

# ارائه یک چارچوب مبتنی بر سیستم‌های چندعاملی

## برای هماهنگ‌سازی بلادرنگ در زنجیره تأمین

محمدجعفر تارخ<sup>۱\*</sup>، علی شمشادی<sup>۲</sup>، مهران طریحی<sup>۳</sup>

دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۲/۱

### چکیده

امروزه هر سازمانی و در هر ابعادی به مدیریت مؤثر زنجیره تأمین نیاز مبرم دارد. یکی از کلیدی‌ترین مسائل مطرح در سیستم مدیریت زنجیره تأمین، هماهنگ‌سازی فرآیندهای درون و بیرون سازمانی می‌باشد. ابزارهای مدرن هوش مصنوعی همچون سیستم‌های چندعاملی، این قابلیت را دارند که بر مبنای منطق و شعور تصمیم‌گیری عامل انسانی، به شکل روبات‌های نرم‌افزاری هوشمند و خودمختار، با تبعیت از مکانیزم تفکر و استدلال انسانی و بر مبنای دانش موجود و آنچه که در عمل از محیط پیرامون می‌آموزند، چرخه حیات یک سیستم را به دست گیرند و با تعامل و مذاکره، سیستم را به صورت بلادرنگ اداره نمایند. در این مقاله چارچوب مفهومی سیستم عملیاتی موردنظر با ارائه جزئیات و مراحل شبیه‌سازی و پیاده‌سازی یک سیستم چندعاملی هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین ارائه می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** مدیریت زنجیره تأمین، هماهنگ‌سازی بلادرنگ، عامل‌های هوشمند، فناوری اطلاعات، سیستم اطلاعاتی، هوش مصنوعی.

### ۱- مقدمه

هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین یکی از چالش‌های عمده در مدیریت زنجیره تأمین به‌شمار می‌رود. به‌طور حتم، هماهنگ‌سازی مؤثر فعالیت‌های زنجیره تأمین اهمیت بسیاری در موفقیت آن دارد و در صورت برخورداری از یک فرآیند هماهنگ‌سازی موفق، اعضای زنجیره تأمین می‌توانند به اهدافی دست یابند که به تنهایی نمی‌توانستند به آنها برسند [۱]. با شرایط امروز جهان و تغییرات سریعی که در محیط پیرامون رخ می‌دهد، توانایی شرکت‌ها و زنجیره‌های تأمین برای نشان دادن عکس‌العمل مناسب در سریع‌ترین زمان ممکن یک اصل مهم برای بقا و موفقیت آنان به‌شمار می‌رود و بدین ترتیب اهمیت هماهنگ‌سازی بلادرنگ زنجیره تأمین بیش از پیش مشخص می‌شود.

هماهنگ‌سازی بلادرنگ زنجیره تأمین به دلیل پیچیدگی خاص خود از زمینه‌هایی است که تاکنون کمتر سیستم اطلاعاتی توانسته است مسئولیت آن را به دوش گیرد؛ اما امروزه با پیشرفت سیستم‌های هوشمند و امکان استفاده از منابع اطلاعاتی به‌صورت برخط، فرصت مطلوبی به‌دست آمده است تا با استفاده از یک سیستم اطلاعاتی هوشمند و تحت وب برای هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین به این مهم دست یافت.

در بخش دوم این مقاله به بررسی ادبیات موضوع خواهیم پرداخت که در آن تئوری هماهنگ‌سازی، هماهنگ‌سازی بلادرنگ زنجیره تأمین، سیستم‌های هوشمند چندعاملی و در نهایت روش‌های ریاضیاتی پایه برای انتخاب تأمین‌کننده را مورد بررسی قرار خواهیم داد. در بخش سوم نیز به ارائه جزئیات فنی، طراحی نرم‌افزار، الگوریتم انتخاب بهترین تأمین‌کننده و همچنین نتایج حاصل خواهیم پرداخت. بخش چهارم نیز به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری اختصاص داده شده است.

### ۲- ادبیات موضوع

#### ۲-۱- تئوری هماهنگ‌سازی

هماهنگ‌سازی، مدیریت وابستگی میان فعالیت‌هاست [۲]. هدف هماهنگ‌سازی دسترسی به یک سری اهداف

\*۱- دانشیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی صنایع، نویسنده پاسخگو، پست الکترونیکی: mjtaro kh@kntu.ac.ir ، نشانی: تهران، میدان ونک، خیابان ملاصدرا، خیابان پردیس، پلاک ۴،

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی صنایع.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، پست الکترونیکی: ali.shemshadi@gmail.com

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، پست الکترونیکی: mtoreihi@gmail.com

پس از ارائه مکانیزم‌های هماهنگ‌سازی بهینه، [۷] چارچوبی را ارائه می‌کند که در آن مشخص می‌نماید که چگونه می‌توان وابستگی‌ها را دسته‌بندی نمود و کدام مکانیزم‌ها برای کدام دسته از وابستگی‌ها به کار گرفته می‌شوند.

در تئوری هماهنگ‌سازی جنبه پردازش اطلاعات سازمان‌ها به کار گرفته می‌شود. این دیدگاه سازمان‌ها را به صورت مجموعه‌ای از سیستم‌های اطلاعاتی و سیستم‌های تصمیم‌گیری که با عدم قطعیت سروکار دارند، مدل می‌کند. پردازش اطلاعات در سازمان‌ها مراحل جمع‌آوری داده، تبدیل داده به اطلاعات، ارتباطات و ذخیره و بازیابی داده‌ها را شامل می‌شود. [۸]

بر طبق نظر واکر (۱۹۹۸)، ویژگی‌های یک تئوری هماهنگ‌سازی قابل تعمیم عبارت از: یکتایی<sup>۱</sup>، ایجاز<sup>۲</sup>، سازگاری درونی<sup>۳</sup>، ریسک عملیاتی<sup>۴</sup> و چکیدگی<sup>۵</sup> می‌باشد. متأسفانه بسیاری از پژوهش‌های انجام گرفته در حوزه مدیریت عملیات با وجود اینکه به صورت وسیعی با مسائل هماهنگ‌سازی درگیر هستند، اما در این زمینه به صورت یک تئوری کاملاً توسعه یافته بهره نمی‌گیرند.

## ۲-۲- هماهنگ‌سازی بلادرنگ زنجیره تأمین

یک زنجیره تأمین از واحدهای به هم وابسته درون یک شرکت و خارج از مرزهای آن شرکت تشکیل می‌شود که ممکن است جزو اعضای بالادست<sup>۶</sup> یا پایین دست<sup>۷</sup> باشند [۹]. با توجه به مناسبات و وابستگی‌های موجود میان این واحدهای عملیاتی، هماهنگ‌سازی بلادرنگ زنجیره تأمین به صورت موبایل به‌عنوان یک پیش‌نیاز مهم برای زنجیره تأمین مطرح می‌شود تا هر یک از واحدهای زنجیره بتواند به اهداف مشترکی که به تنهایی از پس آنها بر نمی‌آید، برسد [۱۰].

ضرورت هماهنگ‌سازی بلادرنگ فعالیت‌ها میان واحدها زمانی بیشتر می‌شود که شرکت‌ها بر روی فعالیت‌های اصلی خود تمرکز کرده و بقیه نیازها را به صورت برون‌سپاری<sup>۸</sup> تأمین می‌کنند. در چنین حالتی موفقیت شرکت‌ها به

جمعی است که اعضای منفرد نمی‌توانند به آنها دست پیدا کنند. توانایی هماهنگ‌سازی توسط دو عامل مهم تحت تأثیر قرار می‌گیرند [۳]:

### • اشتراک اطلاعات

#### • اختصاص توانایی تصمیم‌گیری به اعضای کانال

در ادبیات موضوع به دو دیدگاه عمده برای دستیابی به هماهنگی اشاره شده است [۴، ۵]:

۱- اولین دیدگاه این است که توانایی تصمیم‌گیری به یک عضو خاص محدود شده و بقیه اعضا از وی تبعیت کنند.

