

# بررسی مدل‌های تعیین حجم انباشته‌ی توأم اقتصادی در زنجیره‌های تأمین چندسطحی

محسن شیخ‌سجاده (دانشجوی دکتری)

محمد رضا اکبری جوکار (دانشیار)

دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف

توسعه‌ی جهانی‌سازی و تشدید رقابت در بازارها، شرکت‌های عضو را بر آن داشته تا به عنوان زنجیره‌ی تأمین برای کاهش هزینه‌های خود تلاش مستمر داشته باشند. در این بین، سازوکارهای هماهنگ‌سازی اجزای یک زنجیره به عنوان رویکردی اساسی مورد توجه صنعت‌گران و محققان قرار گرفته است. یکی از این سازوکارها «تعیین حجم انباشته‌ی توأم اقتصادی» (JELS)<sup>۱</sup> نام دارد که در آن عملیات تولید، موجودی، سفارش‌دهی و حمل و نقل به طور هم‌زمان بین اجزای زنجیره هماهنگ می‌شود. در این تحقیق سعی داریم تا به بررسی مدل‌های توسعه‌یافته در ادبیات این حوزه بپردازیم. در این راستا علاوه بر مرور انواع سیاست‌های حمل به معرفی مقالات در ده حوزه‌ی دیگر مسئله‌ی تعیین حجم انباشته‌ی توأم اقتصادی نیز می‌پردازیم. مطالعه‌ی این مقالات نشان می‌دهد که علی‌رغم وجود تحقیقات متنوع، بسیاری از ابعاد این مسئله تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است و از این رو در بخش پایانی این نوشتار، چهار محور اصلی برای توسعه‌های آتی پیشنهاد خواهد شد.

واژگان کلیدی: مدیریت زنجیره‌ی تأمین، هماهنگ‌سازی، تعیین حجم انباشته‌ی توأم اقتصادی.

msajadieh@mehr.sharif.edu  
reza.akbari@sharif.edu

## ۱. مقدمه

دیگر مقالات، ضمن بررسی تمامی ابعاد و مشخصه‌های مختلف JELS، تحلیل مقالات موجود، و شناسایی محدودیت‌های آن‌ها، اهم جهت‌گیری‌های توسعه‌های آتی را شناسایی کنیم. از این رو مرور ادبیات در این نوشتار براساس انواع سیاست‌های حمل و با ده دیدگاه مختلف صورت گرفته است.

در همین راستا، ابتدا به معرفی مسئله‌ی JELS پرداخته و مدل کلی و انواع سیاست‌های حمل را معرفی می‌کنیم. سپس به مرور مقالات موجود در ده حوزه‌ی مختلف خواهیم پرداخت و در ادامه، توسعه‌های پیشنهادی در چهار محور مختلف را شرح خواهیم داد. در انتها نیز جمع‌بندی مباحث مطرح‌شده ارائه شده است.

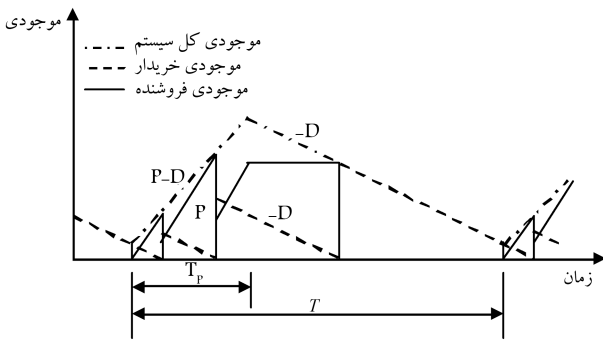
مدیریت زنجیره‌ی تأمین به معنای یک پارچه‌سازی و هماهنگ‌سازی تأمین‌کنندگان، سازندگان، انبارها، مراکز ذخیره‌سازی و... است به طوری که مقدار، زمان و محل تولید و توزیع کالا به درستی انجام، و هزینه‌ی کل سیستم هم‌زمان با حفظ سطح خدمت‌دهی به مشتری کمینه شود. هماهنگ‌سازی زنجیره‌ی تأمین، برنامه‌ی است که عملیات اعضاء زنجیره را هماهنگ می‌کند و منافع سیستم را بهبود می‌بخشد. هنگامی که اعضاء زنجیره را شرکت‌های مستقل تشکیل می‌دهند، این برنامه باید یک الگوی محرک برای تخصیص منافع هماهنگ‌سازی بین اعضاء را نیز شامل شود تا آنها را به برقراری همکاری ترغیب کند.

در این نوشتار قصد داریم تحقیقات صورت‌گرفته در زمینه‌ی یکی از این سازوکارهای هماهنگ‌سازی تحت عنوان «تعیین حجم انباشته‌ی توأم اقتصادی» (JELS) و زمینه‌های توسعه‌ی آن را مورد بررسی قرار دهیم. سازوکار مذکور که از آن به عنوان سنگ بنای هماهنگ‌سازی‌های زنجیره‌های تأمین یاد می‌شود، در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است به طوری که فقط در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ در حدود ۳۰ نوشتار در مجلات معتبر بین‌المللی در این زمینه به چاپ رسیده است. گرچه تاکنون مقالات متعددی به مرور ادبیات این سازوکار پرداخته‌اند،<sup>[۱]</sup> در این نوشتار سعی داشته‌ایم با نگاهی متفاوت و برخلاف

## ۲. معرفی مسئله‌ی تعیین حجم انباشته‌ی توأم اقتصادی

یک زنجیره‌ی تأمین دوسطحی را در نظر بگیرید که در آن، تأمین‌کننده محصولی را به خریدار می‌فروشد. تأمین‌کننده ممکن است توزیع‌کننده‌ی باشد که محصول را از منابع بیرون از زنجیره تهیه می‌کند، یا سازنده‌ی باشد که محصول را در داخل خود و با توجه به ظرفیت تولیدی خودش می‌سازد. سابقاً تصمیمات تولید و موجودی به صورت محلی و بخشی اتخاذ می‌شد یعنی تأمین‌کننده یا خرده‌فروش، سیاست قطعی خود را منحصرأً تعیین می‌کرد. با توجه به این‌که این سیاست‌ها

تاریخ: دریافت ۱۳۸۶/۱۰/۲، داوری ۱۳۸۷/۷/۱۶، پذیرش ۱۳۸۷/۱۰/۱.



شکل ۱. سطح موجودی برای مسئله JELS در حالت کلی.

فروشنده اولین محموله را ارسال کند موجودی کافی در اختیار دارد، میزان موجودی سیستم در شروع دوره برابر با  $q_1 D/P$  در نظر گرفته شده است. موجودی سیستم در دوره تولید با نرخ  $(P - D)$  افزایش می‌یابد و پس از آن در طول دوره مصرف با نرخ  $D$  کم می‌شود. لذا، میانگین موجودی کل سیستم ( $I_s$ ) برابر است با:

$$I_s = \frac{q_1 D}{P} + \frac{(P - D)Q}{2P} \quad (1)$$

چون  $h_b > h_v$ ، فروشنده زمانی محموله را به خریدار تحویل می‌دهد که موجودی خریدار همان موقع به صفر رسیده باشد. خریدار به  $q_i/D$  زمان برای مصرف  $i$ امین محموله نیاز دارد و لذا، میانگین موجودی خریدار ( $I_b$ ) عبارت است از:

$$I_b = \sum_{i=1}^n q_i^2 / 2Q \quad (2)$$

میانگین هزینه کل سیستم (TC) عبارت است از مجموع هزینه راه‌اندازی (در فروشنده)، سفارش‌دهی (در خریدار) و هزینه‌های موجودی در خریدار و فروشنده. این میانگین برابر است با:

$$TC = (A_v + nA_b) D/Q + h_v I_s + (h_b - h_v) I_b \quad (3)$$

برای ارسال محموله  $i$  ( $i + 1$ )ام، باید زمان مصرف تمام  $i$  محموله اول (با نرخ  $D$ ) دست‌کم برابر با زمان مورد نیاز برای تولید  $(i + 1)$  محموله اول (با نرخ  $P$ ) باشد. به بیان دیگر:

$$q_i \leq q_1 + (\lambda - 1) \sum_{j=1}^{i-1} q_j, \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

لذا فرمول کلی JELS برابر است با:

$$\begin{aligned} \text{Min } TC &= \frac{(A_v + nA_b) D}{Q} + h_v \frac{Dq_1}{P} + h_v \frac{(P - D)Q}{2P} + \\ & (h_b - h_v) \frac{\sum_{i=1}^n q_i^2}{2Q} \\ \text{subject to: } & Q = \sum_{i=1}^n q_i \\ & q_i \leq (\lambda - 1) \sum_{j=1}^{i-1} q_j + q_1, \quad i = 2, 3, \dots, n \end{aligned} \quad (5)$$

متغیرهای تصمیم در این مدل کلی عبارت‌اند از:  $q_1, q_2, \dots, q_n$  و خود عدد.

