سود زنجیره و اعضای آن با قرارداد اشتراک درآمد

پارامترهای تطبیقی	تامین‌کننده	خرده‌فروش	زنجیره تامین
قیمت تطبیقی($\widehat{p_\iota}$)	$\widehat{p_s}=(1-\varphi)p$	$\widehat{p_r}=\varphi p$	$p=\widehat{p_r}+\widehat{p_s}$
قیمت بهینه تطبیقی($\widehat{p_\iota^*}$)	$\widehat{p_s^*}=(1-\varphi)p_s^{*RS}$	$\widehat{p_r^*}=\varphi p_r^{*RS}$	همانند بالا
قیمت بی‌ریسک تطبیقی($\widehat{p_\iota^0}$)	$\widehat{p_s^0}=(1-\varphi)p_s^{0RS}$	$\widehat{p_r^0}=\varphi p_r^{0RS}$	همانند بالا
هزینه حاشیه تطبیقی($\widehat{c_\iota}$)	$\widehat{c_s}=c_s-w_{RS}$	$\widehat{c_r}=c_r+w_{RS}$	$c=\widehat{c_r}+\widehat{c_s}$
هزینه نگهداری تطبیقی (و نیز هزینه اسقاطی تطبیقی ($\widehat{h_\iota}$))	$\widehat{h_s}=(1-\varphi)h$	$\widehat{h_r}=\varphi h$	$h=\widehat{h_r}+\widehat{h_s}$
هزینه جریمه خوش‌نیتی تطبیقی($\widehat{g_\iota}$)	$\widehat{g_s}=g_s$	$\widehat{g_r}=g_r$	$g=\widehat{g_r}+\widehat{g_s}$
کشش قیمتی تطبیقی($\widehat{b_\iota}$)	$\widehat{b_s}=b/(1-\varphi)$	$\widehat{b_r}=b/\varphi$	$\frac{1}{b}=\frac{1}{\widehat{b_r}}+\frac{1}{\widehat{b_s}}$
تابع تقاضای معین تطبیقی($\widehat{y_\iota}$)	$\widehat{y_s}=a-\widehat{b_s}p$	$\widehat{y_r}=a-\widehat{b_r}p$	
درصد درآمد تطبیقی($\widehat{USR_\iota}$)	$\widehat{USR_r}=1-\varphi$	$\widehat{USR_r}=\varphi$	

جدول ۴. مقادیر مختلف پرداخت انتقالی با توجه به حالت مازاد یا کمبود در انتهای فصل

رابطه پرداخت انتقالی	$D \le q\ (\epsilon \le z)$	$D > q\ (\epsilon > z)$
$T_b(q,w_b,v)=w_bq-v(q-D(p,\epsilon))^+$	$w_bq-v(q-y(p)-\epsilon)$	w_bq
$T_b(z,w_b,v)=w_b\big(z+y(p)\big)-b(z-\epsilon)^+$	$w_b\big(z+y(p)\big)-v(z-\epsilon)$	$w_b(z+y(p))$

$$\ddot{E}^{sBB}_{pp} = \frac{\partial^2 E[\pi_s(z,p)]}{\partial p^2} = 0 \quad (۳۶)$$

$$\ddot{E}^{sBB}_{zp} = \ddot{E}^{sBB}_{pz} = \frac{\partial^2 E[\pi_s(z,p)]}{\partial z \partial p} = 0 \quad (۳۷)$$

$$\Delta_s = \ddot{E}^{sBB}_{pp}\ddot{E}^{sBB}_{zz} - (\ddot{E}^{sBB}_{zp})^2 = 0 \quad (۳۸)$$

از آنجا که $\ddot{E}^{sBB}_{zp} = \ddot{E}^{sBB}_{pz} = \ddot{E}^{sBB}_{pp} = 0$، رابطه‌ی مستقیمی بین $\dot{E}^{sBB}_{p}$و قیمت وجود ندارد، قیمت بهینه با تعیین w_bنسبت به c_sمشخص می‌شود (جدول ۵). فرض می‌کنیم تامین‌کننده w_b را و در پاسخ خرده‌فروش قیمت بازخرید را تعیین کند.

جدول ۵. قیمت‌گذاری بهینه تامین‌کننده با توجه به شرایط w_b

حالت‌ها	شرط بهینگی قیمت	قیمت‌گذاری بهینه	ذخیره‌سازی بهینه
$w_b < c_s$	$\dot{E}^{sBB}_{p} > 0$	$\frac{a}{b} - \varepsilon$	$F(z^{*BB}_s) \le \overline{F(z^{*BB}_s)}$
$w_b = c_s$	$\dot{E}^{sBB}_{p} = 0$	Every $p \in [0, \frac{a}{b} - \varepsilon]$	$\overline{F(z^{*BB}_s)} = \frac{g_s}{g_s + v}$
$w_b > c_s$	$\dot{E}^{sBB}_{p} < 0$	صفر	$F(z^{*BB}_s) \ge \overline{F(z^{*BB}_s)}$

گزاره ۳ و ۴ جواب‌های بهینه تامین‌کننده را معرفی می‌کنند.

گزاره ۳. با تقاضای نامعین جمعی و قرارداد بازخرید، قیمت‌گذاری بهینه تامین‌کننده بر اساس علامت‌های $c_s - w_b$عبارتست از:

۱- اگر $c_s - w_b > 0$، قیمت بهینه یگانه و $p^*_s = \frac{a}{b} - \varepsilon$است.

۲- اگر $c_s - w_b < 0$، قیمت بهینه یگانه و $p^*_s = 0$خواهد بود.

۳- اگر $c_s - w_b = 0$، قیمت بهینه یگانه نیست و می‌تواند هر قیمتی در $[0, \frac{a}{b} - \varepsilon]$باشد.

اثبات. از جدول ۵، نتایج به صورت مستقیم اثبات می‌شوند.

گزاره ۴. با تقاضای نامعین جمعی و قرارداد بازخرید، سیاست ذخیره‌سازی بهینه تامین‌کننده (z^{*BB}_s) به صورت زیر است:

$$F(z^{*BB}_s) = \frac{w_b - c_s + g_s}{g_s + v} \quad (۳۹)$$

اثبات. با شرایط درجه دوم و (۳۸)، ماتریس هشین تامین‌کننده، نیمه‌معین منفی و سود تامین‌کننده نسبت به z، شبه‌کاو[85] است و جواب (۳۹) جواب بهینه ذخیره‌سازی تامین‌کننده است.