۲- دومین دیدگاه این است که توانایی تصمیم‌گیری، میان اعضای مختلف کانال تقسیم شده (تصمیم‌گیری غیرمتمرکز) و از مکانیزم‌های هماهنگ‌سازی بهره گرفته شود.

دامنه این تصمیمات بسیار گسترده بوده و از مسائل تکراری و مشخصی که می‌توانند توسط برنامه‌های از پیش تعیین شده رفع شوند تا موقعیت‌های استراتژیک جدید و پیش‌بینی نشده‌ای که برای آنها برنامه‌ریزی نشده است را در بر می‌گیرد.

وابستگی میان فعالیت‌ها پیش‌نیاز هماهنگ‌سازی به شمار می‌رود و در صورتی که وابستگی وجود نداشته باشد، هماهنگ‌سازی معنایی نخواهد داشت. فعالیت‌ها ممکن است سازمان‌ها، منابع انسانی، زیستی یا سیستم‌های دیگر را در بر گیرد [۶].

مکانیزم‌های هماهنگ‌سازی روش‌هایی هستند که برای مدیریت وابستگی‌های موجود میان فعالیت‌ها به کار گرفته می‌شوند. این مکانیزم‌ها ابزارهای کارایی را برای مدیریت روابط و برهمکنش‌های میان افراد، فرآیندها و اعضا را در اختیار ما قرار می‌دهد. یک مکانیزم هماهنگ‌سازی از دو قسمت اصلی تشکیل شده است:

۱- ساختار اطلاعات که مشخص می‌کند چه کسی چه اطلاعاتی را از محیط کسب کرده و این اطلاعات چگونه پردازش شده و چگونه میان اعضای که در آن مکانیزم شرکت کرده اند منتشر می‌شود.

۲- فرآیند تصمیم‌گیری که کمک می‌کند تا درست‌ترین راه انتخاب و اجرا شود.

تئوری هماهنگ‌سازی ایده‌های مختلفی را از علوم کامپیوتر، تئوری سازمان‌ها، بهینه‌سازی و اقتصاد را بسط داده و از آنها بهره می‌گیرد. به همین دلیل تئوری هماهنگ‌سازی روش‌های ساخت یافته نوینی را ارائه می‌کند که می‌توانند در کاربردهای مختلف به کار گرفته شوند.

- 1- Uniqueness
- 2- Parsimony
- 3- Internal Consistency
- 4- Empirical Risk
- 5- Abstraction
- 6- Upstream
- 7- Downstream
- 8- Outsource

توانایی آنها در هماهنگ‌سازی فعالیت‌های درونی و بیرونی زنجیره ارزش خود به صورت بلادرنگ بستگی خواهد داشت [۱۱]. هماهنگ‌سازی کارا و مؤثر فعالیت‌های زنجیره تأمین شرکت‌ها نقشی ویژه و کلیدی در توانایی آنها برای انعطاف‌پذیری، سرعت در تصمیم‌گیری و کاهش هزینه‌ها در فضای رقابتی شدید موجود در جهان امروز ایفا می‌کند [۱۲].

صنایع و شرکت‌های تجاری مختلف در حال حاضر در تلاش و رقابت برای ایجاد و پیاده‌سازی تکنیک‌هایی هستند که زمان تلف شده و هزینه را در زنجیره تأمین خود کاهش دهند در حالی که بتوانند بازده و کارایی خود را همچنان حفظ کنند و همه فعالیت‌ها را به صورت موبایل و بی‌سیم انجام دهند. با در نظر گرفتن این مسئله در می‌یابیم که یکی از ابتدایی‌ترین زمینه‌های مورد توجه حرکت به سمت استفاده از تکنولوژی‌های تقویت‌کننده فرآیندهای مبتنی بر همکاری است که با تقویت پلتفرم اینترنت برای تمامی واحدهای تشکیل‌دهنده زنجیره تأمین امکان شرکت در فعالیت‌ها را فراهم می‌آورند. در هر حال راه‌حل‌های ارائه شده برای این مسئله از ابتدا تاکنون بیشتر مبتنی بر سیستم‌های Desktop و ثابت بوده است. همکاری ایجاد شده از این طریق به کارکنان و امکانات مستقر در مکان ثابت نیاز دارد که جای خود را تغییر نمی‌دهند [۱۳]. در این میان پیاده‌سازی سیستم‌های اطلاعاتی هماهنگ‌کننده فعالیت‌های زنجیره تأمین به صورت بلادرنگ نیز خود دارای محدودیت‌های مهمی به لحاظ متدولوژی، معماری و تکنولوژیک می‌باشد [۱۴].

بدین ترتیب ارزش ارائه امکان برقراری ارتباطات موبایل در هماهنگ‌سازی بلادرنگ زنجیره تأمین روشن‌تر می‌شود. هماهنگ‌سازی بلادرنگ زنجیره تأمین به صورت موبایل در واقع زمینه نوظهوری در پژوهش و فناوری محسوب می‌شود که می‌تواند توسط کارخانجات تولیدی، فراهم‌آوردگان مطالب موضوعی و جوامع آکادمیک به کار گرفته شود. پروسه هماهنگ‌سازی بلادرنگ زنجیره تأمین به صورت موبایل در واقع به دنبال ایجاد یک ساختار و معماری یکپارچه برای اعضای زنجیره تأمین با استفاده از وسایل ارتباطی موبایل است. چنین سیستمی از مدیریت همیاری در میان اعضا (که یک واسط انسانی سازگار است) و ارائه محتوی به صورت مفهومی، پشتیبانی می‌کند.

۲-۳- سیستم‌های هوشمند چند عاملی و وب هوشمند بی‌سیم با پیشرفت تکنولوژی‌های محاسباتی، سیستم‌های هوشمند چند عاملی به‌عنوان شیوه‌ای نوین برای ایجاد سیستم‌های نرم‌افزاری اطلاعاتی پس از دیدگاه شئی‌گرا مطرح شدند. عوامل هوشمند در این سیستم‌ها به‌عنوان سنگ بنای سیستم چند عاملی<sup>۱</sup> به‌شمار می‌روند. عامل هوشمند در واقع به یک روبات کوچک نرم‌افزاری خودکار و با رفتار منطقی اطلاق می‌شود که از طریق حسگرهای خود تغییرات در محیط را دریافت و بوسیله رفتارها و افکتورها<sup>۲</sup> واکنشی منطقی را از خود بروز می‌دهند [۱۵].

یکی از ویژگی‌های مهم سیستم‌های چند عاملی، توانایی عوامل هوشمند برای برقراری ارتباط با یکدیگر است که بدین‌وسیله این عوامل به یکدیگر در ایجاد درک بهتر از فضای اطراف کمک می‌کنند [۱۶]. در حال حاضر برای ارتباطات میان عامل‌ها استانداردهای مختلفی وجود دارد [۱۷].

با توسعه کاربرد سیستم‌های هوشمند چند عاملی به ویژه در زمینه‌های مالی و تجارت الکترونیک استانداردهایی برای این سیستم‌های مطرح و تصویب شد که از آن جمله می‌توان به استانداردهای معتبر فیپا<sup>۳</sup> اشاره نمود.

