



کاهش اثر شلاق چرمی در مدل مدیریت موجودی زنجیره تأمین؛ ص ۱۴۱-۱۵۱

نویسندگان: جیان‌هایو دای، شنگبو پنگ، شییبایو لی
مترجمان: مه‌ری سیاه چشم هرزندی^۱، محمد احسانی فر^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۰۹

چکیده

این مقاله با مطرح کردن دلایل پدیده اثر شلاق چرمی آغاز می‌شود، چگونگی تقویت راهبرد مدیریت موجودی برای کاهش اثر شلاق چرمی در مدیریت زنجیره تأمین را تجزیه و تحلیل می‌کند. سپس مورد همکاری مک‌دونالد و سیستم تدارکات شخص ثالث آن، هاوایی را مطالعه می‌کنیم تا حالت همکاری بین دو شرکت را بررسی کنیم. با این فرض که فروشگاه‌های مک‌دونالد به عنوان یک پیشرو زنجیره تأمین امور تدارکات، راهبرد مدیریت موجودی پایین‌تر و بالاتر را می‌پذیرد، طبق توزیع هاوایی برای فروشگاه‌های مک‌دونالد، یک مدل توزیع یک به چند را توسعه می‌دهیم و مدلی ریاضی برای کاهش موجودی و بهبود سطح خدمات می‌سازیم.

واژگان کلیدی: اثر شلاق چرمی، مدیریت موجودی، توزیع یک به چند، مدل کنترل.

۱ - دانشجوی دکتری دانشگاه آزاد

۲ - کارشناس ارشد مدیریت آماد

مقدمه و بیان مساله

اثر شلاق چرمی اشاره به نوعی به تحریف رخ داده شده در جریان انتقال اطلاعات سفارش بالادست اشاره دارد که نوسان بزرگتری از نظر کمیت سفارش بالادست ایجاد شده توسط نوسان تقاضاهای پایین دست است، که پدیده رایجی در زنجیره تأمین است. وجود اثر شلاق چرمی، دسترسی شرکتها به تقاضاهای بازار را مشکل می کند که موجب ذخیره بیش از نیاز و کاهش کارآمدی عملی کل زنجیره تأمین می شود. بهترین راه برای حل اثر شلاق چرمی، کاهش گره های زنجیره تأمین تا حد امکان است؛ در نتیجه تا حد زیادی صحت اطلاعات را تضمین می کند. با استفاده از سیستم مدیریت زنجیره تأمین می توان اثر شلاق چرمی را کاهش داد و عکس العمل آنی را تشخیص داد که مستقیماً هزینه های عملی شرکتها را کاهش می دهد. عواملی که منجر به اثر شلاق چرمی می شود شامل اصلاح پیش بینی تقاضا، نوسانات در قیمت ها، تصمیم گیری کمیت سفارش، بازی کمبود، عدم توازن موجودی، زمان تدارک (فراوری) و غیره است.

کائوهانفینگ^۱ از راهبرد مدیریت موجودی فروشنده برای دوباره جعل کردن روند زنجیره تأمین استفاده کرد (توسط بنیاد علمی فوق دکتری چین "تحقیقی بر هزینه های درون ارتباطی در طول ادغام ارتباطات از راه دور در چین، شبکه های اینترنت " حمایت شده است. شبیه سازی نشان می دهد که راهبرد مدیریت موجودی فروشنده راه مؤثری برای کاهش اثر شلاق چرمی است. براساس مدارک موجود از قبل درباره تحقیق مسئله اثر شلاقی، این مقاله چگونگی کاهش اثر شلاق چرمی توسط راهبرد کنترل موجودی فروشنده را با ترکیب موارد تجزیه و تحلیل و خلاصه می کند.

فهرست اصطلاحات	
زمان لازم برای رسیدن کالاها از مراکز توزیع تا فروشگاهها	Δ
میانگین تقاضای روزانه کالاها در فروشگاهها	μ
انحراف معیار استاندارد کالاها در فروشگاهها	σ
حد بالاتر فروشگاهها	L_w
حد پایین تر فروشگاهها	L_d
کمیت سفارش فروشگاهها	Q

راهبردهای کنترل موجودی فروشنده تحت مدیریت زنجیره تأمین

مدیریت زنجیره تأمین تشخیص بهینه سازی عملیات زنجیره تأمین با حداقل هزینه‌هاست تا زنجیره تأمین به طرز کارآمدی در کل روند عمل کند از خرید گرفته تا رضایت مشتریان نهایی شامل جریان کاری، جریان ماده، جریان بودجه، جریان اطلاعات و غیره و مشتریان به محصولات مناسبی با قیمت معقول به درستی و در زمان مناسبی دسترسی داشته باشند. ایده اصلی "ادغام هم تراز" است و از منابع خارجی استفاده کاملی می‌کند..