مقدارهای g_sو vمثبتند و $0 \le F(z) \le 1$. بنابراین:

$$F(z^{*BB}_s) \ge 0 \Rightarrow w_b - c_s + g_s \ge 0 \Rightarrow w_b - c_s \ge -g_s$$

$$F(z^{*BB}_s) \le 1 \Rightarrow w_b - c_s + g_s \le g_s + v \Rightarrow w_b - c_s \le g_s$$

برای هر مقدار بهینه z^{*BB}_sداریم $-g_s \le \overline{c_s} = w_b - c_s \le g_s$. $\overline{c_s}$هر علامتی می‌تواند اختیار کند و تعیین قیمت بهینه نمی‌تواند یافتن متغیر ذخیره‌سازی بهینه را منحرف کند. پس ساختار ویژه قرارداد بازخرید نمی‌تواند سهمی از درآمد فروش برای تامین‌کننده در نظر گیرد، تامین‌کننده در قبال تغییرات فروش (به ویژه در کمبود) حساس نیست و یک دریافت‌کننده قیمت[86] خواهد بود. پس تنها ابزار وی برای کسب سود، تعیین مقدار w_bبه صورت $w_b > c_s$است.

۳-۳-۲. جواب‌های بهینه خرده‌فروش با قرارداد بازخرید

تابع سود مورد انتظار خرده‌فروش به صورت زیر است:

$$\begin{aligned}E[\pi^{BB}_r(z,p)] &= \int_A^z (p[y(p)+u] - (c_r + w_b)[y(p)+z] \\ &\quad - (h-v)[z-u])f(u)du \\ &\quad + \int_Z^B (p[y(p)+z] \\ &\quad - (c_r+w_b)[y(p)+z] \\ &\quad - g_r[u-z])f(u)du \\ &= (p-(c_r+w_b))[y(p)+\mu] \\ &\quad - \int_A^z ((c_r+w_b)+(h-v))(z \\ &\quad - u)f(u)du \\ &\quad - \int_Z^B (p+g_r-c_r-w_b)(u \\ &\quad - z)f(u)du\end{aligned}$$

تجزیه $E[\pi^{BB}_r(z,p)]$به دو تابع سود بی‌ریسک و تابع زیان خرده‌فروش به صورت زیر است:

$$\begin{aligned}E[\pi^{BB}_r(z,p)] &= (p-(c_r+w_b))[y(p)+\mu] \\ &\quad - \big((c_r+w_b)+(h \\ &\quad - v)\big)\Lambda(z) - (p+g_r \\ &\quad - (c_r+w_b))\Theta(z) \\ &= \psi^{BB}_r(p) - L^{BB}_r(z,p)\end{aligned} \quad (۴۰)$$

$$\psi^{BB}_r(p) = (p-(c_r+w_b))[y(p)+\mu] \quad (۴۱)$$

$$\begin{aligned}L^{BB}_r(z,p) &= \big((c_r+w_b)+(h-v)\big)\Lambda(z) \\ &\quad + (p+g_r \\ &\quad - (c_r+w_b))\Theta(z)\end{aligned} \quad (۴۲)$$

این تجزیه، شباهت ساختاری سود خرده‌فروش و زنجیره را با در نظر گرفتن $\overline{c_r} = c_r + w_b$، $\overline{h_r} = h - v$و $\overline{g_r} = g_r$

نشان می‌دهد. از این رو شرایط بهینگی درجه اول و دوم به صورت زیر خواهند بود:

الف) شرایط بهینگی درجه اول:

$$\dot{E}_z^{rBB} = \frac{\partial E[\pi_r^{BB}(z,p)]}{\partial z} = -((c_r + w_b) + (h - v)) + (p + g_r + (h - v))[1 - F(z)] = 0 \tag{۴۳}$$

$$\dot{E}_p^{rBB} = \frac{\partial E[\pi_r^{BB}(z,p)]}{\partial p} = 2b(p_r^{0BB} - p) - \Theta(z) = 0; \; p_r^{0BB} = \frac{a + b(c_r + w_b) + \mu}{2b} \tag{۴۴}$$

ب) شرایط بهینگی درجه دوم:

$$\ddot{E}_{zz}^{rBB} = \frac{\partial^2 E[\pi_r^{BB}(z,p)]}{\partial z^2} = -(p + g_r + (h - v))f(z) < 0 \tag{۴۵}$$

$$\ddot{E}_{pp}^{rBB} = \frac{\partial^2 E[\pi_r^{BB}(z,p)]}{\partial p^2} = -2b < 0 \tag{۴۶}$$

$$\ddot{E}_{zp}^{rBB} = \ddot{E}_{pz}^{rBB} = \frac{\partial^2 E[\pi_r^{BB}(z,p)]}{\partial z \partial p} = 1 - F(z) > 0 \tag{۴۷}$$

$$\Delta_r^{BB} = \ddot{E}_{pp}^{rBB}\ddot{E}_{zz}^{rBB} - (\ddot{E}_{zp}^{rBB})^2 = 2b(p + g_r + (h - v))f(z) - (1 - F(z))^2 \tag{۴۸}$$

فرض‌های اولیه نشان می‌دهند که تامین‌کننده ترجیح می‌دهد قیمت بازخرید به صورت $(v < p)$ باشد و $\ddot{E}_{zz}^{rBB} < 0$. گزاره ۵ کاو بودن اکید $E[\pi_r^{BB}(z,p)]$ را نسبت به z برای p مشخص توسعه می‌دهد.

گزاره ۵. تعیین مقدار ذخیره‌سازی بهینه یگانه خرده‌فروش تنها در ناحیه زیر امکان‌پذیر است:

$$0 < \frac{(1 - F(z))^3}{2b((c_r + w_b) + (h - v))} < f(z) \leq 1 \tag{۴۹}$$

اثبات. برای یگانه بودن جواب $\dot{E}_z^{rBB} = 0$، باید تابع $E[\pi_r^{BB}(z,p)]$ نسبت به z کاو اکید باشد. بنابراین با در نظر گرفتن شرط لازم و کافی نیمه‌معین منفی بودن ماتریس هشین، خواهیم داشت:

$$\Delta_r^{BB} > 0 \Rightarrow 2b(p + g_r + (h - v))f(z) - (1 - F(z))^2 \Rightarrow 2b(p + g_r + (h - v))f(z) > (1 - F(z))^2$$

و با جایگزینی $1 - F(z_r^{*BB}) = \frac{(c_r + w_b) + (h - v)}{p + g_r + (h - v)}$ از (۴۳) در ناحیه معرفی شده (۴۹)، ناحیه‌ی جستجوی z_r^{*BB} مشخص می‌شود.