نتایج بهینه‌سازی محلی بود، قاعداً عملکرد کل سیستم را بهینه نمی‌کرد. در مسائل تعیین حجم انباشته‌ی توأم اقتصادی، فروشنده و خریدار با هم همکاری می‌کنند تا عرضه را با تقاضای واقعی مشتری هماهنگ سازند. در اینجا، اندازه‌ی بسته‌ی تولید و نیز زمان‌بندی تحویل براساس هزینه‌های توأم خریدار و فروشنده، و نه صرفاً بر مبنای هزینه‌ی خریدار یا هزینه‌ی فروشنده، تعیین می‌شود. در این نوع مسئله باید اندازه‌ی بسته‌ی تولید در فروشنده، تعداد محموله، و نیز میزان ارسال از فروشنده به خریدار - به طوری که هزینه‌های کل سیستم کمینه شود - را تعیین کنیم.

در شرایط ایده‌آل، می‌توان فرض کرد که تصمیم در زنجیره‌ی تأمین توسط عضو محوری اتخاذ می‌شود که برای بهینه‌کردن سیستم به تمامی اطلاعات دسترسی دارد. این امر زمانی امکان‌پذیر است که کل زنجیره تحت کنترل یک تصمیم‌گیرنده قرار داشته باشد، یا منافع حاصل از هماهنگی را بتوان به‌گونه‌ی عادلانه توسط عضو محوری بین اعضا توزیع کرد. در صورت مهیا بودن چنین شرایطی، سیستم را «سیستم متمرکز» می‌نامند. هنگامی که اعضا زنجیره را واحدهای اقتصادی مجزا تشکیل می‌دهند، به صورت مستقل و با هدف بهینه‌کردن منافع خودشان عمل می‌کنند. در این شرایط، برنامه‌ی اجرایی باید دارای الگوی انگیزشی باشد که منافع هماهنگ‌سازی را به اعضا زنجیره تخصیص داده و اهداف آن‌ها را هم‌راستا کند. چنین سیستمی را «سیستم غیرمتمرکز» می‌نامند.

## ۱.۱.۲. مدل کلی JELS

در این بخش، به بیان مدل کلی JELS خواهیم پرداخت. در این راستا ابتدا فرضیات معمول در ادبیات JELS را مطرح کرده، سپس نمادهای به کار رفته را شرح داده و در انتها فرمول کلی JELS را معرفی می‌کنیم.

### ۱.۱.۲.۱. فرضیات و نمادها

در این مسئله، فروشنده‌ی وجود دارد که در طول دوره‌ی تولید ( $T_p$ ) محصول را با نرخ  $P$  در دسته‌های  $Q$  تایی تولید می‌کند؛ هزینه راه‌اندازی این کار برای او معادل  $A_v$  خواهد بود. هر بسته‌ی تولید در  $n$  محموله، و هر کدام به حجم  $q_i$  در اختیار خریدار قرار داده می‌شود. خریدار به‌ازای هر بار سفارش‌دهی/حمل، هزینه‌ی معادل  $A_b$  را متحمل می‌شود. خریدار و فروشنده به ترتیب از هزینه‌های نگهداری معادل  $h_b$  و  $h_v$  برخوردارند. مشتری نهایی با نرخ تقاضای ثابت  $D$  به خریدار مراجعه می‌کند. هدف، در نظر گرفتن سیستم به صورت مجموعه‌ی یک پارچه، و تعیین حجم انباشته‌ی تولید و زمان‌بندی حمل است به طوری که میانگین هزینه‌ی کل در واحد زمان کمینه شود. فرضیات اولیه در مدل‌های JELS عبارت‌اند از:

۱. نرخ تقاضا ثابت و یکنواخت است.

۲. کمبود مجاز نیست.

۳. دوره‌ی زمانی نامحدود است.

۴. فرض می‌شود که  $h_b > h_v$  و  $P > D$  است. مورد اول باعث می‌شود تا مسئله غیرممکن نشود و مورد دوم فرضی منطقی است زیرا ارزش موجودی معمولاً هرچه که کالا به سمت سطوح پائین‌تر زنجیره حرکت می‌کند، افزایش می‌یابد و به تبع آن هزینه‌های نگهداری نیز بیشتر می‌شود.

### ۲.۱.۲. مدل کلی

شکل ۱، موجودی فروشنده، خریدار و کل سیستم را در مسئله‌ی JELS، برای یک دوره موجودی ( $T$ ) نشان می‌دهد. برای اطمینان از این که خریدار تا زمانی که

همگی برابر خواهد بود. لذا می‌توان گفت:

$$q_i = \begin{cases} \lambda^{i-1} q_1, & i = 2, 3, \dots, m \\ q_e = \frac{Q - \sum_{k=1}^m q_k}{n-m}, & i = m+1, \dots, n \end{cases}$$

تفاوت این سیاست با سیاست افزایش هندسی-سپس-یکتواخت آن است که در سیاست بهینه، مقدار اندازه‌ی محموله‌های یکسان را می‌توان چنان اتخاذ کرد که با اندازه‌ی آخرین محموله‌ی غیریکسان برابر نباشد. متغیرهای تصمیم این سیاست عبارت است از اندازه‌ی اولین محموله، اندازه‌ی محموله‌ی هم‌اندازه، تعداد کل محموله‌ها و تعداد محموله‌های غیر هم‌اندازه.

### ۳. مرور ادبیات مسائل JELS

ادبیات مسئله‌ی JELS از یک مدل ساده با سیاست حمل lot-for-lot شروع شد<sup>[۴]</sup> و تا سال ۱۹۹۹ که یک مدل کلی با نرخ تولید محدود و سیاست بهینه‌ی حمل ارائه شد،<sup>[۹]</sup> ادامه یافت. اخیراً ابعاد دیگری از این مسئله در ادبیات مورد توجه قرار گرفته است. این موارد عبارت‌اند از: مباحث کیفیت محصولات، زمان‌های تحویل قابل کنترل، سرمایه‌گذاری به‌منظور کاهش هزینه‌ی راه‌اندازی و سفارش‌دهی، حالت چند خریدار، مباحث حمل‌ونقل، محصولات فاسدشدنی، نظریه‌ی بازی‌ها و سیستم‌های سه‌سطحی. در ادامه به بررسی اهم مقالات موجود در هر حوزه خواهیم پرداخت.

#### ۱.۳. نوشتارهای پایه در JELS

علاوه بر مقالات اشاره شده در فوق که عمدتاً به بررسی سیاست‌های مختلف حمل پرداخته‌اند، در سال‌های اخیر نیز توسعه‌هایی در این راستا صورت گرفته است. ازجمله‌ی این اقدامات تحلیل صورت‌گرفته در مورد تعداد و اندازه‌ی محموله‌ها است که طی آن نشان داده شده است با افزایش دسته تولید، اندازه‌ی محموله به سمت عددی ثابت میل می‌کند.<sup>[۱۰]</sup> در این نوشتار برخلاف عمده مقالات موجود، دوره‌ی زمانی محدود در نظر گرفته شده است. در همین سال محققین مسئله‌ی JELS را بدون استفاده از مشتق‌گیری و تنها با استفاده از روابط جبری حل کردند.<sup>[۱۱]</sup> این نوشتار در ادامه‌ی نوشتار همین محققین است برای حالتی که مواجه با کمبود مجاز باشد.<sup>[۱۲]</sup> در سال ۲۰۰۴، برخلاف عمده مقالات موجود در ادبیات که تابع هدف را کمینه‌کردن هزینه‌ی توأم خریدار و فروشنده در نظر می‌گیرند، کمینه‌کردن هزینه‌ی فروشنده با توجه به محدودیت بیشینه هزینه‌ی قابل پذیرش برای هر خرده‌فروش، به‌عنوان هدف در نظر گرفته شد.<sup>[۱۳]</sup> اخیراً نیز سیاست بهینه برای حالتی که هزینه‌ی نگهداری در خریدار لزوماً بیشتر از خرده‌فروش نیست، بسط داده شده است.<sup>[۱۴]</sup>

#### ۲.۳. کیفیت محصولات و JELS

کیفیت توسط شش نوشتار وارد مسئله JELS شده و در تمامی آن‌ها نیز درصد ضایعات محصولات مد نظر قرار گرفته است. طرح بحث محصولات دارای ضایعات (ضایعات احتمالی) و نیز اتخاذ سیاست حمل در اندازه‌های یکسان برای اولین بار توسط هونگ در مسائل JELS وارد شد.<sup>[۱۵]</sup> همچنین آفیسکو و همکارانش<sup>[۱۶]</sup> با فرض معلوم‌بودن درصد ضایعات، تابع بهبود کیفیت و تابع هزینه‌ی کاهش زمان تحویل را در مدل وارد کردند. در این نوشتار نشان داده شده است که به‌کارگیری

### ۲.۲. انواع سیاست‌های حمل در مسائل JELS

#### ۱.۲.۲. سیاست حمل دسته - برای - دسته<sup>۲</sup>

این سیاست ساده‌ترین سیاست حمل است به‌طوری که در آن، هر دسته تولید پس از تکمیل به‌صورت محموله‌ی واحد برای خریدار ارسال می‌شود. مدل مربوط به این سیاست حمل در سال ۱۹۸۶ مورد بررسی قرار گرفته است.<sup>[۲]</sup> نوشتار مذکور اولین نوشتار در حوزه‌ی JELS برای حالتی است که نرخ تولید در سازنده محدود است.