شرکت‌ها همیشه موجودی خودشان را مستقلاً به هنگام تولید مدیریت می‌کنند و راهبرد کنترل موجودی فروشنده در هر نقطه زنجیره جریان ماده دارند. از آنجایی که هر فرد تفاوت‌هایش را دارد اما راهبرد موجودی باز دارد، که باعث افزایش تحریف در تقاضاها و منجر به گسترش تنوع تقاضا می‌شود و قادر نیست به درستی جریان تقاضاهای مشتریان برای تهیه کنندگان (فروشنندگان) را مدیریت کند. بخاطر این مسئله روش‌های کنترل موجودی جدیدی پدیدار می‌شود. در کاربرد عملی می‌توان انواع راهبردهای مدیریت موجودی توسط فروشنندگان را یافت که مستقلاً وجود ندارند و ایده‌های مختلفی با هم تلاقی می‌کنند تا راهبرد موجودی مدیریت شده توسط فروشنده را بهتر درک کنیم.

مدیریت موجودی فروشنده^۱

سیستم مدیریت موجودی فروشنده یک راهبرد مشارکتی بین مشتری و فروشنده با در اختیار داشتن حداقل هزینه‌ها و محصولات بهینه برای هر دو طرف است، که توسط یک چهارچوب هدف منسجم هدایت شده، فروشنده موجودی را مدیریت می‌کند، مسئولیت عملکرد مدیریت موجودی به فروشنده انتقال می‌یابد.

مقیاس‌های عمده راهبرد VMI به شرح زیر است:

اولین مورد روحیه گروهی است. هنگام اجرای این راهبرد هم فروشنده و هم مشتری باید روحیه گروهی بهتری داشته باشند با اعتماد دو طرفه و شفاف سازی اطلاعات که به همان میزان مهم است.

دومین مورد، داشتن حداقل هزینه برای دو طرف است. می‌توان از این راهبرد استفاده کرد تا هزینه‌های موجودی در کل زنجیره تأمین را کاهش داد که به نفع هر دو آنهاست.

سومین مورد، اصل سازگاری هدف است. دو طرف باید مسئولیت‌های خودشان را بشناسند و به ایده‌های واحدی برسند.

چهارمین مورد، قانون پیشرفت مداوم است. سیستم حلقه بسته‌ای که تشکیل شده است بازخورد مستمری دارد و ضایعات را به تدریج حذف می‌کند.

مدیریت موجودی مشترک موفق^۱

مدیریت موجودی مشترک موفق روش مؤثری برای حل پدیده تقویت تجهیزات است که توسط حالت مختلف کاربری موجودی دوطرفه با شرکت‌های گره در سیستم زنجیره تأمین ایجاد شده است و درجه تقارن زنجیره تأمین را بهبود می‌بخشد. ضمناً بر شرکت دو طرف برای انجام برنامه‌ریزی موجودی با یکدیگر تأکید دارد. هر مدیر موجودی (فروشنده، تولید کننده و توزیع کننده) در جریان کار زنجیره تأمین باید درباره سازگاری دوطرفه‌شان فکر کنند و با نیازهای مورد نظر مدیر موجودی بین دو گره همگام باشند تا پدیده تقویت تنوع تقاضا را حذف کنند. تعیین تقاضای هر یک از گره‌های مجاور نتیجه هماهنگی دوطرفه تقاضا و تأمین است. مدیریت موجودی، روند کاربری جداگانه‌ای نیست بلکه پیوند تأمین و تقاضا و همچنین مرکز هماهنگی است. اصل مدیریت موجودی مشترک موفق یک حالت مدیریتی به اشتراک گذاری ریسک‌هاست.