در نتیجه جواب بهینه قیمت از گزاره ۶ به دست می‌آید.

گزاره ۶. برای یک z مشخص، جواب بهینه قیمت‌گذاری خرده‌فروش به صورت زیر است:

$$p_r^{*BB} = p_r^{0BB} - \frac{\Theta(z)}{2b} = \frac{a + b(c_r + w_b) + \mu - \Theta(z)}{2b} \tag{۵۰}$$

اثبات. چون $E[\pi_r^{BB}(z,p)]$ برای یک z مشخص، نسبت به p کاو است، شرط بهینگی $\dot{E}_p^{rBB} = 0$ منجر به جواب (۵۰) خواهد شد.

بنابراین، جواب بهینه ذخیره‌سازی خرده‌فروش به صورت زیر است:

$$F(z_r^{*BB}) = \frac{p + g_r - (c_r + w_b)}{p + g_r + h - v} \tag{۵۱}$$

مشابه با ساختار سود زنجیره می‌توان قضیه‌ای شبیه قضیه ۱ برای یافتن این مقدار بهینه توسعه داد. جدول ۶، جواب‌های بهینه خرده‌فروش، تامین‌کننده و کل زنجیره را برای قراردادها نشان می‌دهد.

۴. تحلیل هماهنگی

قراردادی زنجیره تامین را هماهنگ می‌کند که با آن، مجموعه‌ای از اقدامات بهینه زنجیره در یک تعادل نَش[۸۷] قرار گیرد و هیچ بنگاهی به یک انحراف سودآور یکجانبه[۸۸] از مجموعه اقدامات بهینه زنجیره تامین دست نیابد. در حالت مطلوب اقدامات بهینه باید تعادل یگانه[۸۹] نَش تشکیل دهند، چون در غیر این صورت امکان دارد بنگاه‌ها در سطح زیربهینه‌ای[۹۰] از اقدام‌ها فعالیت کنند [۹]. با مراجعه به روابط (۷)، (۲۴)، (۳۰) و (۴۰) و مقایسه ساختار توزیع سود توسط قراردادها باید مشخص کرد که چگونه جواب‌های بهینه زنجیره (z_c^*, p_c^*) منجر به ایجاد تعادل نش برای اعضا می‌شوند. شکل ۲ نشان می‌دهد که افزایش قیمت عمده‌فروشی برای قراردادها منجر به کاهش سود خرده‌فروش و افزایش سود تامین‌کننده می‌شود در حالی که افزایش سهم درآمد (φ) در قرارداد اشتراک درآمد یا افزایش قیمت بازخرید (v) در قرارداد بازخرید، منجر به افزایش سود خرده‌فروش و کاهش سود تامین‌کننده خواهد شد. در نتیجه باید به دنبال نقاط بهینه

پارتویی بود که ضمن تضمین سود اعضا، سود کل زنجیره را بیشینه کند.

۴-۱. هماهنگی در قیمت‌گذاری

قضیه ۳ به شرایط پارامتری هماهنگی برای هر دو قرارداد می‌پردازد.

قضیه ۳. در نامعینی تقاضا هماهنگی قیمت‌گذاری با قرارداد بازخرید به دست نمی‌آید اما برای قرارداد اشتراک درآمد نیاز به شرط زیر دارد:

$$\varphi = \frac{c_r + w_{RS}}{c} \qquad (۵۲)$$

اثبات. قرارداد بازخرید: با بررسی فرض هماهنگی قیمت-گذاری ($p_r^{*BB} = p_c^*$)، خواهیم داشت:

$$p_r^{*BB} = p_c^* \Rightarrow \frac{a + b(c_r + w_b) + \mu - \Theta(z)}{2b} = \frac{a + bc + \mu - \Theta(z)}{2b} \xRightarrow{if\ b\neq 0} c_r + w_b = c \Rightarrow w_b = c_s$$

این شرط با تامین‌کننده بیشینه‌کننده سود تناقض دارد و خرده‌فروش غالب می‌شود و هماهنگی قیمت‌گذاری با بازخرید امکان‌پذیر نیست.

قرارداد اشتراک درآمد: با بررسی فرض هماهنگی قیمت-گذاری ($p_r^{*RS} = p_c^*$)، خواهیم داشت:

$$p_r^{*RS} = p_c^* \Rightarrow \frac{a + (\frac{b}{\varphi})(c_r + w_r) + \mu - \Theta(z)}{2b} = \frac{a + bc + \mu - \Theta(z)}{2b} \Rightarrow b(\varphi c - c_r - w_{RS}) = 0$$

اگر کشش قیمتی تابع تقاضا (b) صفر نشود، این معادله منجر به $\varphi c - c_r - w_{RS} = 0$ می‌شود و گروهی از قراردادها در آن صدق می‌کنند که $\varphi = \frac{c_r+w_{RS}}{c}$ را راضی کنند. در حالت حدی نیز (۵۲) برقرار است چرا که $lim_{b\to 0}\, p_r^{*RS} = lim_{b\to 0}\, p_c^*$.

۴-۲. هماهنگی زنجیره تامین

با تکیه بر نتایج قضیه ۳ امکان هماهنگی قیمت‌گذاری و سفارش‌دهی برای اشتراک درآمد فراهم است (قضیه ۴). همچنین هماهنگی قرارداد بازخرید تنها با هماهنگی سفارش‌دهی امکان‌پذیر است (قضیه ۵).