#### ۲.۲.۲. سیاست حمل در اندازه‌های یکسان<sup>۴</sup>

در این سیاست، اندازه‌ی محموله‌ها با هم برابرند و لذا  $Q = nq$ . این سیاست از این نظر جذابیت دارد که کاربرد آن برای خریدار و فروشنده بسیار ساده است. این سیاست در ادبیات به دو نوع تقسیم شده است: «سیاست حمل تأخیری با اندازه‌ی یکسان» و «سیاست حمل بدون تأخیر با اندازه‌ی یکسان».

#### • سیاست حمل تأخیری با اندازه‌ی یکسان<sup>۵</sup>

این سیاست اولین بار توسط گویال<sup>[۴]</sup> طرح شد به‌طوری که نویسنده این نوشتار فرض lot-for-lot را برداشت و اجازه داد تا هر دسته تولید در  $n$  محموله‌ی هم‌اندازه معادل  $q$  به خریدار ارسال شود. البته در این سیاست، ارسال محموله‌ها تا زمانی که همه‌ی بسته‌ی تولید آماده شود، به تأخیر می‌افتد.

#### • سیاست حمل بدون تأخیر با اندازه‌ی یکسان<sup>۶</sup>

در این سیاست که توسط لو<sup>[۵]</sup> توسعه داده شد، فروشنده مجاز به حمل محموله‌ها در حین دوره‌ی تولید است که این کار به نوعی آزادسازی فرض نوشتار گویال<sup>[۴]</sup> محسوب می‌شود. در این سیاست، فروشنده یک بسته‌ی تولید را در  $n$  محموله با اندازه‌ی برابر  $q$  به خریدار تحویل می‌دهد.

#### ۳.۲.۲. سیاست حمل هندسی<sup>۷</sup>

در سال ۱۹۹۵، سیاستی معرفی شد که براساس آن، مقدار محموله‌های ارسالی در حین دوره‌ی تولید با نسبتی معادل نرخ تولید تقسیم بر نرخ تقاضا و به‌صورت هندسی افزایش می‌یافت.<sup>[۶]</sup> به‌عبارت دیگر در این سیاست داریم:  $q_i = \lambda^{i-1} q_1$  که در آن  $\lambda = P/D$  است. دو سال بعد این سیاست تعمیم یافت و فرض شد که خود  $\lambda$  هم یک متغیر تصمیم باشد.<sup>[۷]</sup> محدوده‌ی تغییرات  $\lambda$  برابر است با  $1 \leq \lambda \leq P/D$ . اگر در این سیاست مقدار  $\lambda$  را برابر با  $P/D$  یا  $1$  قرار دهیم، به‌ترتیب به سیاست‌های حمل هندسی<sup>[۶]</sup> و سیاست حمل در اندازه‌های یکسان خواهیم رسید.

#### ۴.۲.۲. سیاست حمل هندسی - سپس - یکسان<sup>۸</sup>

ایده‌ی این سیاست در ادبیات مربوط به سیستم تولید متوالی چندمرحله‌ی مطرح شده است.<sup>[۸]</sup> این سیاست، شامل ارسال محموله‌ها هم‌زمان با تولید است به‌طوری که اندازه‌ی  $m$  محموله‌ی اول با نسبت  $\lambda$  به‌صورت هندسی افزایش می‌یابد و مابقی  $n - m$  محموله به‌صورت هم‌اندازه باقی خواهند ماند. پارامتر  $\lambda$  را می‌توان برابر با  $P/D$  در نظر گرفت، یا به‌عنوان یک متغیر تصمیم فرض کرد.

#### ۵.۲.۲. سیاست بهینه‌ی حمل

ساختار سیاست بهینه سرانجام توسط هیل<sup>[۹]</sup> مشخص شد. او از روش لاگرانژین به‌صورت بازگشتی استفاده کرد تا توانست ساختار سیاست بهینه را به دست آورد. او دریافت که سیاست بهینه شامل  $n$  محموله است که  $m$  محموله‌ی اول آنها غیرمسواوی بوده و با نسبت  $\lambda = P/D$  افزایش می‌یابد. مابقی  $n - m$  محموله

زمان دو تابع فوق ارزش افزوده‌ی بیشتری ایجاد می‌کند.<sup>[۱۷]، [۱۸]</sup> اخیراً نیز محققین بیان داشته‌اند که تابع سرمایه‌گذاری برای بهبود کیفیت که در نوشتار آفیسکو<sup>[۱۶]</sup> به کار رفته است، تابعی دور از واقعیت است و لذا آن‌ها تحلیل‌ها را برای تابع دیگری انجام دادند.<sup>[۱۹]</sup> سایر فرضیات این نوشتار شبیه به همان نوشتار اصلی است. همچنین چانگ<sup>[۲۰]</sup> نشان داده است که بر روش حل پیشنهادی هوانگ<sup>[۱۷]</sup> ایراداتی وارد است؛ لذا او یک شرط لازم و کافی را برای یافتن جواب بهینه به مدل قبلی اضافه کرده است.

### ۳.۳. زمان‌های تحویل قابل کنترل و تقاضای احتمالی در فاصله‌ی

#### زمانی تحویل و JELS

از جمله مواردی که در ادبیات JELS همواره به‌طور هم‌زمان مورد بررسی قرار گرفته است، فرض زمان‌های تحویل قابل کنترل از یک سو، و تقاضای احتمالی در فاصله‌ی زمانی تحویل از سوی دیگر است. اولین نوشتار در این حوزه در سال ۲۰۰۲ ارائه شد<sup>[۲۱]</sup> که در آن، فرض شده بود که تقاضا در فاصله‌ی زمانی تحویل با تابع توزیع نرمال تغییر می‌کند و زمان تحویل نیز توسط تابع هزینه‌ی قابل کاهش است. البته هونگ و گوپال<sup>[۲۲]</sup> نشان دادند که جواب‌های نوشتار پین و یانگ<sup>[۲۱]</sup> لزوماً موجه نیست و لذا سیاست حمل دیگری را به کار برد و محدودیتی را نیز به مسئله اضافه کرد. وونگ و همکارانش<sup>[۲۳]</sup> مسئله را برای تقاضای احتمالی در فاصله‌ی زمانی تحویل با هر تابع توزیع دلخواهی توسعه دادند و امکان مواجهه با کمبود را نیز به مدل قبلی افزودند. پس از آن محققین سرمایه‌گذاری برای کاهش هزینه‌ی سفارش‌دهی را نیز به این مدل افزودند<sup>[۲۴]</sup> و نشان دادند که اعمال هم‌زمان دو تابع سرمایه‌گذاری فوق، در صرفه‌جویی هم‌افزایی ایجاد می‌کند. برخلاف مقالات قبلی که کنترل زمان تحویل را با استفاده از سرمایه‌گذاری اعمال می‌کنند، بن‌دایا و هاریگا<sup>[۲۵]</sup> فرض کردند که زمان تحویل وابسته به اندازه‌ی محموله باشد و از این طریق با تغییر حجم محموله، زمان تحویل نیز قابل مدیریت خواهد بود. در این نوشتار نیز تقاضا در فاصله‌ی زمانی تحویل، احتمالی فرض شده است.