سیستم تدارکات شخص ثالث^۲

سیستم تدارکات شخص ثالث یک ابزار واگذاری تأمین است، انواع خدماتی مثل انتقال محصول، مدیریت موجودی و انتخاب سفارش برای مشتریان را ارائه می‌دهد. شرکت‌ها با دادن نمایندگی بعضی از عملکردهای مدیریت موجودی به سیستم تدارکات شخص ثالث می‌توانند بیشتر روی کسب و کارهای اصلیشان تمرکز کنند. سیستم تدارکات شخص ثالث نقش پلی برای ارتباط فروشنده و کاربر را ایفا می‌کند.

1. Joint Managed Inventory Management

2. Third Party Logistics System

مطالعه موردی

هاوایی^۱ یک شرکت تدارکات شخص ثالث برای مک‌دونالد^۲ است. شرکت برای رستوران‌های مک‌دونالد، سفارش دهی، ذخیره، انتقال و توزیع مجموعه‌ای از کارها من جمله پردازش اطلاعات، کنترل موجودی، برچسب‌زنی، تولید و کنترل کیفی و دیگر زمینه‌ها کار می‌کند. همه این موارد می‌تواند موجودی مک‌دونالد را تا حد زیادی کاهش دهد و باعث شود تا موجودی محصول به اصل حداقل برسد.

لازم است مک‌دونالد فقط اجازه دهد تا تهیه کنندگان اطلاعات تقاضایشان را مستمر و به موقع بدانند و تهیه کنندگان می‌توانند تقاضاهای آنی کاربر را از طریق اطلاعات تقاضاهای جاری پیش بینی کنند. طبق این پیش بینی، تهیه کنندگان برنامه‌های تولید و برنامه‌های تحویل خودشان را توسعه می‌دهند، در آغاز از تعداد کمی مشتری شروع می‌کنند تا موجودی کالاها را تأمین کنند، تا هم تقاضای مشتری و هم موجودی کالاها برای حداقل ضایعات برآورده شود. با خرید VMI بالاترین سود از آن مک‌دونالد است که می‌تواند از شر کسب و کار سنگین خلاص و راحت شود همچنین با تحمیل موجودی و انتقال تحت مسئولیت هاوایی می‌توان سرعت خدمات را بالا برد.

هاوایی نه تنها نقش شرکت‌های تدارکات شخص ثالث را دارد، بلکه مسئولیت‌های تهیه کنندگان را نیز به دوش می‌کشد. مک‌دونالد نماینده تدارکات شخص ثالثی برای تولید، ذخیره، توزیع و مدیریت دارد. از طرف دیگر او فهرست تهیه کنندگان، نمایندگی‌ها، صاحب موجودی مک‌دونالد را از طریق فروشنده می‌گیرد که خرید از طریق هاوایی انجام داده‌اند، مک‌دونالد و تهیه کنندگان هاوایی کاملاً شریک هستند چه به عنوان شرکت‌های تدارکات شخص ثالث یا یک فروشنده که در کل کار تدارکات است، نقش مهمی در انجام کار ایفا می‌کند. بیش از ۳۰ سال، همکاری هاوایی و مک‌دونالد بدون یک قرارداد، رابطه بلندمدت همکاری با اعتماد دوطرفه با کمترین هزینه را دارد.

شراکت بین مک‌دونالد و هاوایی دلیل خوبی برای معاملات بالا است تا از خطی مشی مدیریت موجودی، راهبرد مدیریت مشترک موجودی و راهبرد تدارکات سوم شخص حمایت کند. هاوایی عمده‌تأمتکی بر مدیریت سیستم‌های اطلاعاتی است تا ارزش تولید کند، میانگین موجودی‌اش

1. HAVI

2. McDonald

بسیار کمتر از رقبایش است. نرخ ضرر محصولات تدارکات مکدونالد یک از ۱۰,۰۰۰ است. مقالات زیر تجزیه و تحلیل مدل مدیریتی آن است.

روش کنترل موجودی بالاتر و پایین‌تر

فناوری دیده بانی خودکار فروشگاه‌های مکدونالد بسیار پیشرفته است، ترتیب دستیابی به مدیریت شفاف موجودی مجموعه تجهیزات خودکاری دارد. در اینجا فرض می‌کنیم که روش کنترل موجودی بالاتر و پایین‌تر در دستگاه به کار رفته است.