قضیه ۴. قرارداد اشتراک درآمد با دو شرط $\varphi = \frac{c_r+w_{RS}}{c}$و $w_{RS} \le c_s$منجر به هماهنگی زنجیره تامین می‌شود اگر و تنها گر شرط $\varphi = \frac{g_r}{g}$توسط اعضا برقرار گردد. هم‌چنین این شرایط قراردادی به توزیع متناسب سود طبق نرخ توزیع درآمد (φ) می‌پردازد یعنی:

$$\frac{E(\pi_r^{RS}(z_c^*,p_c^*)}{E(\pi_c(z_c^*,p_c^*)} = \varphi, \frac{E(\pi_S^{RS}(z_c^*,p_c^*)}{E(\pi_c(z_c^*,p_c^*)} = 1 - \varphi.$$

اثبات. با توجه به قضیه ۴ برای هماهنگی و اطمینان از عدم تغییر در مقادیر بهینه‌ی سفارش‌دهی با تکیه بر قیمت‌گذاری هماهنگ باید داشته باشیم $z = z_c^* = z_r^{*RS}$. بنابراین سود خرده‌فروش ضریبی از سود زنجیره خواهد شد ($E[\pi_r^{RS}(z_c^*, p_c^*)] = \lambda E[\pi_c(z_c^*, p_c^*)]$) و:

$$\varphi p_c^* - c_r - w_{RS} = \lambda(p_c^* - c)$$
$$c_r + w_{RS} + \varphi h = \lambda(c + h)$$
$$\varphi p_c^* + g_r - c_r - w_{RS} = \lambda(p_c^* + g - c)$$

در نتیجه علاوه بر شرط $\varphi = \frac{c_r+w_{RS}}{c}$ خواهیم داشت $\lambda = \varphi = \frac{g_r}{g}$ هم‌چنین با وجود این دو شرط نسبت توزیع سود اعضا به صورت $\frac{E(\pi_r^{RS}(z_c^*,p_c^*)}{E(\pi_c(z_c^*,p_c^*)} = \varphi$ و $\frac{E(\pi_S^{RS}(z_c^*,p_c^*)}{E(\pi_c(z_c^*,p_c^*)} = 1 - \varphi$خواهد بود.

پس اشتراک درآمد می‌تواند به اشتراک سود[91] نیز تعبیر شود[24].

قضیه ۵. قرارداد بازخرید زمانی در هماهنگی زنجیره تامین موفق است که پارامترهای آن به صورت زیر باشند و $\lambda = \frac{g_r}{g}$

$$v = w_b - h(\lambda - 1) + (\lambda c - c_r)$$

در این حالت λبه عنوان ضریب توزیع سود، درآمد حاصل از فروش را به نسبتλ و $1 - \lambda$ بین خرده‌فروش و تامین‌کننده توزیع می‌کند.

اثبات. با در نظر داشتن (قضیه ۴)، عدم توانایی قرارداد بازخرید در هماهنگی قیمت‌گذاری، برای بررسی هماهنگی سفارش‌دهی، اعضای زنجیره باید شرط $z = z_c^* = z_r^{*BB}$ را داشته باشند. خواهیم داشت:

$$p_c^* - c_r - w_b = \lambda(p_c^* - \mathrm{c}) \qquad (۵۳)$$
$$c_r + w_b + h - v = \lambda(c + h) \qquad (۵۴)$$
$$p_c^* + g_r - c_r - w_b = \lambda(p_c^* + g - c) \qquad (۵۵)$$

بنابراین:

$$w_b = p_c^*(1 - \lambda) + (\lambda c - c_r) \qquad \text{(I)}$$
$$w_b - v = h(\lambda - 1) + (\lambda c - c_r) \qquad \text{(II)}$$

$w_b = p_c^*(1-\lambda) + (g_r - \lambda g) + (\lambda c - c_r)$ (III)

با در نظر گرفتن (I) و (III)داریم $g_r - \lambda g \Rightarrow \lambda = \frac{g_r}{g}$و با (I) و (II)داریم$v = (p_c^* + h)(1-\lambda)$ که$0 \le \lambda \le 1$است. این ضریب می‌تواند سود زنجیره را به نسبت‌های مختلف بین اعضا تقسیم کند و ناحیه برد-برد تخصیص سود بین اعضای زنجیره برابر است با:

$$v = w_b - h(\lambda - 1) + (\lambda c - c_r).$$

قضیه ۵ می‌گوید $z_c^* = z_r^{*BB}$ وبنابراین $F(z_c^*) = F(z_r^{*BB})$. این نتیجه منطقی‌تر است اگر قیمت‌گذاری هماهنگ را در نظر بگیریم. چون$\lambda < 1$داریم$w_b > c_s$. در غیر این یا با خرده‌فروش غالب روبروییم که $\lambda = 1$ و $w_b = c_s$ و یا تامین‌کننده غیرعقلانی[92] داریم که $\lambda > 1$و $w_b < c_s$ است. روشن است که این دو منطقه موضوع هماهنگی نیست و منطقه قضیه ۵ می‌تواند منطقه تضمین‌کننده تعادل نش یگانه برای موازنه پارامترهای قرارداد در هماهنگی باشد. کَچون [۹]شرایط مشابهی را برای تابع تقاضای معین حساس به قیمت نشان داد و قرارداد بازخرید ناشی از آن را بازخرید با قیمت سازگار[93] نامید.

۳-۴. سناریوهای مذاکره اعضای زنجیره تامین

با توجه به شرط $\lambda = \varphi = \frac{g_r}{g}$برای هماهنگی اشتراک درآمد و بازخرید، می‌توان سه سناریوی مذاکره برای اعضا در نظر گرفت:

۱- **سناریوی اول. شرایط یکتای هماهنگی:** در این حالت تنها یک نقطه هماهنگ‌کننده برای اشتراک درآمد و بازخرید وجود دارد. در اشتراک درآمد، تامین‌کننده قیمت$w_{RS} = \frac{g_r}{g}c - c_r$و در پاسخ، خرده‌فروش نرخ تقسیم درآمد$\varphi = \frac{g_r}{g}$را تعیین می‌کنند. برای بازخرید این سناریو منجر به زوج یگانه$w_b = p_c^*\left(1 - \frac{g_r}{g}\right) + (\frac{g_r}{g})c - c_r$و$v = (p_c^* + h)\left(1 - \frac{g_r}{g}\right)$می‌شود.