وب هوشمند بی‌سیم را می‌توان به صورت شبکه‌ای که در هر مکان و هر زمان دسترسی به منابع اطلاعاتی را با استفاده از واسط کاربر کارا و نرم‌افزارهایی که قابلیت یادگیری دارند تعریف نمود، بنابراین سرویس‌های مفید و مکفی را در هر زمان و مکانی که به آنها نیاز است فراهم می‌سازد [۱۸]. زیرساخت مبتنی بر Desktop، تکنولوژی‌های بی‌سیم با پهنای باند بالا، هوش معنایی، خدمات وب و عوامل هوشمند بنیاد اصلی وب هوشمند بی‌سیم را فراهم می‌سازند. [۱۴]

توسعه وب هوشمند بی‌سیم به توسعه و هماهنگی پنج دسته از تکنولوژی‌ها نیازمند است که شامل موارد زیر می‌باشد [۱۹]:

- ۱- واسط کاربر<sup>۴</sup>: از mose گرفته تا گفتار<sup>۵</sup>
- ۲- فضای شخصی: از وسایل کابلی گرفته تا ابزارهای بی‌سیم با قابلیت‌های چندگانه
- ۳- شبکه‌ها: از شبکه‌های کابلی گرفته تا زیرساخت یکپارچه

1- Multi Agent Systems  
2- Effectors  
3- Foundation for Intelligent Physical Agents  
4- User Interface  
5- Speech

- آنالیز طیف بینایی
- مدل سازی زبانی
- اقتصاد

شانون مقیاس  $H$  را برای تعریف آنتروپی بر اساس  $p_i$  که برای تمام مقادیر آن در سه شرط زیر صدق می‌کند تعریف نمود:

۱-  $H$  یک تابع مثبت پیوسته باشد.

۲- اگر تمامی مقادیر  $p_i$  باهم برابر باشند آنگاه  $H$  یک تابع صعودی اکید باشد.

۳- برای تمامی مقادیر  $n$  بزرگتر یا مساوی ۲.

$$H(p_1, p_2, \dots, p_n) = H(p_1 + p_2, p_3, \dots, p_n) + (p_1 + p_2)H\left(\frac{p_1}{p_1+p_2}, \frac{p_2}{p_1+p_2}\right) \quad (2)$$

شانون ثابت کرد که تنها تابعی که در سه شرط فوق صدق می‌کند، تابع زیر است:

$$H_{Shannon} = -\sum_i p_i \log(p_i) \quad (3)$$

به همین ترتیب می‌توان از مفهوم آنتروپی شانون برای وزن‌دهی در گام‌های زیر بهره گرفت:

گام ۱: نرمالیزه کردن اندیس سنجش به صورت

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_j x_{ij}} \quad (4)$$

گام ۲: محاسبه مقیاس آنتروپی برای هر کدام از اندیس‌ها به صورت

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (5)$$

گام ۳: محاسبه دیورژانس که نسبت مستقیمی با اهمیت شاخص دارد.

$$\text{div}_j = 1 - e_j \quad (6)$$

گام ۴: بدست آوردن وزن‌های نرمالیزه شده با استفاده از رابطه زیر:

$$w_j = \frac{\text{div}_j}{\sum_j \text{div}_j} \quad (7)$$

### ۳- پیاده‌سازی

در این بخش به جزئیات پیاده‌سازی سیستم اشاره خواهیم نمود.

#### ۳-۱- معماری سیستم

برای ترسیم کارکرد عملیاتی فرآیند هماهنگ‌سازی بلادرنگ زنجیره تأمین در این نرم‌افزار به ترسیم یک

- ۴- پروتکل‌ها: از پروتکل اینترنت (IP) گرفته تا موبایل IP
- ۵- معماری وب: از معماری HTML/XML گرفته تا وب معنایی

#### ۲-۴- متدهای ریاضیاتی پایه

در این بخش به صورت مختصر به مرور الگوریتم‌ها و روش‌های ریاضیاتی پایه برای ارائه الگوریتم پیشنهادی در نرم‌افزار پیاده‌سازی شده، می‌پردازیم.

#### ۲-۴-۱- الگوریتم وایکور<sup>۱</sup>

روش وایکور<sup>۲</sup> یکی از جدیدترین مدل‌های تصمیم‌گیری ارائه شده در این زمینه است که در سال ۱۹۹۸ توسط پروفسور آپریکویک<sup>۳</sup> ارائه شد. در سال ۲۰۰۴ کارایی و توانایی این روش با روش‌های پیشین در مقاله‌ای توسط این دانشمند مقایسه شد که در نتیجه آن توانایی این روش در مقایسه با روش تاپسیس<sup>۴</sup> در ارائه بهترین جواب مصالح‌های به اثبات رسید [۲۰]. بدین ترتیب می‌توان ادعا نمود که امروزه روش وایکور یکی از بهترین و کامل‌ترین الگوریتم‌های تصمیم‌گیری کمی به شمار می‌رود. این الگوریتم ۷ مرحله‌ای در واقع از یک متریک  $L_{p,j}$  که نشان‌دهنده فاصله گزینه  $A_j$  از وضعیت مطلوب است بهره می‌گیرد. هر کدام از  $J$  گزینه (که توسط  $A_1, \dots, A_r$  نمایش داده می‌شود) در برابر  $i$  امین معیار (که توسط  $C_i$  نمایش داده می‌شود) سنجیده شده و خواهیم داشت:

$$L_{p,j} = \left\{ \sum_{i=1}^n [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)]^p \right\}^{1/p} \quad (1)$$

$1 \leq p \leq \infty; j = 1, 2, \dots, J$

در وایکور زمانی که  $p$  برابر ۱ است این متریک برابر  $S_j$  و زمانی که  $p$  بی نهایت است این متریک برابر  $R_j$  خواهد بود.

#### ۲-۴-۲- آنتروپی شانون<sup>۵</sup>

شانون در مفهوم آنتروپی را که به معنای مقیاس عدم اطمینان که به صورت عبارتهای آماری فرموله شده بود، معرفی کرد. پس از توسعه این مفهوم جدید، دانشمندان از آن در زمینه‌های متنوعی بهره بردند که از میان آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۲۱]:

- 1- VIKOR Algorithm
- 2- VIKOR Method
- 3- Opricovic
- 4- Topsis
- 5- Shannon Entropy

سناریوی عملیاتی که در اینجا در شکل (۱) به تصویر کشیده شده است، پرداخته می‌شود. این سناریو یک نمونه را در نظر می‌گیرد که در آن یک عضو زنجیره تأمین (که در اینجا یک کارگر با دسترسی به یک وسیله ارتباطی موبایل است) یک عملیات سفارش خرید برای یک سازه استاندارد و از پیش تعریف شده را انجام می‌دهد.

شرح مراحل نشان داده شده در شکل (۱) به صورت زیر است:

۱- کارگر با استفاده از دستگاه موبایل خود و از یک اتصال بی‌سیم باند پهن، ابتدا به سیستم خرید شرکت متصل شده و به عامل هوشمند خود دستور می‌دهد که به دنبال یک پنجره‌ساز قابل قبول بگردد. پس از این مرحله کارگر می‌تواند اتصال خود را با شبکه قطع کند. در این سناریو دستگاه موبایل نیازی ندارد که امکانات و کارایی زیادی داشته باشد و آن به این دلیل است که پردازش منطقی و داده‌ای روی شبکه کابلی<sup>۱</sup> انجام می‌گیرد، تمام بار کار بر دوش عامل خرید مستقر بر روی شبکه کابلی خواهد بود.