### ۴.۳. حالت چند خریدار - یک فروشنده در JELS

از جمله مواردی که مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است، توسعه‌ی ابعاد زنجیره و به‌طور خاص تعداد خریداران است. در اولین نوشتار، زنجیره‌ی تأمین با یک فروشنده و چند خریدار (یکسان یا غیریکسان) توسعه داده شده و حالت تصمیم‌گیری و مسئولیت مستقل هر عضو (IRRD) با JELS مقایسه شده است.<sup>[۲۶]</sup> همچنین مسئله‌ی JELS با IRDD مورد مقایسه واقع شده است.<sup>[۲۷]</sup> این مقایسه در حالت چند خریدار متفاوت، یک بار در حالت عادی<sup>[۲۶]</sup> و یک بار با فرض امکان سرمایه‌گذاری برای کاهش هزینه‌های راه‌اندازی خریدار و فروشنده صورت گرفت. برخی از محققین نوشتار لو را که هدف آن کمیته‌کردن هزینه‌ی فروشنده با توجه به محدودیت بیشترین هزینه‌ی قابل پذیرش برای هر خرده‌فروش است، توسعه دادند.<sup>[۲۸]</sup> تفاوت این نوشتار با نوشتار اصلی در ارائه‌ی یک الگوریتم حل جدید برای مسئله‌ی اصلی است و در مدل تغییری داده نشده است. مقالات دیگری نیز در این حوزه قابل ذکر هستند.<sup>[۲۹]، [۳۰]</sup>

### ۵.۳. سرمایه‌گذاری برای کاهش هزینه‌ی راه‌اندازی و سفارش‌دهی در

#### JELS

آفیسکو<sup>[۳۱]</sup> و همکارانش<sup>[۳۱]</sup> برای اولین بار حالتی را بررسی کردند که در آن، علاوه

بر هزینه‌های موجودی و تولید، هزینه‌های دیگری نیز در قالب سرمایه‌گذاری برای کاهش هزینه‌ی سفارش‌دهی در مسائل JELS وارد شد. علاوه بر این، همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، بحث سرمایه‌گذاری برای کاهش هزینه‌ی سفارش‌دهی در کنار سرمایه‌گذاری برای کاهش زمان تحویل در نظر گرفته شد و نیز اثر متقابل این دو سرمایه‌گذاری بررسی شده است.<sup>[۲۲]</sup>

### ۶.۳. حمل و نقل و JELS

یکی از مهم‌ترین توسعه‌ها برای مسائل JELS، ورود حوزه‌های دیگری از حمل و نقل علاوه بر سیاست حمل است که همچنان توسعه نیافته باقی مانده است و تنها دو نوشتار در این زمینه وجود دارد. نخستین نوشتار در سال ۲۰۰۰ ارائه شد<sup>[۳۲]</sup> که در آن، محدودیت ظرفیت حمل در مسئله وارد شد. اخیراً نیز بحث هزینه‌ی حمل بین خریدار و فروشنده، به‌صورت سیستم پله‌ی تخفیف و به‌همراه محدودیت ظرفیت حمل در نظر گرفته شده است.<sup>[۳۳]</sup>

### ۷.۳. محصولات فاسدشدنی و JELS

یکی از حوزه‌های مورد توجه در مسائل موجودی در زنجیره‌های تأمین و از جمله در مسئله JELS، بررسی مسئله برای محصولات فاسدشدنی است. این کار اولین بار توسط یانگ و هیل<sup>[۳۴]</sup> صورت گرفت. در نوشتارهای مشابه دیگر، این فرض که هزینه‌ی نگهداری در خریدار کم‌تر از فروشنده است حذف شده است<sup>[۳۵]، [۳۶]</sup> به‌طوری که، مسئله برای حالتی که کمبود مجاز باشد یا نباشد، و محصول فاسدشدنی باشد یا نباشد حل شده است.

### ۸.۳. نظریه‌ی بازی‌ها و JELS

از آنجا که مسئله‌ی بهینه‌سازی ترکیبی تولید و موجودی برای زنجیره‌هایی با حداقل دو عضو طرح می‌شود و با توجه به این که در بسیاری از موارد اجزاء زنجیره، واحدهای تجاری مستقلی محسوب می‌شوند، لذا بررسی رفتار هرکدام از آن‌ها در قالب یک بازی مورد توجه برخی از محققین قرار گرفته است. برخی از آنان اقدام به هماهنگ‌سازی اجزاء زنجیره کردند به‌طوری که سیاست تخفیف و دوره‌ی سفارش‌دهی را باید تعیین کرد.<sup>[۳۵]</sup> برای این منظور آن‌ها مسئله را به یک Stackelberg game تبدیل کردند. بیلکا<sup>[۳۶]</sup> مسئله‌ی خریدار-فروشنده را به‌کمک نظریه‌ی بازی‌ها حل کرده و جواب‌های آن را با جواب‌های حاصله از روش‌های بهینه‌سازی هزینه همچون JELS مقایسه کرده است. او در این راستا از موازنه‌ی نش<sup>۱</sup> استفاده کرد و مسئله را در قالب سه سناریو مورد بررسی قرار داد: ۱. خریدار مستقلاً تصمیم بگیرد و فروشنده در آن حوزه عمل کند؛ ۲. حالت JELS؛ ۳. حالت بهینه‌سازی در قالب عملکرد مستقل به‌صورت یک بازی. در نوشتاری دیگر در این حوزه<sup>[۳۷]</sup> مدل مقدار سفارش اقتصادی در نظر گرفته شده، و زمان تحویل به‌عنوان یک متغیر وارد بازی Stackelberg شده است. در این بازی، سیاست بهینه‌ی سفارش‌دهی خریدار و مقدار بهینه‌ی زمان تحویل تعیین می‌شود.

### ۹.۳. حالت چندسطحی در JELS

حالت سه‌سطحی در مسائل JELS اولین بار توسط بنرجی و کیم<sup>[۳۸]</sup> معرفی شد. در این نوشتار هزینه‌های مربوط به مواد اولیه نیز علاوه بر سایر هزینه‌ها، در نظر گرفته شده است. موسان و روزنبدات<sup>[۳۹]</sup> یک زنجیره‌ی تأمین سه‌سطحی (خریدار،

تولیدکننده، تأمین‌کننده) را در نظر گرفته و از تخفیف برای ترغیب خریدار به افزایش میزان سفارش استفاده کردند. در نوشتار مشابه دیگری، از دوره‌های سفارش‌دهی یکسان و یا هم‌مضرب برای هماهنگی سه سطح مختلف کمک گرفته شده است.<sup>[۴۰]</sup> محققین دیگر نیز با افزودن هزینه سفارش‌دهی مواد از سازنده به تأمین‌کننده به هزینه‌های سنتی مسائل JELS، زنجیره‌ی سه‌سطحی را در نظر گرفته‌اند.<sup>[۴۱]</sup>

علاوه بر موارد فوق، در سال‌های اخیر یک زنجیره‌ی تأمین سه‌سطحی - شامل تأمین‌کننده‌ی مواد اولیه، سازنده، و چند خریدار - مورد بررسی قرار گرفته‌اند.<sup>[۴۲]</sup> علاوه بر متغیرهای تصمیم قبلی، توالی تولید محصولات نیز به‌عنوان متغیر تصمیم در این مدل وارد شده است. بن‌دایا و اسد<sup>[۴۳]</sup> زنجیره‌ی سه‌سطحی را بررسی کرده‌اند که در آن سیاست‌های حمل بین سطوح مختلف زنجیره ممکن است متفاوت باشند. چانگ و وی<sup>[۴۴]</sup> نوشتار پن و یانگ<sup>[۴۱]</sup> را برای حالت سه سطحی توسعه داده‌اند و برای حل این مدل از روش‌های چبری به جای انتگرال‌گیری استفاده کرده‌اند.

#### ۴. توسعه‌های آتی مسائل JELS

##### ۴.۱.۴. JELS تحت شرایط احتمالی

یکی از مواردی که در عمده مقالات موجود در ادبیات JELS، به‌عنوان یک توسعه‌ی ریشه‌ی پیشنهاد شده، مسئله‌ی بهینه‌سازی هم‌زمان خریدار و فروشنده در شرایط احتمالی است. به بیان دیگر فرض این موضوع که زنجیره تحت شرایط کاملاً مشخص و ثابت عمل می‌کند سبب محدود شدن کاربردهای آن و غیرواقعی شدن تحلیل‌های مربوطه می‌شود. از این رو به‌عنوان یک توسعه‌ی ریشه‌ی می‌توان برنامه‌ریزی هم‌زمان تولید و حمل را در زنجیره‌ها تحت شرایط عدم قطعیت مورد بررسی قرار داد. پارامترهای مختلفی در مسئله وجود دارند که می‌توان آنها را به‌عنوان پارامترهای غیرقطعی مورد بررسی قرار داد که اهم آن‌ها عبارت‌اند از:

##### ۴.۱.۴.۱. زمان تحویل از فروشنده به خریدار (Lead-Time)

پارامتر مربوطه در تمامی مقالات موجود در ادبیات معادل صفر فرض شده است، مگر در یک مورد که برابر مقدار ثابتی در نظر گرفته شده است. همچنین در چهار نوشتار فرض شده است که زمان تحویل قابل کنترل است به طوری که مقدار زمان تحویل را می‌توان به‌کمک تابع سرمایه‌گذاری کاهش داد. با توجه به این که در مسئله‌ی JELS، زمان تحویل از دو بخش - یکی زمان تولید و دیگری زمان حمل و تخلیه و بارگیری و بازرسی و... - تشکیل شده است، و نیز از آنجا که زمان تولید تحت فرض نرخ تولید ثابت، مقداری مشخص است، بررسی زمان تحویل احتمالی منطقیاً معطوف به زمان حمل احتمالی می‌شود. موضوع زمان تحویل احتمالی در زنجیره‌های تأمین به شیوه‌های مختلف قابل طرح است که یکی از معروف‌ترین آنها بحث شکست سفارش بین چندین تأمین‌کننده است.