۲- **سناریوی دوم. نادیده گرفتن ضرایب جریمه خوش‌نیتی:**در این حالت $g_r = g_s = g = 0$ و تنها شرط لازم برای هماهنگی اشتراک درآمد $\varphi = \frac{c_r + w_{RS}}{c}$است. در بازخرید از (I)و(III) نتیجه می‌شود $w_b = p_c^*(1-\lambda) + (\lambda c - c_r)$ از (II)داریم$v = (p_c^* + h)(1-\lambda)$و$0 \le \lambda = \frac{E[\pi_r(z_c^*, p_c^*)]}{E[\pi_c(z_c^*, p_c^*)]} \le 1$می‌تواند نسبت سود خرده‌فروش به کل زنجیره در هماهنگی باشد.

۳- **حالت سوم. ضرایب جریمه خوش‌نیتی به عنوان سیاست‌های راهبردی:**این فرض منطقی حضور ضرایب جریمه خوش‌نیتی را به عنوان متغیرهای راهبردی برای تعیین سیاست پاسخ‌دهی زنجیره به مشتریان در نظر دارد. روشن است که میزان پاسخ‌گویی کل زنجیره برای مشتریان $g = g_r + g_s$ خواهد بود.

۳-۱- **قرارداد اشتراک درآمد:**سیاست‌های (w_{RS}, g_s)از سوی تامین‌کننده به عنوان ذهنیت او در برابر نحوه فروش و پوشش‌دهی هزینه‌ی کمبود معرفی می‌گردند. با فرض هماهنگی، خرده‌فروش به ارایه سیاست‌های $(\varphi = \frac{c_r + w_{RS}}{c}, g_r = \frac{\varphi}{1-\varphi} g_s)$در قبال تامین‌کننده و مشتریان می‌پردازد.

۳-۲-**قرارداد بازخرید:**سیاست‌های (w_b, g_s)تامین‌کننده به عنوان نشانه میزان پرداخت در قبال خرده‌فروش و میزان پاسخگویی به مشتریان (جریمه خوش‌نیتی) معرفی می‌شود. خرده‌فروش با پیشنهاد $(v = (p_c^* + h)(1 - \lambda), g_r = \frac{\lambda}{1-\lambda} g_s)$در قبال مشتریان و تامین‌کننده و با $\lambda = \frac{p_c^* - c_r - w_b}{p_c^* - c}$ منجر به هماهنگی زنجیره تامین می‌شوند. در این شرایط زوج‌های سیاستی (w_b, v)و(g_r, g_s)مورد بحث اعضای زنجیره است تا سیاست‌های آنها در قبال یکدیگر و مشتریان مشخص شود.

۵. نتایج و پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی

دستیابی به هماهنگی زنجیره تامین در نامعینی تقاضا هدف اصلی این پژوهش است. به این منظور شکل تابع سود زنجیره تامین، خرده‌فروش و تامین‌کننده در یک زنجیره تامین دوسطحی ارایه شد. سپس شرایط بهینگی سود زنجیره و جواب‌های بهینه آن توسعه داده شد. جوابهای بهینه می‌توانند مبنای تحلیل هماهنگی در زنجیره با استفاده از ساز و کارهای مختلف قراردادی باشند. برای بررسی، تابع سود اعضای زنجیره با در نظر گرفتن عوامل هزینه‌ای و دو چارچوب قرارداد اشتراک درآمد و بازخرید توسعه داده شد. جوابهای بهینه قیمت‌گذاری و سفارش‌دهی اعضا در مدل اشتراک درآمد و در مدل بازخرید به دست آمد. در مدل بازخرید، جواب بهینه قیمت‌گذاری تامین‌کننده به شرایط مختلف تعیین قیمت عمده‌فروشی از سوی تامین‌کننده بستگی دارد و ساختار قرارداد، تامین‌کننده را به یک دریافت‌کننده قیمت تبدیل می‌کند.

تحلیل هماهنگی نشان می‌دهد هماهنگی در قیمت‌گذاری و سفارش‌دهی برای اشتراک درآمد تنها برای دسته‌ای از قراردادها با دو شرط $\varphi = \frac{c_r + w_{RS}}{c}$ و $\varphi = \frac{g_r}{g}$وجود دارد. اما هماهنگی در بازخرید محدود به هماهنگی سفارش‌دهی است. تحلیل هماهنگی نشان می‌دهد که شرایط $v = w_b - h(\lambda - 1) + (\lambda c - c_r)$با در نظر گرفتن $\lambda = \frac{g_r}{g}$منجر به ایجاد هماهنگی در سفارش‌دهی خواهد شد. هم‌چنین می‌توان، نسبت $\lambda = \varphi = \frac{g_r}{g}$را در سه سناریوی مختلف برای

سیاست‌های بهینه زنجیره تحلیل کرد. در سناریوی اول با هزینه‌های جریمه خوش‌نیتی ثابت، $\lambda = \frac{g_r}{g}$منجر به یک تعادل نش یگانه برای هر دو قرارداد می‌شود. در سناریوی دوم، که سهم زیادی در ادبیات دارد، هزینه‌های جریمه خوش‌نیتی حذف می‌شوند. بنابراین ضریب$\varphi = \lambda$برای هر دو قرارداد به عنوان نسبت تسهیم سود خرده‌فروش به زنجیره عمل می‌کند. در سناریوی سوم نیز با فرض ضرایب جریمه خوش‌نیتی به عنوان متغیرهای راهبردی سیاست‌های (w_{RS}, g_s)از سوی تامین‌کننده برای اشتراک درآمد ارایه می‌شوند و خرده‌فروش به ارایه سیاست‌های $(\varphi = \frac{c_r+w_{RS}}{c}, g_r = \frac{\varphi}{1-\varphi} g_s)$برای تامین‌کننده و مشتریان می‌پردازد. برای هماهنگی بازخرید سیاست‌های (w_b, g_s)توسط تامین‌کننده و $(v = (p_c^* + h)(1 - \lambda), g_r = \frac{\lambda}{1-\lambda} g_s)$توسطخرده‌فروش $(\lambda = \frac{p_c^*-c_r-w_b}{p_c^*-c})$ پیشنهاد می‌شود.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که قرارداد اشتراک درآمد در ایجاد هماهنگی با بهینه‌سازی توام به صورت نظری توانمندتر از قرارداد بازخرید است. اما شرایط واقعی حوزه صنعت و خدمات نشان‌دهنده‌ی این است که پیاده‌سازی قرارداد بازخرید آسان‌تر و کم‌هزینه‌تر از قراردادهای اشتراک درآمد است. بنابراین پژوهش‌های آتی می‌توانند با تکیه بر مثال‌های عددی برای حالت خاص بازخرید، قدرت قرارداد بازخرید را در هماهنگی توام نسبت به اشتراک درآمد به صورت عددی بسنجند. هم‌چنین، تحلیل و مقایسه توانمندی قراردادهای تخفیف مقداری برای تابع تقاضای نامعین جمعی نسبت در مقایسه با قراردادهای اشتراک درآمد و بازخرید مناسب به نظر می‌رسد.