۲- یک عامل معنایی مبتنی بر وب نقش عامل خرید کارگر را در یک زیرساخت شبکه ثابت بازی می‌کند. این عوامل هوشمند بوده و توانایی این را دارند تا به جای کاربر تصمیم‌گیری نمایند.

۳- عامل خرید داده‌ها و اطلاعات درباره تأمین‌کننده‌ها با استفاده از یک دفتر ثبت<sup>۲</sup> شناخته شده که لیستی از تأمین‌کننده‌های قابل اعتماد است، بدست می‌آورد. در این مسئله پیشنهاد می‌شود که دفتر ثبت بر اساس تکنولوژی‌های معنایی پایه‌گذاری شده باشد که به تأمین‌کننده‌ها این امکان را می‌دهد که داده‌ها درباره محصولات و خدمات آنها به یک آنتولوژی<sup>۳</sup> مشترک نگاشت کنند. این آنتولوژی‌ها معنای کلمات و اصطلاحات و قوانینی که در این بازار استفاده می‌شود را تعریف می‌کنند. پس از عملیات نگاشت داده‌ها در دفتر ثبت، ثبت می‌شود. پیاده‌سازی این آنتولوژی مشترک در این سناریو بسیار اهمیت دارد زیرا پس از این تمام عملیات خرید و فروش و درک عوامل از معنای و وضعیت‌ها بر پایه این آنتولوژی استوار است و از آن بهره می‌گیرد [۲۴، ۲۵].

۴- لیستی از تأمین‌کننده‌هایی که به صورت بالقوه ممکن است کالا یا خدمات مورد نظر را دارا باشند به عامل خرید

داده می‌شود که با استفاده از اطلاعات روی دستگاه موبایل کارگر آن را شخصی‌سازی<sup>۴</sup> می‌کند (زبان، نوع دستگاه، مکان، سطح جزئیات و دیگر موارد). این انتقال اطلاعات میان عوامل با استفاده از تکنولوژی‌های وب معنایی که یک چارچوب برای پردازش‌های معمول که تعدادی عامل را شامل می‌شوند، به گونه‌ای که با انتقال داده‌ها از یک عامل به عامل دیگر اطلاعات اضافه شده و در پایان یک محصول کامل ایجاد شود، فراهم می‌سازد.

۵- در این سناریو کارگر موبایل تصمیم می‌گیرد که سه درخواست را برای تأمین‌کننده‌های تایید شده بفرستد تا جزئیات خصوصیات محصولات آنها را دریافت کند. داده‌ها میان نرم‌افزار خرید شرکت و تأمین‌کننده‌ها با استفاده از یک آنتولوژی مشترک رد و بدل می‌شود.

۶- تأمین‌کننده‌ها به صورت جداگانه هر کدام خصوصیات محصولات خود را ارسال می‌کنند. این ارتباط ممکن است به صورت همزمان یا غیر همزمان انجام گیرد. در هر حال، در مورد هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین به صورت بلادرنگ سیستم‌ها بر اساس ارتباطات همزمان پایه‌گذاری می‌شوند. در غیر این صورت نمی‌توان نام بلادرنگ را بر روی آن گذاشت.

۷- کارگر موبایل پیشنهادات رسیده از تأمین‌کننده‌ها را بررسی کرده و بهترین پیشنهاد را انتخاب کرده و یک سفارش خرید در سیستم ایجاد می‌شود.

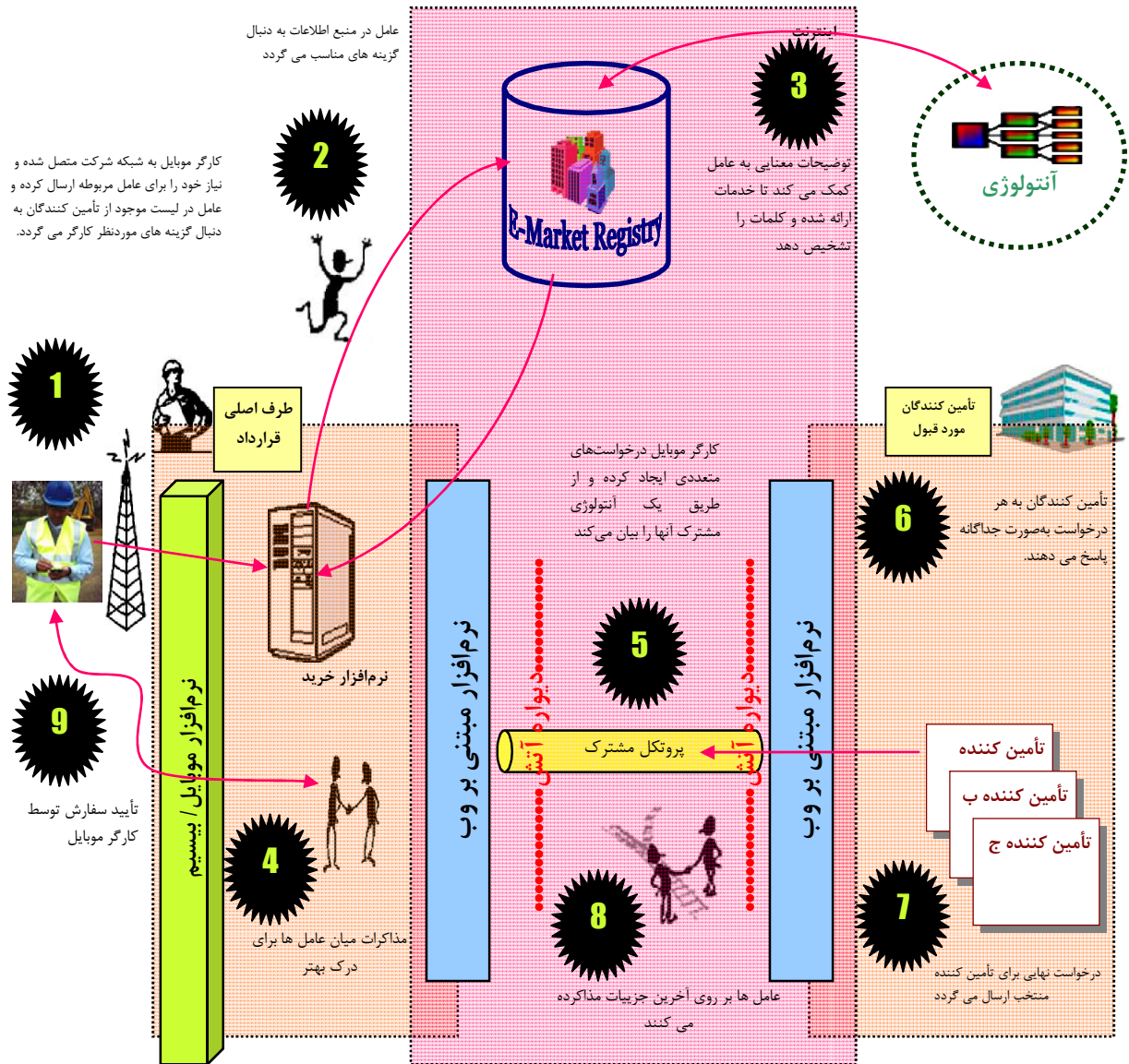
۸- عامل خرید کارگر و عامل فروش تأمین‌کننده با یکدیگر بر اساس یک آنتولوژی مشترک اقدام به مذاکره می‌کنند و درباره پرداخت هزینه برای کالا یا خدمات خریداری شده و دیگر جزئیات قرارداد مذاکره می‌کنند. زیرساخت‌هایی معنایی ایجاد شده به عوامل امکان انجام این مذاکرات بین عوامل خرید کارگر و فروش تأمین‌کننده را به صورت هوشمند فراهم می‌سازد.