##### ۴.۱.۴.۲. تقاضای مشتری از خریدار

یکی از مهم‌ترین پارامترهای زنجیره در مسائل JELS، که تغییر فرضیات مربوط به آن اثرات قابل توجهی بر نحوه‌ی مدل‌سازی و حمل مسئله خواهد داشت، نرخ تقاضا است. همان‌طور که در بخش قبل نیز توضیح داده شد، تمام بررسی‌های صورت‌گرفته بر روی بهینه‌سازی هم‌زمان خریدار و فروشنده تحت فرض تقاضای قطعی با نرخ ثابت است. با توجه به تحولات سریع محیطی و تغییر خواسته‌ها و انتظارات مشتریان، این فرض سبب دور شدن تحلیل‌های بعدی از واقعیت شده و کاربرد آن را بسیار محدود می‌سازد. از این رو بررسی JELS تحت فرض تقاضای احتمالی را می‌توان توسعه‌ی ارزشمند در این زمینه برشمرد. در حال حاضر هیچ نوشتاری با فرض تقاضای احتمالی وجود ندارد اما در پنج مورد، تقاضا در فاصله‌ی زمانی تحویل به‌طور احتمالی مورد بررسی قرار گرفته است.

##### ۴.۱.۴.۳. کیفیت محصول

از جمله پارامترهایی که شرایط احتمالی آن را می‌توان به‌عنوان توسعه‌ی اساسی محسوب کرد، کیفیت یا درصد ضایعات محصولات تولیدی است. در عمده‌ی مقالات موجود در ادبیات فرض بر آن است که محصولات بدون نقص و با کیفیت کاملاً مطلوب تولید می‌شوند، حال آن‌که این فرض منطبق بر واقعیت نیست. محصولات تولیدی در

##### ۳.۱۰. سایر مباحث مطروحه در JELS

علاوه بر موارد مطرح شده در بالا، مقالات دیگری نیز وجود دارند که در دسته‌بندی خاصی قرار نمی‌گیرند. برای مثال، ماهاتا و همکارانش<sup>[۴۵]</sup> نوشتار بن‌جری<sup>[۴۱]</sup> را برای حالتی توسعه دادند که اندازه‌ی سفارش یک متغیر فازی باشد. عبدالجبار و همکارانش<sup>[۴۶]</sup> سیاست حمل را به‌صورت مضرب عدد صحیح در نظر گرفته‌اند. در این نوشتار برای اولین بار فرض شده است که دوره‌ی سفارش‌دهی خریدار بتواند بیشتر از دوره‌ی تولید در نزد فروشنده باشد. چن و کانگ<sup>[۴۷]</sup> تأخیر در پرداخت را وارد مسائل JELS کرده‌اند. اخیراً نیز چو و لیون<sup>[۴۸]</sup> مقایسه‌ی بین حالت دسترسی به کلیه‌ی اطلاعات زنجیره‌ی JELS (حالت متمرکز) و حالت دسترسی محدود هر عضو زنجیره (غیر متمرکز) انجام داده‌اند. برای این منظور دو نوع سیاست برای هماهنگ‌سازی به کار گرفته شد: دوره‌ی سفارش دهی یکسان اجزاء و دوره‌ی توان دو بین اعضا. اخیراً در دو نوشتار راتو و اواینگ<sup>[۴۹]</sup> و یانگ و همکارانش<sup>[۵۰]</sup> مسئله‌ی JELS برای تقاضاهای غیریکنواخت بررسی شده است. در نوشتار اول، تقاضا به‌صورت تابعی خطی از زمان در نظر گرفته شده و دوره‌ی زمانی مورد بررسی نیز محدود فرض شده است. در نوشتار دوم، تقاضا به‌صورت نمایی در طول زمان کاهش می‌یابد؛ در این نوشتار نیز دوره‌ی زمانی محدود فرض شده است.

در انتها، برخی از مشخصه‌های مسائل تعیین حجم انباشته‌ی توأم اقتصادی برای مقالات سه سال اخیر در جدول ۱ ارائه شده است؛ مشخصه‌هایی همچون تقاضای احتمالی، تقاضای وابسته به قیمت، کمبود به‌صورت فروش از دست رفته، زمان تحویل احتمالی و نظایر آن به دلیل عدم طرح در هیچ‌یک از این مقالات، در جدول آورده نشده است. همچنین سیاست‌های حمل به ترتیب سیاست دسته‌برای-دسته، سیاست حمل تأخیری با اندازه‌ی یکسان، سیاست حمل بدون تأخیر با اندازه‌ی یکسان، سیاست حمل هندسی و سیاست بهینه است. با توجه به این که تعداد و اندازه‌ی محموله‌های ارسالی از فروشنده به خریدار، و همچنین اندازه‌ی دسته تولید در فروشنده همواره جزو متغیرهای تصمیم تمامی مقالات بوده است، لذا در ستون آخر جدول، متغیرهای تصمیمی که علاوه بر این موارد در مدل وجود داشته است، ارائه کرده‌ایم.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، عمده مقالات حتی در سال‌های اخیر نیز همچنان مسئله‌ی تعیین حجم انباشته‌ی توأم اقتصادی را برای زنجیره‌ی

جدول ۱. مشخصه‌های مدل‌های مختلف موجود در ادبیات JELS.

تصمیم‌گیری	زمان تحویل		کمبود	سیاست حمل						تقاضا		ساختار زنجیره		نوشتار
	ثابت	قابل		بدون	۱	۲	۳	۴	۵	۶	وابسته	ثابت	تعداد	
سایر متغیرهای تصمیم	صفر	کنترل	کمبود	۱	۲	۳	۴	۵	۶	به	در زمان	خریداران	سطوح	
	✓		✓	✓							✓	۱	۲	هیل و عمر <sup>[۱۴]</sup>
	✓		✓			✓				✓	✓	۱	۲	هوانگ <sup>[۱۷]</sup>
درصد ضایعات	✓		✓							✓	✓	۱	۲	لیو و ستینکایا <sup>[۱۹]</sup>
	✓		✓							✓	✓	۱	۲	چانگ <sup>[۲۰]</sup>
نقطه سفارش دهی، طول زمان تحویل	✓		✓		✓					✓	✓	۱	۲	هونگ و گوئیال <sup>[۲۲]</sup>
نقطه سفارش دهی، طول زمان تحویل	✓		✓			✓				✓	✓	۱	۲	وونگ و همکارانش <sup>[۲۳]</sup>
نقطه سفارش دهی، طول زمان تحویل	✓		✓			✓				✓	✓	۱	۲	چنگ و همکارانش <sup>[۲۴]</sup>
نقطه سفارش دهی، طول زمان تحویل	✓		✓			✓				✓	✓	۱	۲	بن‌دایا و هاریگا <sup>[۲۵]</sup>
	✓		✓			✓				✓	✓	N	۲	یاو و چیو <sup>[۲۸]</sup>
	✓		✓			✓				✓	✓	N	۲	سیاجادی و همکارانش <sup>[۲۹]</sup>
	✓		✓			✓				✓	✓	N	۲	چنگ و کینگزمن <sup>[۳۰]</sup>
	✓		✓			✓				✓	✓	۱	۲	ارتوگال و همکارانش <sup>[۳۳]</sup>
	✓		✓	✓						✓	✓	۱	۲	زو و یانگ <sup>[۳۴]</sup>
	✓		✓	✓						✓	✓	۱	۲	بیلیکا <sup>[۳۶]</sup>
سیاست خرید	✓		✓						✓	✓	✓	N	۳	خوجا <sup>[۴۰]</sup>
مواد اولیه			✓	✓						✓	✓	۱	۳	لی <sup>[۴۱]</sup>
توالی تولید	✓		✓							✓	✓	N	۳	کیم و همکارانش <sup>[۴۲]</sup>
محصولات	✓		✓		✓					✓	✓	۱	۳	چانگ و وی <sup>[۴۴]</sup>
	✓		✓							✓	✓	۱	۲	ماهاتا و همکارانش <sup>[۴۵]</sup>
	✓		✓							✓	✓	۲	۲	عبدالجبار و همکارانش <sup>[۴۶]</sup>
	✓		✓							✓	✓	۱	۲	چن و کانگ <sup>[۴۷]</sup>
	✓		✓							✓	✓	N	۲	چو و لیون <sup>[۴۸]</sup>
درصد مواجهه	✓		✓							✓	✓	۱	۲	رائو و اویانگ <sup>[۴۹]</sup>
با کمبود	✓		✓		✓					✓	✓	۱	۲	یانگ و همکارانش <sup>[۵۰]</sup>

سیاست‌های حمل: ۱. دسته‌بندی-دسته؛ ۲. حمل تأخیری با اندازه یکسان؛ ۳. حمل بدون تأخیر با اندازه یکسان؛ ۴. حمل هندسی؛ ۵. حمل هندسی-سپس-یکسان؛ ۶. سیاست بهینه حمل.