وقتی سیستم فروشگاه‌ها حداقل موجودی فروشگاه زیر L_d نشان می‌دهد، مقیاس مدلی که کنترل موجودی بالاتر و پایین‌تر نامیده شده (L_w, L_d) سفارشات را به صورت خودکار به تعداد سفارش Q به سفارشات مرکز توزیع تولید می‌کند. وقتی کالاها به فروشگاه‌ها تحویل داده شدند، حداکثر مقدار موجودی مورد انتظار L_w بدست می‌آید.

هنگام محاسبه حدهای بالاتر و پایین‌تر باید پیش بینی فروش‌ها بر مبنای داده‌های فروش گذشته محاسبه شود، این مقاله پیش بینی تقاضا را با جزییات بررسی نمی‌کند.

فرضیات نمونه

داده‌های فروش روزانه کالاها یک توزیع عادی است طبق اصل تابع توزیع نرمال، می‌دانیم که انحراف استاندارد و نرخ میانه K یک ثابت است اما بخاطر داده نمونه بدست آمده K و K انحراف وجود دارد در نتیجه منجر به انحراف ثابت موجود می‌شود.

λ : زمان مورد نیاز برای کالاها از مراکز توزیع تا فروشگاه‌ها.

μ : میانگین روزانه تقاضاهای کالاها در فروشگاه‌ها.

σ : واریانس استاندارد کالاها در فروشگاه‌ها

L_w : حد بالاتر فروشگاه‌ها

L_d : حد پایین‌تر فروشگاه‌ها

Q : کمیت سفارش فروشگاه‌ها

میانگین تقاضا در دوره λ می‌شود μ_2 ، انحراف معیار استاندارد آن σ_2 است و:

$$\mu_1 = \lambda \times \mu, \sigma_1 = k \times \mu_1 = \sigma / \mu \times \lambda \cdot \mu = \sigma \times \lambda. \quad (1)$$

همچنین در دوره λ $t+$ ثبت شده است موجودی امن SS است بنابراین:

$$SS = \sigma_1 * z(p) = \sigma * \lambda * z(p). \quad (2)$$

می‌توانیم حد پایین‌تر فروشگاه‌ها را محاسبه کنیم

$$L_d = \mu_1 + SS = \lambda \times \mu + \sigma * \lambda * z(p). \quad (3)$$

سفارش فروشگاه‌ها:

$$Q = (L_d - SS) / B = [\lambda * \mu / B] * B. \quad (4)$$

بالاتر فروشگاه‌ها

$$L_w = Q + SS = [\lambda * \mu / B] * B + \sigma * \lambda * z(p). \quad (5)$$

مرکز توزیع مدل توزیع N-1 فروشگاه‌های خرده فروشی

برای خلاصه کردن رابطه توزیع بین شرکت تدارکات هاوایی و فروشگاه خرده فروش مکدونالدز عملاً یک رابطه توزیع بین مرکز توزیع و بسیاری از فروشگاه‌های خرده فروش (1-N) وجود دارد. با مدل ریاضی می‌توان به کمیت سفارش راهبرد موجودی بهینه رسید.

فرضیه

اجرت موجودی متشکل از اجرت ذخیره موجودی و هزینه کمبود است. این مقاله استدلال می‌کند که فروشگاه‌های خرده فروش سود فروش خود را مستقیماً از دست می‌دهند اگر موجودی کالاها در فروشگاه‌های خرده فروش به اتمام برسد. هزینه‌های خسارت هر واحد کالا، سودهایی هستند که از طریق مرکز توزیع و فروشگاه‌های خرده فروش به نسبت‌های مختلفی به اشتراک گذاشته شده‌اند.

فرض می‌شود که نیازهای مشتریان برای فروشگاه‌های خرده فروش تصادفاً تغییر می‌کند اما هر نیاز مستقل است. فرض می‌شود نیازهای مشتریان خارجی در دوره t , y_t باشد تابع تراکم $f_t(y)$ خواهد بود و تابع توزیع $f_t(y)$ خواهد بود، علاوه بر این آن‌ها مستمر، فراتر و قابل تشخیص هستند.

فروشگاه‌های خرده فروش مک‌دونالد، راهبرد بررسی مستمر (S_j, Q_j) موجودی را می‌پذیرند که در آن نقطه سفارش S_j است و کمیت سفارش Q_j است $(Q_j$ ثابت است).