۹- یک تأییدیه سفارش برای خریدار همراه با اطلاعات انتقال فرستاده می‌شود. یک عامل نظارت‌کننده سفارش را نظارت می‌کند و مطمئن می‌شود که موارد خریداری شده صحیح و سالم و سر وقت به مقصد می‌رسد. گزارش هر اتفاق قابل توجهی نیز در این برای مدیر پروژه فرستاده می‌شود.

شکل (۲) فرآیند مذاکره میان عوامل تشکیل‌دهنده سیستم را در سناریوی مطرح شده شکل (۱) نشان می‌دهد.

1- Wired  
2- Market Registry  
3- Ontology

4- Personalize



شکل (۱): سناریوی هماهنگ‌سازی بلادرنگ زنجیره تأمین با استفاده از سیستم هوشمند چند عاملی

عامل فروش (که در اینجا به صورت یک جدول هشت<sup>۲</sup> ساده پیاده‌سازی شده) امکان ایجاد و ارسال یک پیام برای عامل تأمین‌کننده وجود دارد. این پیام به زبان اس ال صفر<sup>۳</sup> و حاوی نام، شناسه و دیگر خصوصیات آیتم موردنظر می‌باشد. (در نمونه مرد بررسی ما تنها از نام و قیمت استفاده شده است.)

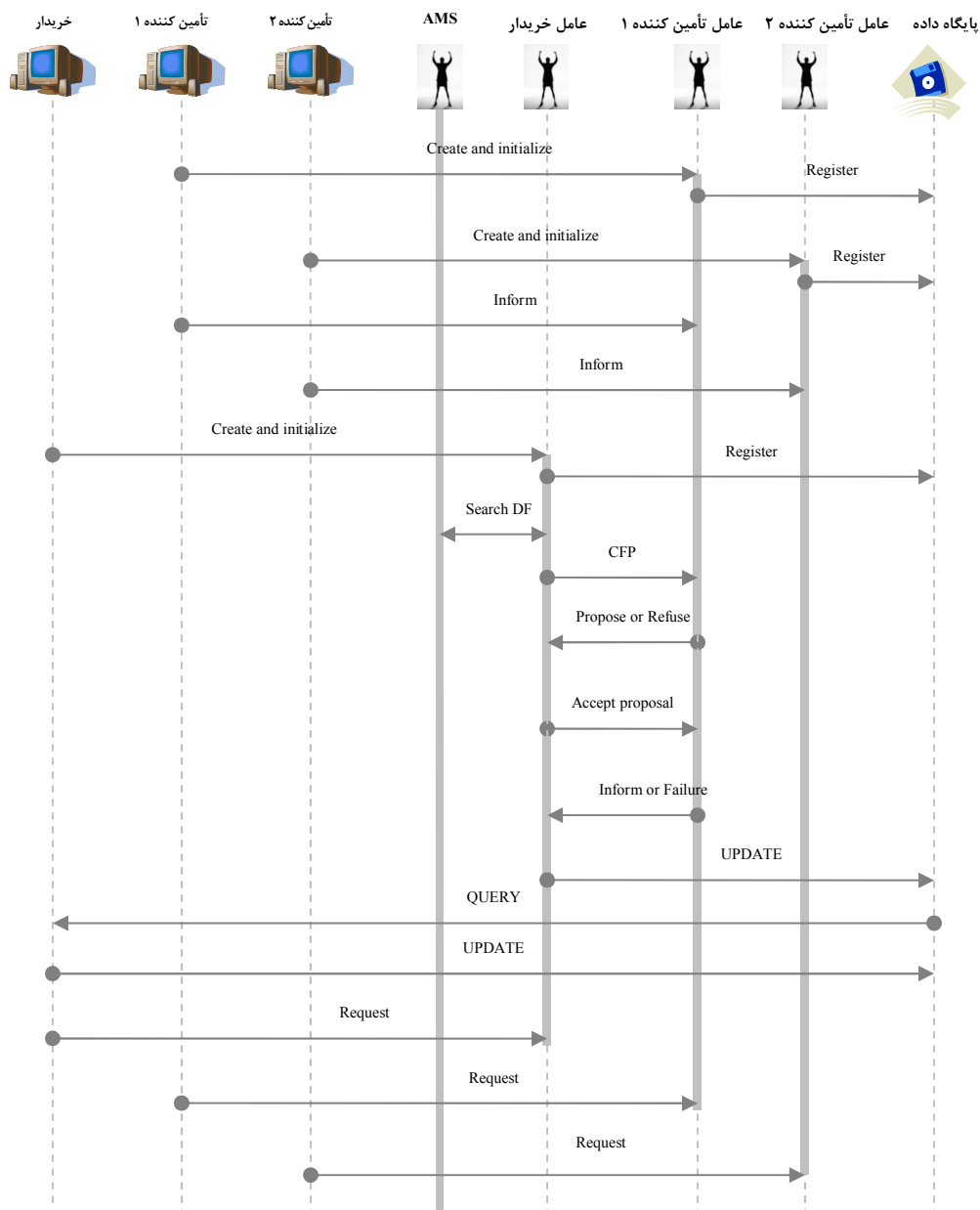
۴- جست و جو به دنبال تأمین‌کننده‌های مناسب: عامل تأمین‌شونده در دی اف سرویس<sup>۴</sup> به دنبال تأمین‌کننده‌هایی می‌گردد که طبق انتولوژی موجود آیتم موردنظر خریدار را

مراحل نشان داده در شکل (۲) عبارتند از:

- ۱- راه‌اندازی سیستم: سیستم چند عاملی در ابتدا راه‌اندازی شده و عامل ای ام اس<sup>۱</sup> فعال می‌شود.
- ۲- ایجاد عوامل: در هر زمانی که یک کاربر وارد سیستم می‌شود، بسته به نوع کاربر یک عامل هوشمند از کلاس مرتبط برای وی راه‌اندازی می‌گردد. این عامل با ورودی‌هایی که کاربر در ابتدا وارد کرده است مقداردهی اولیه شده و فعال می‌شود. پس از مقداردهی اولیه و شروع فعالیت، عامل خصوصیات خود را در پایگاه داده سیستم ذخیره می‌کند.
- ۳- اضافه نمودن آیتم‌های جدید: برای اضافه نمودن آیتم‌های جدید به جدول آیتم‌های در دسترس

2- Hash table  
3- SL-0  
4- DF Service

1- AMS



شکل (۲): فرآیند مذاکره میان عوامل هوشمند

فیلد پرفورمیتیو<sup>۳</sup> آن را برابر سی اف پی<sup>۴</sup> قرار داده و آن را برای لیست عواملی که در مرحله قبل جمع کرده می‌فرستد. ۶- ارائه خصوصیات محصول: پس از دریافت تقاضا برای پروپوزال توسط عامل تأمین‌کننده مربوطه، در صورتی که آیتم درخواستی موجود باشد. عامل تأمین‌کننده در لیست آیتم خود به دنبال آن محصول گشته و خصوصیات آن را استخراج کرده و در قالب یک پیام ای سی ال با زبان اس ال صفر قرار داده و برای فرستنده تقاضا برای پروپوزال ارسال می‌کند. در