تولیدی و... نیز به کار برد که در هیچ کدام از این زمینه‌ها تا به حال تحقیقی صورت نگرفته است.

تأمین‌کننده به دلایل مختلف همچون مواد اولیه نامناسب، نقص در دستگاه‌های تولیدی، خطای اپراتور و... ممکن است با درصدی ضایعات همراه باشند که این درصد ضایعات براساس کنترل کیفیت آماری شناسایی می‌شود. موضوع کیفیت در چندین نوشتار وارد مدل‌های JELS شده است اما تنها در دو مورد از آنها کیفیت به صورت درصد ضایعات احتمالی فرض شده است.

#### ۲.۴. JELS تحت شرایط پارامترهای وابسته

##### ۱.۲.۴. تقاضای وابسته به قیمت

فاکتور قیمت یکی از معیارهای مشتریان در خرید محصول از خرده‌فروشان است

پادآور می‌شود که بررسی شرایط احتمالی محدود به سه پارامتر فوق نیست و می‌توان آن را برای سایر پارامترها - همچون نرخ تولید در فروشنده، قیمت محصول

قطعی اثری بر مدل ندارد و فقط زمانی قابل طرح است که تقاضا در فاصله‌ی زمانی تحویل، احتمالی است و یا خود زمان تحویل احتمالی است.

### ۳.۴. افزایش ابعاد مسئله JELS

#### ۱.۳.۴. دو سطحی با چند تأمین کننده (فروشنده)

در بسیاری از زنجیره‌ها یافتن یک تأمین کننده‌ی مطمئن برای تأمین محصولات مورد نیاز غیرممکن است و یا تأمین کننده‌ی مورد نظر از محدودیت تولید برخوردار است. در این شرایط خریدار ترجیح می‌دهد محصولات مورد نیاز خود را از چندین منبع تهیه کند و لذا بهینه‌سازی هم‌زمان خریدار و فروشنده‌گان با توجه به نرخ‌های تولید هر فروشنده و هزینه‌های خاص هر کدام صورت می‌گیرد. البته باید توجه داشت که تعیین برنامه‌ی بهینه‌ی حمل برای چند فروشنده بر پیچیدگی‌های مسئله می‌افزاید. بررسی ادبیات مربوط به JELS نشان می‌دهد که زنجیره‌های دو یا سه سطحی موجود در ادبیات همگی با فرض یک تأمین کننده بوده است.

#### ۲.۳.۴. حالت چند محصولی

با توجه به فلسفه‌ی JIT مبنی بر کاهش تعداد تأمین کنندگان از یک سو و تمرکز بر همکاری با تعداد محدودی تأمین کننده‌ی راهبردی از سوی دیگر، خریدارها مایل‌اند حتی‌الامکان محصولات متعدد را از فروشنده‌ی تهیه کنند که از عملکرد او اطمینان دارند. لذا بررسی روابط خریدار و فروشنده در قالب تنها یک محصول امری دور از واقع به نظر می‌رسد. اهمیت این موضوع زمانی نمایان می‌شود که بفهمیم یکی از مهم‌ترین تصمیمات زنجیره‌ی تأمین در مسائل JELS تعیین سیاست و زمان‌بندی حمل است. به بیان دیگر تعیین ترکیب محصولات مختلف بر روی یک وسیله‌ی حمل، و سیاست بهینه‌ی ارسال محموله‌ها با توجه به محدودیت‌های ظرفیت وسایل حمل و حجم هر محصول در حالت چندمحصولی، بر پیچیدگی‌های مسئله می‌افزاید.

#### ۳.۳.۴. حالت سه سطحی

یکی از توسعه‌های ریشه‌ی در موضوع بهینه‌سازی هم‌زمان اجزاء زنجیره، افزایش تعداد سطوح زنجیره از دو سطح به سه سطح است. می‌باید JELS از ابتدا برای حالت دوسطحی و به منظور کمیته‌کردن هزینه‌های توأم خریدار و فروشنده مطرح بوده است. در سال‌های اخیر تلاش برای بهینه‌سازی هم‌زمان اجزاء زنجیره در حالت سه سطحی آغاز شده است اما به دلیل تعداد زیاد پارامترها و فرضیات مختلف اعم از سیاست حمل، پارامترهای تقاضا، زمان تحویل، نرخ تولید، ظرفیت حمل و انواع توابع هدف و...، طیف وسیعی از مسائل JELS در حالت سه سطحی همچنان بدون حل باقی مانده‌اند. شکل زنجیره در حالت سه سطحی را می‌توان به صورت‌های مختلفی - از جمله ساده‌ی زنجیره‌ی یا حالات پیچیده‌ی شبکه‌ی با روابط تودرتوی بین اجزاء زنجیره - در نظر گرفت. علاوه بر این، سیاست حمل بین سطوح مختلف (خریدار-تولیدکننده و تولیدکننده-تأمین کننده) را می‌توان یکسان یا غیر یکسان فرض کرد.

### ۴.۴. بررسی JELS تحت محدودیت‌ها/متغیرها/فرضیات جدید

#### ۱.۴.۴. تصمیم‌گیری درباره انتخاب وسیله حمل

در مسائل JELS از یک سو در خصوص سیاست بهینه‌ی تولید و سفارش دهی، و از سوی دیگر درباره‌ی زمان‌بندی ارسال محموله‌ها تصمیم‌گیری می‌شود، لذا ورود سایر ابعاد حمل و نقل به مدل‌های قبلی موجب کاربردی‌تر شدن مدل‌های موجود

و لذا تغییر قیمت منجر به تغییر تقاضای رسیده به خرده‌فروشان می‌شود. به بیان دیگر، رابطه‌ی معکوسی بین تقاضای ورودی به زنجیره و قیمت فروش محصول وجود دارد. از این رو وارد کردن فرض وابستگی تقاضا به قیمت موجب نزدیک شدن مسئله به شرایط واقعی می‌شود. در صورتی که بخواهیم این فرض را در مسئله‌ی JELS وارد کنیم باید بهینه‌سازی را از کمیته‌کردن هزینه به بیشینه‌کردن سود کل اجزاء تغییر دهیم. علت این امر آن است که با توجه به وابستگی تقاضا به قیمت، کمیته‌کردن هزینه‌ی کل زنجیره منجر به کاهش تقاضا به کم‌ترین مقدار آن خواهد شد که زنجیره را از بهینه‌گی دور می‌سازد. این فرض در حوزه‌های مختلفی از ادبیات زنجیره‌ی تأمین وارد شده است، اما در حال حاضر وابستگی تقاضا به قیمت و اثرات آن بر روی سیاست تولید و حمل توسط هیچ یک از مقالات موجود در ادبیات JELS مورد بررسی قرار نگرفته است.

#### ۲.۲.۴. تقاضای وابسته به زمان

تقاضای محصول در بسیاری از بازارها تحت عوامل متعددی دچار نوسان می‌شود و از روند ثابتی برخوردار نیست. برای مثال در بازارهایی با محصولات فصلی، روند تقاضا در طول یک واحد زمانی (مثلاً سال) نوعی روند افزایشی و کاهش می‌باشد. از این رو در نظر گرفتن فرض تقاضای قطعی و ثابت (بدون روند) کاربرد مدل‌ها را محدود می‌کند به طوری که امکان استفاده از نتایج آن را برای بسیاری از محصولات غیرممکن می‌سازد. براین اساس پیشنهاد می‌شود تا مدل‌سازی و حل مسئله‌ی بهینه‌سازی هم‌زمان خریدار و فروشنده برای حالتی که تقاضا در طول زمان براساس الگوی مشخصی تغییر می‌کند، صورت گیرد. در حال حاضر تنها دو نوشتار به بررسی این موضوع در JELS پرداخته‌اند. در نوشتار اول فرض شده است که تقاضا برای یک دوره‌ی زمانی محدود، روندی نزولی یا صعودی دارد و در نوشتار دوم این روند تقاضا به صورت نمایی است. تحلیل هر دو نوشتار برای دوره‌ی زمانی محدود صورت گرفته است و لذا در نظر گرفتن انواع الگوهای تغییر تقاضا در طول زمان (افزایشی و کاهش می‌کننده، سینوسی و...) برای زمان نامحدود قابل بررسی است.