مرکز توزیع هاوایی راهبرد بررسی مستمر موجودی S_0 را می‌پذیرد که مقدار موجودی را نگه می‌دارد.

معنی نماد متغیر

Y_j : فروش روزانه کالاها در فروشگاه‌های j . $Y_j(L_j)$: فروش روزانه کالاها در فروشگاه‌های j طی دوره L_j .

$Y_j(L_0)$: فروش روزانه کالاها در فروشگاه‌ها j در طول دوره L_0 . μ_j : میانگین فروش روزانه کالاها در فروشگاه j . L_0 : زمان فراوری برای کالاها از تهیه کنندگان تا مراکز توزیع. L_j : زمان فراوری کالاها از مراکز توزیع تا فروشگاه‌ها λ_j . λ_j : سفارشات تولید فروشگاه j از توزیع پواسون پیروی می‌کند که پارامتر λ است. α : ضریب همبستگی سهام نسبی هزینه کمبود زنجیره تأمین. h_0 : هزینه‌های زمان نگهداری موجودی به ازای هر واحد در مراکز توزیع.

h_j : هزینه‌های زمان نگهداری موجودی فروشگاه j به ازای هر واحد. P : هزینه کمبود واحد، فرقی نمی‌کند هزینه عدم موجودی کالا در کدام فروشگاه باشد. Q_j : هر مقدار سفارش فروشگاه j . S_j : مقادیر موجودی وقتی فروشگاه j یک سفارش به صورت خودکار تولید می‌کند. S_0 : حداکثر مقدار موجودی مرکز توزیع. HC_0 : هزینه‌های نگهداری موجودی مرکز توزیع طی دوره t . HC_j : هزینه‌های نگهداری موجودی فروشگاه j طی دوره t . LC_0 : مراکز توزیع برای به اشتراک گذاشتن هزینه خسارت موجودی طی دوره t . LC_j : فروشگاه J برای به اشتراک گذاشتن هزینه ضرر موجودی طی دوره t . TC_0 : هزینه‌های موجودی مرکز توزیع در دوره t . TC_j : هزینه‌های موجودی فروشگاه j در دوره t . TC : هزینه موجودی کل سیستم زنجیره تأمین در دوره t . در همه موارد بالا، $j=1,2,\dots,N$.

ایجاد نمونه (مقیاس مدل)

هزینه‌های نگهداری موجودی فروشگاه J در طول دوره t :

$$HC_j = h_j * \left(\frac{1}{2} Q_j + s_j - \mu_j * L_j \right), \quad (6)$$

هزینه مشترک خسارت موجودی طی دوره t فروشگاه J :

$$LC_j = \alpha * P * \int_{s_j}^{\infty} [Y_j(L_j) - s_j] f[Y_j(L_j)] dY_j(L_j). \quad (7)$$

می‌رسیم به:

$$\begin{aligned} TC_j &= HC_j + LC_j \\ &= h_j * \left(\frac{1}{2} Q_j + s_j - \mu_j * L_j \right) + \alpha * P * \int_{s_j}^{\infty} [Y_j(L_j) - s_j] f[Y_j(L_j)] dY_j(L_j) \end{aligned} \quad (8)$$

فرض می‌کنیم که مراکز توزیع به ازای هر واحد هزینه‌های زمان نگهداری موجودی h_0 باشد، بنابراین هزینه‌های نگهداری موجودی مرکز توزیع طی دوره t :

$$HC_0 = h_0 * \frac{1}{2} [S_0 + (S_0 - \sum_{j=1}^N \lambda * L_0 * Q_j)^+], \quad (9)$$

و مراکز توزیع برای به اشتراک گذاشتن هزینه ضرر موجودی طی دوره t :

$$LC_0 = \sum (1 - \alpha) * P * \int_{s_j}^{\infty} [Y_j(L_j) - s_j] f[Y_j(L_j)] dY_j(L_j), \quad (10)$$

بنابراین

$$\begin{aligned} TC_0 &= HC_0 + LC_0 \\ &= h_0 * \frac{1}{2} [S_0 + (S_0 - \sum_{j=1}^N \lambda * L_0 * Q_j)^+] + \sum (1 - \alpha) * P * \int_{s_j}^{\infty} [Y_j(L_j) - s_j] f[Y_j(L_j)] dY_j(L_j). \end{aligned} \quad (11)$$