پیوست

اثبات قضیه ۱. بخش اول به دلیل عدم مشخص بودن تعداد نقاط بهینه ممکن، آشکار است. برای بخش دوم با در نظر گرفتن گزاره‌ی ۱ می‌توان یگانه بودن نقطه بهینه را استنتاج کرد. برای بخش سوم با در نظر گرفتن اثبات پتروزی و دادا [۵] برای حالت خرده‌فروش یگانه (روزنامه‌فروش) بر اساس قاعده‌ی زنجیره‌ای مشتق می‌توان نوشت:

$$\dot{E}_z^c = \frac{\partial E[\pi_c(z, p(z))]}{\partial z} = -(c+h) + \left(p_z^c + g + h - \frac{\Theta(z)}{2b}\right)[1 - F(z)]$$

برای به دست آوردن نقطه‌ی بهینه (از$\dot{E}_z^c = 0$) می‌توان از $R(z) = \dot{E}_z^c$استفاده کرد. برای یافتن ریشه‌های $R(z)$داریم ($r(z) = \frac{f(\cdot)}{1-F(\cdot)}$ نرخ بحرانی):

$$\frac{dR(z)}{dz} = \frac{d}{dz}\left(\frac{dE[\pi_c(z,p(z))]}{dz}\right) = -\frac{f(z)}{2b}\{2b(p_z^c + g + h) - \Theta(z) - \frac{1-F(z)}{r(z)}\}$$

$$\frac{d^2R(z)}{dz^2} = \left[\frac{\frac{dR(z)}{dz}}{f(z)}\right]\frac{df(z)}{dz} - \frac{f(z)}{2b}\left\{[1-F(z)] + \frac{f(z)}{r(z)} + \frac{[1-F(z)]\frac{dr(z)}{dz}}{r^2(z)}\right\}$$

$$\xRightarrow{\frac{dR(z)}{dz}=0} \frac{d^2R(z)}{dz^2} = -\frac{f(z)[1-F(z)]}{2br^2(z)}\left\{2r^2(z) + \frac{dr(z)}{dz}\right\}$$

اگر Fدرشرط$2r^2(z) + \frac{dr(z)}{dz} > 0$صدق کند، تابع $R(z)$یک‌نوا[۹۴] یا یک‌میان[۹۵] است و حداکثر دو ریشه دارد. از سوی دیگر $R(B) = -(c+h) < 0$بنابراین اگر $R(z)$یک ریشه داشته باشد، مشخص است که یک تغییر علامت برای تابع از مثبت به منفی ایجاد شده و این تغییر علامت برای بیشینه محلی $E[\pi_c(z, p(z))]$ است. بنابراین اگر این تابع دو ریشه داشته باشد، بزرگترین مقدار بیشینه محلی و کوچکترین مقدار آن کمینه محلی $E[\pi_c(z, p(z))]$است.

حال اگر بخواهیم $E[\pi_c(z, p(z))]$تنها یک بیشینه محلی داشته باشد باید به یک مقدار یگانه از z برسیم که تابع سود را بیشینه کند. چون $E[\pi_c(z, p(z))]$یک‌میان است، اگر یک ریشه داشته باشد (با شرط لازم $2r^2(z) + \frac{dr(z)}{dz} > 0$)، شرط کافی $R(A) > 0$است و بنابراین

$$\begin{aligned} 2bR(A) &= -2b(c+h) + [2b(p^0 + g + h) - \Theta(A)].[1 - F(A)] \\ &= -2b(c+h) + [(a + bc + \mu) + 2b(g+h) - (\mu - A)] > 0 \\ &\Rightarrow a - b(c - 2g) + A > 0. \end{aligned}$$

که قضیه مورد نظر را ثابت می‌کند.

پی نوشت

1. NVP: Newsvendor Problem
2. Whitin
3. Mills
4. Karlin and Carr
5. Additive uncertainty
6. Multiplicative uncertainty
7. Petruzzi and Dada
8. Cachon
9. Price-dependent demand

10. Revenue Sharing

۱۱. در این مقاله واژه «بازخرید» به عنوان برابرنهاد واژه Buy-back ایجاد شده است. هرچند برابرنهاد کنونی به کار رفته در متن‌های فارسی «بیع متقابل» است، اما عبارت بازخرید علاوه بر فارسی بودن، معادلی یک‌کلمه‌ای است که عبارت Buy-back را طبق تعریف اصلی آن دقیق‌تر برگردان می‌کند.

12. Quantity Discount
13. Double marginalization
14. Centralized
15. Whole-sale Price Contract
16. Quantity-Flexibility contract
17. Sales Rebate
18. Franchise
19. Trade Credit
20. Option Contracts
21. VMI: Vendor-managed inventory
22. Advance booking discount programs
23. Consignment contract
24. Cachon and Lariviere
25. Salvage revenue
26. Editing
27. Gerchak and Wang
28. Giannoccaro and Pontrandolfo
29. Koulamas
30. Linh and Hong
31. Li et al.
32. Decentralized
33. Sheu
34. Buyback price
35. Returns Policy
36. Net Salvage Value
37. Pasternack
38. Emmons and Gilbert
39. Donohue
40. Granot and Yin
41. Mantrala and Raman
42. Ha
43. Lee
44. Wang and Benaroch
45. Yue and Raghunathan
46. Lee and Rhee
47. Yao et al.
48. Folower
49. Ding and Chen
50. Leng and Parlar
51. Lost-sales cost-sharing contracts
52. Non-cooperative game theory
53. Hou et al.
54. Shen and Willems
55. Goodwill penalty cost
56. Salvage market
57. Additive uncertainty part
58. Symmetric information
59. Risk-neutral
60. Stocking
61. Ernst
62. Towsen
63. Realized value of ϵ
64. Endogenous
65. Exogenous
66. Riskless profit function
67. Loss function
68. Silver and Peterson
69. First-order optimality conditions
70. Second-order optimality consitions
71. Hessian matrix determinant
72. Riskless price
73. Strictly concave
74. Negative definite
75. Proposition
76. Unique
77. Arbitrary C.D.F
78. Exhaustive Search
79. Conditioned C.D.F
80. Generalized Non-decreasing Hazard Rate C. D. F
81. Hazard Rate
82. Stock out
83. Corollary
84. Adjusted parameters
85. Quasi-concave
86. Price taker
87. Nash equilibrium
88. Profitable unilateral deviation
89. Unique
90. Suboptimal
91. Profit Sharing Contract
92. Irrational
93. Price contingent BB contract
94. Monotone
95. Unimodal