#### ۳.۲.۴. تقاضای مصرف وابسته به میزان موجودی (محصولات فاسدشدنی)

یکی از اصلی‌ترین فرضیات در بیشتر مدل‌های موجودی در زنجیره‌ی تأمین و از جمله در مدل‌های JELS، فرض فاسدشدنی بودن محصولات در مدت زمان نگه‌داری آنهاست. گرچه این فرض در بسیاری از موارد درست است اما برای برخی از محصولات که عمر محدودی دارند قابل فرض نیست. بررسی سیاست‌های بهینه‌ی حمل و تولید برای چنین محصولاتی، و مقایسه‌ی نتایج به دست آمده با محصولات فاسدشدنی به ایجاد دیدی مناسب در این خصوص می‌انجامد. فاسدشدنی بودن محصولات در بخش خریدار یا فروشنده سبب می‌شود تا میزان مصرف (میزان تقاضای) محصولات حتی در شرایط تقاضای ثابت و قطعی، به صورت غیریکنواخت درآید. در ادبیات JELS تنها دو نوشتار فرض محصولات فاسدشدنی را در مدل اعمال کرده‌اند و لذا تحقیقات بیشتر در این زمینه پیشنهاد می‌شود.

#### ۴.۲.۴. زمان تحویل وابسته به اندازه‌ی محموله

زمان تحویل در مسائل JELS به دو بخش اصلی قابل تقسیم است: زمان تولید و زمان حمل و تخلیه و بازرسی و... با افزایش میزان سفارش دهی به فروشنده، مدت زمان لازم برای تولید، حمل، بازرسی و... افزایش می‌یابد و از این رو می‌توان زمان تحویل را به صورت تابعی از میزان تولید در نظر گرفت. بررسی مقالات موجود در ادبیات نشان می‌دهد که فرض وابستگی زمان تحویل به اندازه‌ی محموله تنها در یک نوشتار و به صورت رابطه‌ی خطی در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که وابستگی بین زمان تحویل و اندازه‌ی محموله‌ی سفارش داده شده در شرایط

خواهد شد. یکی از این موارد که تا به حال به‌عنوان متغیر تصمیم در نظر گرفته نشده است، تعیین نوع وسیله‌ی حمل هم‌زمان با سیاست حمل است.

#### ۲.۴.۴. محدودیت وسیله حمل

فرض واقع‌بینانه‌ی که در اکثر مقالات مد نظر قرار نگرفته، محدودیت وسایل و ناوگان حمل است. در نظر گرفتن این محدودیت سبب می‌شود تا فروشنده نتواند محموله‌های خود را در هر اندازه و با هر تواتر دلخواهی برای خریدار ارسال کند. مروری بر ادبیات نشان می‌دهد که محدودیت حمل تنها در دو نوشتار اعمال شده است. البته در هر دو این مقالات، سایر فرضیات در ساده‌ترین شکل آن فرض شده‌اند و از این رو وارد کردن این محدودیت در مسائل پیچیده‌تر JELS به‌عنوان توسعه پیشنهاد می‌شود.

#### ۳.۴.۴. محدودیت انبار خریدار

در تمامی مقالات موجود در ادبیات فرض شده است که خریدار می‌تواند محموله‌ها را در هر اندازه‌ی که برای او ارسال شود دریافت و ذخیره‌سازی کند. این فرض به‌خصوص در مواردی که خریدار، خرده‌فروش بوده و از انبار محدودی برخوردار است، فرضی دور از واقعیت است.

#### ۴.۴.۴. فرض کمبود به‌صورت فروش از دست رفته

با تشدید رقابت بین خرده‌فروشان در زنجیره‌های مختلف، بسیاری از مشتریان حاضر نیستند منتظر رسیدن محصول بمانند و در صورت مواجهه با کمبود در یک خرده‌فروش، بلافاصله به خرده‌فروش دیگری مراجعه و محصول خود را از آنجا تهیه می‌کنند. از این رو فرض کمبود تحت شرایط فروش از دست رفته برای بسیاری از محصولات فرض واقع‌بینانه‌تری نسبت به کمبود در حالت پس‌افت<sup>۱۱</sup> است. در مبحث JELS بررسی تأثیر حالت فروش از دست‌رفته بر سیاست و زمان‌بندی بهینه‌ی تولید و حمل را می‌توان به‌عنوان یک توسعه مورد توجه قرار داد. در ادبیات مربوط به JELS، فرض فروش از دست‌رفته تنها در یک نوشتار و برای مسئله‌ی خاص مورد بررسی قرار گرفته است که می‌توان آن را برای زنجیره‌هایی با فرضیات دیگر توسعه داد.

#### ۵.۴.۴. بررسی JELS با توابع هدف جدید

همان‌طور که در بخش‌های قبلی نیز اشاره شد، در مقالاتی که تا به حال به بررسی مسئله JELS پرداخته‌اند تابع هزینه همواره از جنس هزینه یا سود بوده است، حال آن‌که توابع هدف مختلفی همچون درصد موارد مواجه با کمبود، انعطاف‌پذیری زنجیره ... ممکن است در برخی زنجیره‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار باشند.

### ۵. نتیجه‌گیری

بررسی نتایج هماهنگ‌سازی در زنجیره‌های تأمین حکایت از صرفه‌جویی‌های قابل توجه در هزینه‌های کل سیستم دارد و از این رو این مباحث در سال‌های اخیر بیش از پیش مورد توجه محققان قرار گرفته است. در این بین موضوع تعیین حجم انباشته‌ی توأم اقتصادی به‌عنوان سنگ بنای توسعه‌های آتی هماهنگ‌سازی زنجیره‌ها و شبکه‌های پیچیده‌تر تأمین معرفی شده است. در این نوشتار سعی شد تا مروری جامع و همه‌جانبه به مدل‌های ترکیبی تولید - موجودی بین خریدار و فروشنده داشته باشیم. در این راستا ضمن معرفی یک مدل کلی برای مسئله، به معرفی انواع سیاست‌های حمل بین دو یا چند عضو زنجیره پرداختیم. با توجه به این که مسئله تعیین حجم انباشته‌ی اقتصادی محدود به سیاست‌های حمل نمی‌شود، لذا مسئله را از ابعاد مختلف بررسی، و مهم‌ترین مقالات هر حوزه را معرفی کردیم. مطالعه‌ی مقالات موجود در ادبیات حکایت از آن دارد که عمده‌ی این تحقیقات از فرضیاتی برای ساده‌سازی مسائل استفاده کرده‌اند که کاربرد مدل‌ها و نتایج حاصل از آن را محدود می‌سازد. در یک نگاه کلان باید گفت مسائل موجود در ادبیات عمدتاً تحت شرایط قطعی و یکنواخت و برای کوچک‌ترین ابعاد ممکن (خریدار - فروشنده) مدل‌سازی و حل شده‌اند، حال آن‌که زنجیره‌های تأمین در شرایط واقعی با عوامل درونی و بیرونی متعددی روبه‌رو هستند که پارامترهای مختلفی از جمله تقاضا، زمان تحویل، کیفیت محصولات، نرخ تولید و ... را به عواملی غیر قطعی تبدیل می‌کنند. لذا بسط مدل‌های موجود با حذف این فرضیات محدودکننده، امکان بررسی نتایج این سازوکار هماهنگ‌سازی را در عمل فراهم می‌آورد.

### پانویس

1. joint economic lot sizing (JELS)
3. lot-for-lot
4. equal-sized shipments policies
5. delayed equal-sized shipments policies
6. non-delayed equal-sized shipments policies
7. geometric shipment policy
8. geometric-then-equal-shipments policy
9. individually responsible and rational decision
10. nash equilibrium
11. Backorder

### منابع

1. Sarmah, S.P.; Acharya, D., and Goyal, S.K. "Buyer vendor coordination models in supply chain management",

*European Journal of Operational Research*, **175**, pp. 1-15 (2006).

2. Ben-Daya, M.; Darwish, M., and Ertogral, K. "The joint economic lot sizing problem: Review and extensions", *European Journal of Operational Research*, **185**, pp. 726-742 (2008).
3. Banerjee, A. "A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor", *Decision Sciences*, **17**, pp. 292-311 (1986).
4. Goyal, S.K. "A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor: A comment", *Decision Sciences*, **19**, pp. 236-241 (1988).
5. Lu, L. "A one-vendor multi-buyer integrated inventory model", *European Journal of Operational Research*, **81**, pp. 312-323 (1995).
6. Goyal, S.K. "A one-vendor multi-buyer integrated inventory model: A comment", *European Journal of Operational Research*, **82**, pp. 209-210 (1995).