دارا هستند. اگر انتزاع سرویس<sup>۱</sup> مناسبی برای آیتم موردنظر پیدا نشد، عامل عامل تأمین شونده پیام تقاضا برای پروپوزال<sup>۲</sup> را برای تمامی عوامل موجود در سیستم چند عاملی ارسال خواهد نمود. عامل تأمین شونده این گام را به صورت مکرر و در فواصل زمانی ثابت تکرار می‌کند تا زمانی که اولین عامل تأمین‌کننده به وی پاسخ دهد. ۵- ارسال تقاضا برای پروپوزال: در این مرحله در نرم‌افزار، عامل عامل تأمین شونده یک پیام را ایجاد می‌کند و

3- Performative  
4- CFP

1- Service Abstraction  
2- Request For Proposal

### ۳-۲- هزینه اجرای فرآیند

با فرض نمادهای زیر برای مقادیر مشخص:

$C_s$ : هزینه ایجاد یک عامل جدید

$C_d$ : هزینه دسترسی به پایگاه داده توسط عوامل

$C_m$ : هزینه انتقال یک پیام

$C_t$ : هزینه پایان بخشی به کار یک عامل

فرض کنیم که  $P$  نمایانگر عامل تأمین‌شونده بوده و  $S$  نمایانگر عامل تأمین‌کننده باشد که باید اجرا شوند و عامل تأمین‌شونده  $i$  ام به دنبال  $N_i$  آیت می‌گردد در حالی که آیت  $j$  توسط  $S_j \leq S$  فراهم می‌گردد. بنابراین هزینه اجرای عامل  $i$  برابر خواهد بود با:

$$C_i = c_s + c_d + 2c_m + N_i \times \left( \sum_{k=1}^{S_j} (2c_m) + 3c_m \right) + c_d + c_t \quad (8)$$

$$= c_s + 2c_d + 2c_m + c_t + N_i \times \left( \sum_{k=1}^{S_j} (2c_m) + 3c_m \right)$$

به دلیل اینکه در نمونه‌های کاربردی عامل تأمین‌کننده‌ها به ندرت از میان می‌روند، می‌توان از هزینه آن چشم‌پوشی کرد و بنابراین هزینه اجرای کل سیستم برابر خواهد بود با:

$$C = \sum_{i=1}^P C_i = \sum_{i=1}^P \left[ c_s + 2c_d + 2c_m + c_t + N_i \times \left( \sum_{k=1}^{S_j} (2c_m) + 3c_m \right) \right] \quad (9)$$

$$= P \times (c_s + 2c_d + 2c_m + c_t) + \sum_{i=1}^P \left[ N_i \times \left( \sum_{k=1}^{S_j} (2c_m) + 3c_m \right) \right]$$

### ۳-۳- ویژگی‌های فنی

#### ۳-۳-۱- تکنولوژی‌های به کار گرفته شده

برای پیاده‌سازی نرم‌افزار اس دلبیو ای اس اس تکنولوژی‌های زیر به کار گرفته و باهم هماهنگ شدند:

جاوا ۱.۵<sup>۳</sup>، سیستم توسعه عوالم تحت جاوا<sup>۴</sup>، اس کیوال سرور ۵۲۰۰۸<sup>۵</sup>، آژاکس<sup>۶</sup>، مای اکلپس<sup>۷</sup>، آپاچی تامکت<sup>۸</sup> و پروتیژ<sup>۹</sup>. در شکل‌های (۳) و (۴) واسط‌های کاربر در اس دلبیو ای اس اس<sup>۱۰</sup> نمایش داده شده‌اند.

صورتی که آیت مورد نظر در لیست موجود نباشد یک پیام رد<sup>۱</sup> برای عامل تأمین‌شونده، فرستاده می‌شود.

**۷- انتخاب بهترین آیت:** پس از دریافت پروپوزال‌ها توسط عامل تأمین‌شونده، پیشنهادات با یکدیگر مقایسه شده و با توجه به تحلیل‌های انجام شده (که در اینجا کم‌ترین قیمت بهترین انتخاب است) یکی از آنها انتخاب می‌گردد. برای پیاده‌سازی این گام دو روش را می‌توان مطرح نمود:

(الف) عامل تأمین‌شونده منتظر تایید کاربر بماند؛ یا اینکه:  
(ب) پروپوزال انتخاب شده، پذیرفته شده، تراکنش انجام شده در پایگاه داده سیستم ذخیره شده و تایید آن توسط کاربر بعداً انجام شود. بدین‌وسیله امکان رزرو کردن در سیستم بوجود خواهد آمد.

**۸- خاتمه عملیات:** پس از دریافت پیام پذیرش پروپوزال، عامل تأمین‌کننده دوباره در لیست آیت‌های خود به دنبال آیت موردنظر می‌گردد. در صورتی که آیت موردنظر در لیست آیت‌های موجود بود آن را از لیست آیت‌های خود کم می‌کند و یک پیام اخباری<sup>۲</sup> را برای عامل خریدار می‌فرستد. در غیر این صورت عامل تأمین‌کننده به این نتیجه می‌رسد که جنس موردنظر به شخص دیگری فروخته شده و یک پیام خطا را برای عامل تأمین‌شونده می‌فرستد.

**۹- ذخیره تراکنش در پایگاه داده:** پس از دریافت پیام اخباری توسط عامل تأمین‌شونده، مشخصات تراکنش انجام شده در پایگاه داده سیستم ذخیره می‌شود.

**۱۰- گرفتن نتایج تراکنش‌ها:** بدین منظور با استفاده از تکنولوژی آژاکس زمانی که یک عامل تأمین‌شونده عملیات را در پایگاه داده سیستم ثبت کرد، صفحه کاربران سیستم بازنمایش شده و نتایج عملیات انجام شده را در جدولی برای کاربران نمایش خواهد داد.

**۱۱- نمایش فروش‌ها انجام شده:** به صورت مشابه برای خریدار، عملیات فروش انجام شده برای تأمین‌کننده نیز با انجام یک جستجوی ساده در پایگاه داده سیستم نمایش داده می‌شود.

**۱۲- از بین بردن عوامل:** برای از بین بردن عوامل در حال اجرا در سیستم یک پیام درخواست برای آنها فرستاده خواهد شد. پس از دریافت این پیام، عوامل خودشان را از میان می‌برند و بدین‌وسیله در منابع سیستم صرفه‌جویی می‌شود.

- 3- Java 1.5
- 4- Java Agent Development Framework 3.7
- 5 -SQL Server 2008
- 6 -AJAX
- 7 -MyEclipse
- 8 -Apache Tomcat
- 9 -Protégé
- 10 - SWESS