مراجع

[1] Porteus, Evan L., Stochastic Inventory Theory. Handbooks in OR & MS, Vol. 2, Chapter 12, D.P. Heyman, M.J. Sobel, Eds, Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland(1990).

[2] Qin, Yan., Wang, Ruoxuan., Vakharia, Asoo. J., Chen, Yuwen. and Seref, Michelle. M. H., The newsvendor problem: Review and directions for future research. European Journal of Operational Research. (2011), Vol 213, pp. 361–374.

[3] Silver, E. A., Pyke, D. F. and Peterson, R., Inventory Management and Production Planning and Scheduling. Wiley, NY (1998).

[4] Khouja, B., The single period (news-vendor) problem: literature review and suggestions for future research. Omega(1999), Vol 27, pp. 537–553.

[5] Petruzzi, N. and Dada, M., Pricing and the newsvendor problem: a review with extensions. Operations Research (1999), Vol 47, pp. 183–194.

[6] Whitin, T. M., Inventory control and price theory. Management science (1955), Vol .2, pp. 61-68.

[7] Mills, E. S., Uncertainty and price theory. The Quarterly Journal of Economics (1959), Vol. 73, No. (1), pp. 116–130.

[8] Karlin, S. and Carr, C. R., Prices and optimal inventory policy. In: H. Scarf, K. Arrow, S. Karlin (Eds.), Studies in Applied Probability and Management Science, Stanford University Press, Stand ford, CA (1962).

[9] Cachon, G.P., Supply chain coordination with contracts. In: T. de Kok, S. Graves (Eds.), Handbooks in Operations and Management Science: Supply Chain Optimization, North-Holland Publishers, Amsterdam, The Netherlands (2003).

[10] Ding, Ding. and Chen, Jian., Coordinating a three level supply chain with flexible return policies. Omega (2008), Vol. 36, pp. 865 – 876.

[11] Cachon, G,. Competitive supply chain inventory management. In: Tayur S, Magazine M, Ganesh an R, editors. Quantitative models for supply chain management. Boston: Kluwer; (1998), pp. 111–46.

[12] Spengler J. Vertical integration and antitrust policy. Journal of Political Economy. (1950), Vol. 58, No. (4), pp. 347–52.

[13] Giannoccaro, I., Pontrandolfo, P., Supply chain coordination by revenue sharing contracts. Int. J. Production Economics, (2004), Vol. 89, pp. 131–139.

[14] Tsay, A., Nahmias, S., Agrawal, N., Modeling supply chain contracts: A review. In: Tayur, S., Ganesh an, R., Magazine, M. (Eds.), Quantitative Models for Supply Chain Management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (Chapter 10),(1999), pp. 1339–1358.

[15] Arshinder, Kanda, A. and Deshmukh, S.G. Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions. Int. J. Production Economics. (2008), Vol 115, pp. 316– 335.

[16] Hezarkhani, Behzad. and Kubiak, Wiesław. Coordinating Contracts in SCM: A Review of Methods and Literature. Decision Making in Manufacturing and Services. (2010), Vol. 4, No. 1-2, pp. 5–28.

[17] Lafontaine, F., Slade M., Incentive contracting and the franchise decision, In: K. Chatterjee. W. Samuelson (eds.), Game Theory and Business Applications, Boston, Kluwer Academic Publishing (2001).

[18] Chang, Hung-Chi, Ho, Chia-Huei, Ouyang, Liang-Yuh, Su, Chia-Hsien., The optimal pricing and ordering policy for an integrated inventory model when trade credit linked to order quantity. Applied Mathematical Modeling, (2009), Vol. 33, pp. 2978–2991.

[19] Zhao, Yingxue., Wang, Shouyang., Cheng,T.C.E., Yang, Xiaoqi., and Huang, Zhimin., Coordination of supply chains by option contracts: A cooperative game theory approach, European Journal of Operational Research (2010), Vol. 207, pp. 668–675.

[20] Wong, W.K., Qi, J., Leung, S., Coordinating supply chains with sales rebate contracts and vendor-managed inventory. International Journal of Production Economics. (2009), Vol. 120, pp. 151–161.

[21] Bellantuono, N., Giannoccaro, I., Pontrandolfo, P., Tang, C., The implications of joint adoption of revenue sharing and advance booking discount programs. International Journal of Production Economics (2009), Vol. 121, pp. 383–394.

[22] Li, S., Zhanbei Z. and Lihua H., Supply chain coordination and decision making under consignment contract with revenue sharing. Int. J. Production Economics (2009), Vol. 120, pp. 88–99.

[23] Chen, Jen-Ming., Cheng, Hung-Liang., Chien., Mei-Chen,. Coordinating a Channel under Consignment with Revenue Sharing and Slotting Allowances. Proceedings of the 9th APIEMS Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference (2008).

[24] Cachon., G. P., Lariviere., M. A., Supply Chain Coordination with Revenue-Sharing Contracts: Strengths and Limitations, Management Science (2005), Vol. 51, No. 1, pp. 30–44.

[25] Koulamas, C., A Newsvendor Problem with Revenue Sharing and Channel Coordination. Decision Sciences, (2006), Vol. 37, No. (1).

[26] Dana, J. D., Spier, K. E., Revenue sharing and vertical control in the video rental industry. The Journal of Industrial Economics, XLIX(3), (2001), pp. 223–245.