7. Hill, R.M. "The single-vendor single-buyer integrated production-inventory model with a generalized policy", *European Journal of Operational Research*, **97**, pp. 493-499 (1997).
8. Goyal, S.K., and Szendrovits, A.Z. "A constant lot size model with equal and unequal size batch shipments between production stages", *Engineering Costs and Production Economics*, **10**, pp. 203-210 (1986).
9. Hill, R.M. "The optimal production and shipment policy for the single-vendor single-buyer integrated production-inventory model", *International Journal Production Research* **37**, pp. 2463-2475 (1999).
10. Kim, S.L., and Ha, D. "A JIT lot-splitting model for supply chain management: Enhancing buyer-supplier linkage", *International Journal of Production Economics* **86**, pp. 1-10 (2003).
11. Wu, K., and Ouyang, L. "An integrated single-vendor single-buyer inventory system with shortage derived algebraically", *Production Planning & Control*, **14** (6), pp. 555-561 (2003).
12. Yang, P.C., and Wee, H.M. "Economic ordering policy of deteriorated item for vendor and buyer: An integrated approach", *Production Planning & Control*, **11**, pp. 41-47 (2000).
13. Yau, M.J., and Chiou, C.C. "On a replenishment coordination model in an integrated supply chain with one vendor and multiple buyers", *European Journal of Operational Research* **159** (2), pp. 406-419 (2004).
14. Hill, R., and Omar, M. "Another look at the single-vendor single-buyer integrated production-inventory problem", *International Journal of Production Research* **44** (4), pp. 791-800 (2006).
15. Huang, C.K. "An integrated vendor-buyer cooperative inventory model for items with imperfect quality", *Production Planning & Control* **13** (4), pp. 355-361 (2002).
16. Affisco, J.F.; Paknejad, M. J., and Nasri, F. "Quality improvement and setup reduction in the joint economic lot size model", *European Journal of Operational Research* **142**, pp. 497-508 (2002).
17. Huang, C.K. "An optimal policy for a single-vendor single-buyer integrated production inventory problem with process unreliability consideration", *International Journal of Production Economics* **91**, pp. 91-98 (2004).
18. Darwish, M.A. "The single-vendor single-buyer targeting problem with equal-sized-shipments policy", *International Journal of Operations and Quantitative Management* **11** (1), pp. 35-47 (2005).
19. Liu, X., and Cetinkaya, S. "A note on quality improvement and setup reduction in the joint economic lot size model", *European Journal of Operational Research* **182**, pp. 194-204 (2007).
20. Chung, K. "A necessary and sufficient condition for the existence of the optimal solution of a single-vendor single-buyer integrated production-inventory model with process unreliability consideration", *International Journal of Production Economics*, Article in Press.
21. Pan, J.C., and Yang, J.S., "A study of an integrated inventory with controllable lead time", *International Journal of Production Research* **40** (5), 1263-1273 (2002).
22. Hoque, M., and Goyal, S.K. "A heuristic solution procedure for an integrated inventory system under controllable lead-time with equal or unequal sized batch shipments between a vendor and a buyer", *International Journal of Production Economics* **102** (2), pp. 217-225 (2006).
23. Ouyang, L.Y.; Wu, K.S., and Hu, C.H. "Integrated vendor-buyer cooperative models with stochastic demand in controllable lead time", *International Journal of Production Economics* **92** (3), pp. 255-266 (2004).
24. Chang, H.C.; Ouyang, L.Y.; Wu, K.S., and Ho, C.H. "Integrated vendor-buyer cooperative inventory models with controllable lead time and ordering cost reduction", *European Journal of Operational Research* **170** (2), pp.481-495 (2006).
25. Ben-Daya, M., and Hariga, M. "Integrated single vendor single buyer model with stochastic demand and variable lead time", *International Journal of Production Economics* **92**, pp. 75-80 (2004).
26. Joglekar, P., and Tharthare, S. "The individually responsible and rational decision approach to economic lot sizes for one vendor and many purchasers", *Decision Science* **21** (3), pp. 492-506 (1990).
27. Affisco, J.F.; Pakejad, M.J., and Nasri, F. "A comparison of alternative joint vendor-purchaser lot-sizing models", *International Journal of Production Research*, **31**, pp. 2661-2676 (1990).
28. Yao, M.J., and Chiou, C.C. "On a replenishment coordination model in an integrated supply chain with one vendor and multiple buyers", *European Journal of Operational Research*, **159** (2), pp. 406-419 (2004).
29. Siajadi, H.; Ibrahim, R., and Lochert, P. "Joint economic lot size in distribution system with multiple shipment policy", *International Journal of Production Economics* **102**, pp. 302-316 (2006).
30. Chan, C., and Kingsman, B. "Coordination in a single-vendor multi-buyer supply chain by synchronizing delivery and production cycles", *Transportation Research Part E* **432** (2), pp. 90-111 (2007).
31. Affisco, J.F.; Paknejad, M.J., and Nasri, F. "Investing in setup cost reduction in the joint economic lot size model", *Proceedings of the Decision Sciences Institute*, pp. 1126-1129 (1988).
32. Hoque, M.A., and Goyal, S.K. "An optimal policy for a single-vendor single-buyer integrated production-inventory system with capacity constraint of the transport equipment", *International Journal of Production Economics* **65**, pp. 305-315 (2000).
33. Ertogral, K.; Ben-Daya, M., and Darwish, M. "Optimal production and shipment lot sizing in a two layer supply chain", *European Journal of Operational Research* **176** (3), pp. 1592-1606 (2007).
34. Zhou, Y., and Wang, S. "Optimal production and shipment models for a single-vendor-single-buyer integrated system", *European Journal of Operational Research* **180** (1), pp. 309-328 (2007).
35. Viswanathan, S., and Piplani, R. "Coordinating supply chain inventories through common replenishment epochs", *European Journal of Operational Research* **129** (2), pp. 277-286 (2001).

36. Bylka, S. "Competitive and cooperative policies for the vendor-buyer system", *International Journal of Production Economics* **81-82**, pp. 533-544 (2003).
37. Hsiao, J., and Lin, C. "A buyer-vendor EOQ model with changeable lead-time in supply chain", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* **26**, 917-921 (2005).
38. Banerjee, A., and Kim, S.L. "An integrated JIT inventory model", *International Journal of Operations & Production Management*, **15** (9), pp. 237-244 (1995).
39. Muson, C.L., and Rosenblatt, M.J. "Coordinating a three-level supply chain with quantity discounts", *IIE Transactions*, **33**, pp. 371-384 (2001).
40. Khouja, M. "Optimizing inventory decisions in a multi-stage multi-customer supply chain", *Transportation Research, Part E*, **39**, pp. 193-208 (2003).
41. Lee, W., "A joint economic lot size model for raw material ordering, manufacturing setup, and finished goods delivering", *Omega*, **33**(2), pp. 163-174 (2005).
42. Kim, T.; Honga, T., and Chang, S.Y. "Joint economic procurement-production-delivery policy for multiple items in a single-manufacturer, multiple-retailer system", *International Journal of Production Economics*, **103**, pp. 199-208 (2006).
43. Ben-Daya, M., and As'ad, R. "A Production Inventory Model with Raw Material Consideration in a Three Layer Supply Chain", Technical Report, Systems Engineering Department, King Fahd University of Petroleum & Minerals, Dhahran, Saudi Arabia (2006).
44. Chung, C.J., and Wee, H.M. "Optimizing the economic lot size of a three-stage supply chain with backordering derived without derivatives", *European Journal of Operational Research*, **183**, pp. 933-943 (2007).
45. Mahata, G.; Goswami, A., and Gupta, D.K. "A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor in fuzzy sense", *Computers and Mathematics with Applications*, **50**, pp. 1767-1790 (2005).
46. Abdul-Jalbar, B.; Gutierrez, M., and Sicilia, J. "An integrated inventory model for the single-vendor two-buyer problem", *International Journal of Production Economics*, **108**, pp. 246-258 (2007).
47. Chen, L., and Kang, F. "Integrated vendor-buyer cooperative inventory models with variant permissible delay in payments", *European Journal of Operational Research*, **183**, pp. 658-673 (2007).
48. Chu, C., and Leon, V.J. "Single-vendor multi-buyer inventory coordination under private information", *European Journal of Operational Research*, Article in Press.
49. Rau, H., and OuYang, B.C. "An optimal batch size for integrated production-inventory policy in a supply chain", *European Journal of Operational Research*, **185**, pp. 619-634 (2008).
50. Yang, P.C.; Wee, H.M., and Hsu, P.H. "Collaborative vendor-buyer inventory system with declining market", *Computers & Industrial Engineering*, **54**, pp. 128-139 (2008).