- 1- Refuse
- 2- Inform

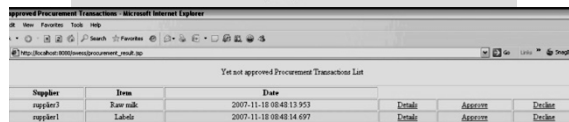
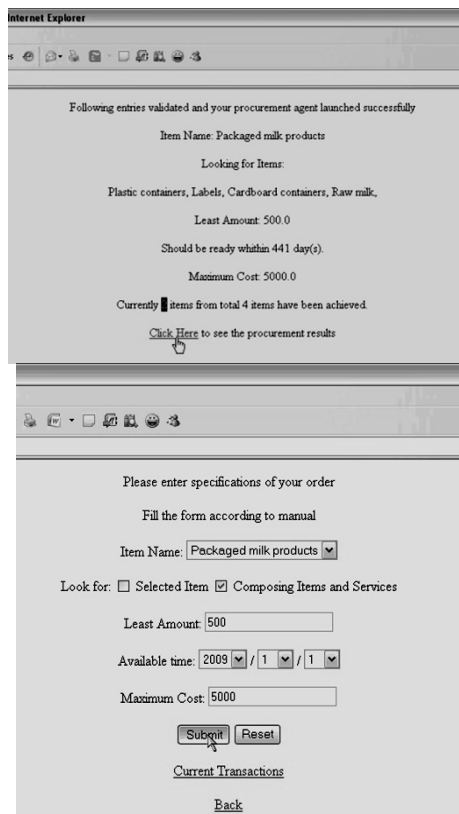
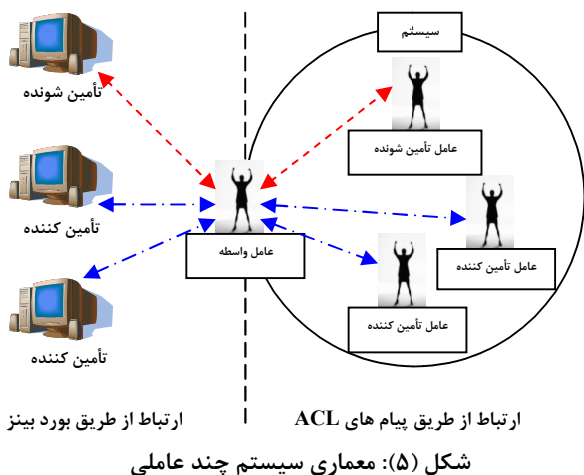


### ۳-۳-۲- معماری سیستم هوشمند چند عاملی

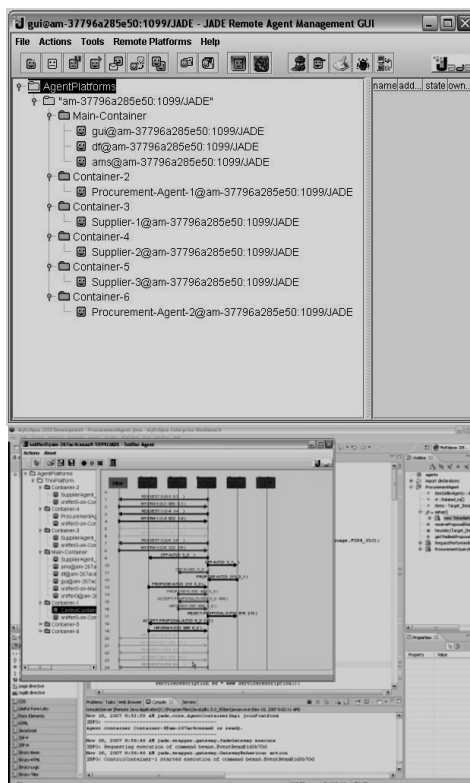
در پیاده‌سازی سیستم هوشمند چند عاملی به کار گرفته شده در نرم‌افزار اس دلبیو ای اس اس چهار دسته (کلاس) از عوامل هوشمند در سیستم تعریف شد که در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول (۱): کلاس‌های تعریف شده برای عوامل فعال

توضیحات	کلاس
عوامل تعریف شده در این کلاس مسئولیت انجام مذاکرات با تأمین‌کننده‌ها را بر عهده دارند. بر اساس مذاکرات انجام شده میان آنها و تأمین‌کننده‌ها و بر اساس فاکتورهای انتخاب ارائه شده آنالیزهای لازم را با استفاده از یک تابع هیوریستیک انجام داده و بهترین گزینه را انتخاب می‌کنند.	عامل خرید
عوامل تعریف شده در این کلاس مسئولیت انجام مذاکرات برای خرید و فروش با عامل خرید را بر عهده دارند. انجام این مذاکرات همان‌گونه که در بخش ارائه سناریوی پیاده‌سازی عنوان شد بر اساس یک آنتولوژی <sup>۲</sup> مشترک صورت می‌گیرد. برای صرفه‌جویی در منابع، در نرم‌افزار اس دلبیو ای اس اس پس از دریافت هر پیام، عامل خرید خود را بلوکه می‌کند تا زمانی که پیام بعدی دریافت شود.	عامل تأمین‌کننده
پس از انجام مذاکرات و بسته شدن قرار داد، بر اساس چارچوب ارائه شده در بخش پیشین، یک عامل از این کلاس ایجاد شده و به نظارت بر انجام مراحل تا دریافت سفارش توسط مشتری می‌پردازد.	عامل نظارت
همانطور که در شکل (۵) نشان داده شده است، از این کلاس تنها یک عامل در سیستم به‌صورت سینگلتون <sup>۳</sup> ایجاد می‌شود که وظیفه آن برقراری ارتباط میان کاربر و عامل‌های هوشمند می‌باشد.	عامل واسطه



شکل (۳): چند نما از واسط کاربر نرم‌افزار



شکل (۴): واسط آرم ای<sup>۱</sup> نرم‌افزار در حال اجرا

2- Ontology  
3- Singleton

1- RMA

با نگاهی به منابع موجود در می‌یابیم که روش‌های تصمیم‌گیری کمی به دو صورت عمده به کار گرفته شده‌اند: الف- ساده: که عبارت است از به کار گرفتن هر الگوریتم تصمیم‌گیری بدون ترکیب آن با الگوریتم‌های دیگر تصمیم‌گیری. در این روش‌ها سعی بر آن است تا با به کارگیری روش‌های محاسباتی و تجزیه و تحلیل داده‌ها، توانایی و دقت تصمیم‌گیری را در روش‌های پیشین ارتقا بخشید. از جمله این روش‌ها می‌توان به فرآیند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۷</sup>، فرآیند تحلیل شبکه<sup>۸</sup>، تاپسیس<sup>۹</sup>، گسترش کارکرد کیفیت<sup>۱۰</sup> و دیگر روش‌های موجود اشاره نمود.

ب- مرکب: که عبارت است از به کارگیری یک روش ترکیبی متشکل از الگوریتم‌های مختلف تصمیم‌گیری کمی که در آن سعی می‌شود روش ارائه شده از تمام قابلیت‌های موجود در الگوریتم‌های تشکیل دهنده آن برخوردار باشد. بدین‌سان روز به روز بر پیچیدگی و توانایی‌های الگوریتم‌های تصمیم‌گیری افزوده خواهد شد، اما باید توجه داشت که پیشرفت‌های صورت گرفته در این حوزه تا حد زیادی به پیشرفت روش‌های تصمیم‌گیری ساده متکی است.

با گسترش الگوریتم وایکور توسط به کارگیری منطق فازی و آنتروپی شانون یک الگوریتم یازده مرحله‌ای توسعه داده شد که نه تنها از دقت و انعطاف‌پذیری وایکور برخوردار است، بلکه توانایی پشتیبانی از منطق فازی و عبارات محاوره‌ای و همچنین ترمیم و تصحیح نظرات گروه تصمیم‌گیرنده و وزن‌های اختصاص داده شده در زمانی که گروه از اطلاعات کافی و مطمئن برخوردار نیست را داراست. همچنین الگوریتم می‌تواند در صورت نیاز نظرات کاربر نهایی را در فرآیند تصمیم‌گیری دخیل کند که ویژگی ارزشمندی محسوب می‌گردد. نتایج این فعالیت‌های پژوهشی در قالب یک مقاله علمی ارائه شده است.

در اینجا به توضیح گام‌های الگوریتم ارائه شده می‌پردازیم:

گام ۱: تعریف لغات زبانی و تابع عضویت شکل‌های (۶) و (۷).

گام ۲: ساختن ماتریس تصمیم  $\tilde{D}$  و ماتریس وزن‌ها که با  $\tilde{W}^s$  نشان داده می‌شود.