با فرمول بالا می‌توانیم بفهمیم که سیستم زنجیره تأمین، کل هزینه‌های موجودی کل در دوره t خواهد بود:

$$TC = TC_0 + \sum_{j=1}^N TC_j$$

$$= h_0 * \frac{1}{2} [S_0 + (S_0 - \sum_{j=1}^N \lambda * L_0 * Q_j)^+] + \sum h_j * (\frac{1}{2} * Q_j + s_j - \mu_j * L_j) + \sum P * \int_{L_j}^{\infty} [Y_j(L_j) - s_j] f(Y_j(L_j)) dY_j(L_j).$$

(12)

به مجموعه راه حل‌های $(S_1, S_2, \dots, S_N, S_0)$ می‌رسیم که حداقل TC را می‌سازد.

راه حل مدل را می‌سازیم. می‌توانیم از روش ابتکاری استفاده کنیم و مقدار مجموعه ای از α را انتخاب کنیم، در مقایسه با مدیریت موجودی زنجیره تأمین واقعی، تا زمانی که نسبتاً راه حل بهینه‌ای است.

نتیجه گیری و پیشنهادها

با شروع از دلایل پدیده اثر شلاق چرمی، این مقاله روی تجزیه و تحلیل چگونگی کاهش اثر شلاق چرمی در شرایط مدیریت تأمین تأکید می‌کند. این متن مقاله از مک‌دونالد و شرکت تدارکات ش‌خص ثالث هاوایی به عنوان مثال استفاده می‌کند تا راه‌های شراکت آن‌ها را مورد بحث قرار دهد. فرض می‌شود که فروشگاه‌های خرده فروش مک‌دونالد به عنوان بخش پیشرو در فعالیت‌های تدارکات تأمین، محدودیت بالاتر و پایین‌تر راهبرد مدیریت موجودی را پذیرفته‌اند و موقعیت توزیع را بین شرکت هاوایی و فروشگاه‌های خرده فروش مک‌دونالد تقسیم کردند به مدل توزیع $N-1$ ، در نتیجه مدل سازی ریاضی ایجاد کردند تا به هدف پایین آوردن موجودی و بهبود خدمات دست یابند.

شرایط خاصی که موجودی مرکز توزیع $S-0$ کمتر از کل تعداد سفارش تمام فروشگاه‌های خرده فروش است در این مقاله در نظر گرفته نشده وقتی مدل توزیع $N-1$ کوچک می‌کنیم، که ارزش بیان و توسعه مدل را دارد. هر چه این مدل بیشتر با شرایط عملی پیوند داشته باشد نتایج شبیه سازی با داده‌ها بهتر است و هزینه‌های شرکت‌ها کمتر. به عبارت دیگر راه مؤثری برای شرکت‌هاست تا از طریق روش‌های کاهش گره زنجیره تأمین، خطی سازی انتقال اطلاعات و استفاده از سیستم مدیریت اطلاعات پیشرفته سودشان را افزایش دهند. در نتیجه تا حدی پدیده اثر شلاق چرمی را حذف کنند.

- H.F. Guo, X.Y. Huang, Impact of Vendor Managed Inventory on the Bullwhip Effect, *Control Engineering*, 1 (2007)111-114.
- R.Q. Chen, S.H. Ma, *Production and operations management*, third ed., Higher Education Press, Beijing, 2011 .
- L.B. Zhang, Y.Q. Han, J. Chen, System cost & bullwhip effect in quantity-based VMI consolidation replenishment system, *Computer Integrated Manufacturing System*, 2 (2007) 410-416.
- P. Xiao, An Inventory Model for Convenience Store in Two-stage Supply Chain with One-DC and N-Stores, Master Thesis of Tongji University, 2007 .
- L.Z. Huang, X. Li, Q.P. Wang, Optimization of the Order Policy in a Distribution Center of Super-Market System, *Tongji University (Natural Science)*, 34 (2006) 275-279.
- Y.G. Ma, Y.F. Huang, N.Q. Jiang, W.J. Cao, Bullwhip Effect Based on Retailers' and Customers' Forecasting Behaviors, *Systems Engineering*, 58 (2011) 14-20.