[27] Van der Veen, J., and Venugopal, V., Using revenue sharing to create win-win in the video rental supply chain. Journal of the Operational Research Society.(2005), Vol. 56, pp. 757-762.

[28] Giannoccaro, I., Pontrandolfo, P., Negotiation of the revenue sharing contract: An agent-based systems approach. Int. J. Production Economics (2009), Vol. 122, pp. 558–566.

[29] Peeters, Thomas. Media revenue sharing as a coordination device in sports leagues. International Journal of Industrial Organization, article in press (2011).

[30] Gerchak Y., and Wang Y., Revenue-Sharing vs. Wholesale-Price Contracts in Assembly Systems with Random Demand, Production And Operations Management, (2004), Vol. 13, No. 1, pp. 23–33.

[31] Linh, C. T. and Hong Y., Channel coordination through a revenue sharing contract in a two-period newsboy problem. European Journal of Operational Research (2009), Vol. 198, pp. 822–829.

[32] Pasternack, B. A., The capacitated newsboy problem with revenue sharing. Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences, (2001), Vol. 5, No. (1), pp. 21–33.

[33] Zhao, X, Shi, C. Structuring and contracting in competing supply chains. Int. J. of Production Economics. (2011), Vol. 134, pp. 434–446.

[34] Sheu, Jiuh-Biing., Marketing-driven channel coordination with revenue-sharing contracts under price promotion to end-customers. European Journal of Operational Research. (2011), Vol. 214, pp. 246–255.

[35] Yao, Z., Leung, S.C.H. and Lai, K.K.,. Analysis of the impact of price-sensitivity factors on the returns policy in coordinating supply chain. European Journal of Operational Research (2008), Vol. 187, No. (1), pp. 275–282.

[36] He, Y., Zhao, X., Zhao, L. and He, J., Coordinating a supply chain with effort and price dependent stochastic demand. Applied Mathematical Modeling (2009), Vol. 33, pp. 2777–2790.

[37] Bose, I., Anand, P., On returns policies with exogenous price. European Journal of Operational Research (2007), Vol. 178, No. (3), pp. 782–788.

[38] Pasternack. B.A. Optimal pricing and return policies for perishable commodities, Market. Sci. (1985), Vol. 4, pp. 166–176.

[39] Emmons, H., Gilbert, S.M., The role of returns policies in pricing and inventory decisions for catalogue goods. Management Science (1998), Vol. 44, No. (2), pp. 276–283.

[40] Donohue, K., Efficient supply contracts for fashion goods with forecast updating and two production modes. Management Science (2000), Vol. 46, pp. 1397–1411.

[41] Grannot, D., Yin, S., On the effectiveness of return policies in the price-dependent newsvendor model. Naval Research Logistics (2005), Vol. 52, pp. 765–779.

[42] Mantrala, M.K., Raman, K., Demand uncertainty and supplier’s returns policies for a multi-store style-good retailer. European Journal of Operational Research (1999), Vol. 115, No. (2), pp. 270–284.

[43] Ha, A., Supplier–buyer contracting: asymmetric cost information and cut off level policy for buyer participation. Naval Research Logistics (2001), Vol. 48, pp. 41–64.

[44] Lee, Chang. Hwan. Coordinated stocking, clearance sales, and return policies for a supply chain. European Journal of Operational Research, (2001), Vol. 131, pp. 491-513.

[45] Wang, Charles X. and Benaroch, Michel., Supply chain coordination in buyer centric B2B electronic markets. Int. J. Production Economics (2004), Vol. 92, pp. 113–124.

[46] Yue, X., Raghunathan, S., The impact of the full returns policy on a supply chain with information asymmetry. European Journal of Operational Research (2007), Vol. 180, No. (2), pp. 630–647.

[47] Lee, Chang Hwan., and Rhee, Byong-Duk. Channel coordination using product returns for a supply chain with stochastic salvage capacity, European Journal of Operational Research (2007), Vol. 177, pp. 214–238.

[48] Yao, Z., Leung, S. C. H. and Lai, K.K., Manufacturer’s revenue-sharing contract and retail competition. European Journal of Operational Research. (2008), Vol. 186, pp. 637–651.

[49] Leng, Mingming and Parlar. Mahmut.,. Game-theoretic analyses of decentralized assembly

supply chains: Non-cooperative equilibria vs. coordination with cost-sharing contracts. European Journal of Operational Research (2010), Vol. 204, pp. 96–104.

[50] Hou, Jing., Zeng, A. Z. and Zhao L., Coordination with a backup supplier through buy-back contract under supply disruption. Transportation Research Part E (2010), Vol. 46, pp. 881–895.

[51] Shen, Yuelin. and Willems Sean P. Coordinating a channel with asymmetric cost information and the manufacturer's optimality. Int. J. Production Economics (2012), Vol. 135, pp. 125–135.

[52] Taylor, T., Supply chain coordination under channel rebates with sales effort effects. Management Science (2002), Vol. 48, pp. 992–1007.

[53] Webster, S. and Weng, Z. K., Ordering and pricing policies in a manufacturing and distribution supply chain for fashion products. Int. J. Production Economics. (2008), Vol. 114, pp. 476–486.

[54] Xiong., Huachun, Chen., Bintong and Xie., Jinxing. A composite contract based on buy back and quantity flexibility contracts. European Journal of Operational Research (2011), Vol. 210, pp. 559–567.

[55] Ernst, R. L., A Linear inventory model of a monopolistic firm. Ph.D. Dissertation, Department of economics, University of California, Berkeley, CA (1970).

[56] Thowsen G. T., A dynamic, nonstationary inventory problem for a price/quantity setting firm. Nazal Res. Logistics Quart, (1975), Vol. 33, pp. 461-476.

[57] Silver, E. A. and Peterson., R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, John Wiley, New York(1985).

[58] Zabel, E. Multi period monopoly under uncertainty. J. of Economic Theory. (1970), Vol. 5, pp. 524-536.

[59] Barlow, R.E., Proschan, F., Statistical theory of reliability. Holt, Rinehart & Winston, New York (1975).

[60] Young, L. Price, inventory and the structure of uncertainty demand. New Zeland Oper. Res. (1978), Vol. 6, pp. 157-177.

[61] Bagnoli, M., Bergstrom, T.C., Log-concave probability and its applications. Economic Theory (2005), Vol. 26, pp. 445–469.