به دلیل اهمیت رعایت استانداردها در پیاده‌سازی سیستم‌های تجارت الکترونیک و با توجه به اینکه پیاده‌سازی ارتباط میان عوامل از مهم‌ترین بخش‌های طراحی آن است، در نرم‌افزار اس دبلیو ای اس در پیاده‌سازی ارتباط میان عوامل هوشمند از استانداردهای فیپا بهره گرفته شده است.

هر عامل هوشمند برای اینکه بتواند فضای بیرون (دنیای واقعی) را درک کند و با دیگر عوامل هوشمند گفت و گو و ارتباط مؤثری داشته باشد باید از یک پایگاه دانش و یا به عبارت دیگر آنتولوژی برخوردار باشد. برای پیاده‌سازی آنتولوژی مورد استفاده عوامل هوشمند راه‌ها و استانداردهای گوناگونی وجود دارد. در پیاده‌سازی آنتولوژی مورد استفاده عوامل در نرم‌افزار اس دبلیو ای اس از یک آنتولوژی طراحی شده توسط پروتئز با قابلیت سازگاری با استاندارد او دبلیو ال<sup>۱</sup> بهره گرفته شده است.

به دلیل اهمیت رعایت استانداردها در پیاده‌سازی سیستم‌های تجارت الکترونیک و با توجه به اینکه پیاده‌سازی ارتباط میان عوامل از مهم‌ترین بخش‌های طراحی آن است، در نرم‌افزار SWESS در پیاده‌سازی ارتباط میان عوامل هوشمند از استانداردهای زیر بهره گرفته شده است:

- FIPA ACL Protocol<sup>2</sup>
- FIPA Contract Net Protocol<sup>3</sup>
- FIPA Request When Interaction Protocol<sup>4</sup>
- FIPA SL Protocol<sup>5</sup>

### ۳-۴- الگوریتم انتخاب بهترین تأمین‌کننده

رایج‌ترین و ساده‌ترین شیوه، اما نه بهترین آن، در انتخاب تأمین‌کننده در نرم‌افزارهای مدیریت زنجیره تأمین بر اساس روش‌های هیوریستیک<sup>۶</sup> استوار است. این درحالی است که امروزه روش‌های تصمیم‌گیری کمی که بر اساس ریاضیات استوار است، به شدت علاقه و توجه محافل علمی را به خود جذب کرده است و تلاش برای یافتن روش‌های کارتر و بهتر تصمیم‌گیری کمی همچنان ادامه دارد. با ظهور و معرفی هر الگوریتم جدید برای تصمیم‌گیری سیل عظیمی از فعالیت‌های پژوهشی برای ارتقای قابلیت و بهینه‌سازی آن آغاز می‌شود.

1- <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>  
 2- <http://www.fipa.org/specs/fipa00061/index.html>  
 3- <http://www.fipa.org/specs/fipa00029/>  
 4- <http://www.fipa.org/specs/fipa00028/index.html>  
 5 - <http://www.fipa.org/specs/fipa00008/index.html>  
 6- Heuristic

7- Analytical Hierarchy Process (AHP)  
 8- Analytical Network Process (ANP)  
 9- TOPSIS  
 10-Quality Function Deployment (QFD)

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$\tilde{W}^s = [\tilde{w}_1^s \quad \tilde{w}_2^s \quad \dots \quad \tilde{w}_n^s]$$

گام ۳. برگرداندن مؤلفه‌های ماتریس تصمیم به اعداد حقیقی.

$$defuzz(x_{ij}) = \frac{\int \mu(x).x dx}{\int \mu(x) dx} \quad (14)$$

$$= \frac{\int_{x_{ij1}}^{x_{ij2}} (\frac{x-x_{ij1}}{x_{ij2}-x_{ij1}}).x dx + \int_{x_{ij2}}^{x_{ij3}} x dx + \int_{x_{ij3}}^{x_{ij4}} (\frac{x_{ij4}-x}{x_{ij4}-x_{ij3}}).x dx}{\int_{x_{ij1}}^{x_{ij2}} (\frac{x-x_{ij1}}{x_{ij2}-x_{ij1}}) dx + \int_{x_{ij2}}^{x_{ij3}} dx + \int_{x_{ij3}}^{x_{ij4}} (\frac{x_{ij4}-x}{x_{ij4}-x_{ij3}}) dx}$$

$$= \frac{-x_{ij1}x_{ij2} + x_{ij3}x_{ij4} + \frac{1}{3}(x_{ij4}-x_{ij3})^2 - \frac{1}{3}(x_{ij2}-x_{ij1})^2}{-x_{ij1} - x_{ij2} + x_{ij3} + x_{ij4}}$$

گام ۴. بهره‌گیری از مفهوم آنتروپی شانون برای بدست آوردن وزن عینی (وزن دوم).

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (15)$$

$$e_j = -k \sum_{j=1}^n P_j \ln(P_j) = -\frac{1}{\ln(m)} \sum_{j=1}^n P_j \ln(P_j) \quad (16)$$

$$div_j = 1 - e_j \quad (17)$$

$$w_j^o = \frac{div_j}{\sum_{j=1}^n div_j} \quad (18)$$

گام ۵. نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم به شکلی که هر درایه بین ۰ و ۱ قرار بگیرد

$$U = [u_{ij}]_{m \times n}$$

$$x_{ij}^+ = \max_i \{x_{ij4}\}, C_j \in B$$

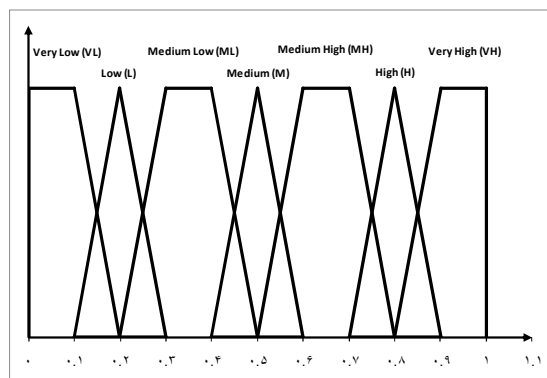
$$x_{ij}^- = \min_i \{x_{ij1}\}, C_j \in C$$

$$u_{ij} = \begin{cases} \left( \frac{x_{ij1}}{x_{ij4}^+}, \frac{x_{ij2}}{x_{ij4}^+}, \frac{x_{ij3}}{x_{ij4}^+}, \frac{x_{ij4}}{x_{ij4}^+} \right), C_j \in B \\ \left( \frac{x_{ij1}}{x_{ij1}^-}, \frac{x_{ij2}}{x_{ij1}^-}, \frac{x_{ij3}}{x_{ij1}^-}, \frac{x_{ij4}}{x_{ij1}^-} \right), C_j \in C \end{cases} \quad (19)$$

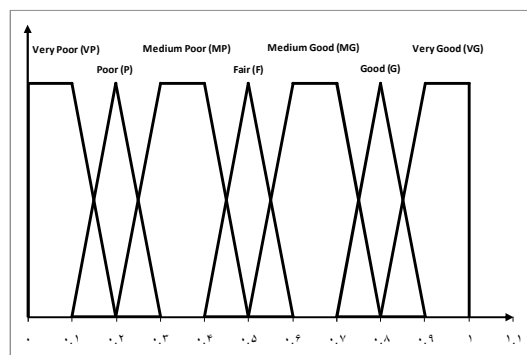
$$\tilde{x}_{ijk} = (x_{ijk1}, x_{ijk2}, x_{ijk3}, x_{ijk4})$$

$$\tilde{w}_{jk}^s = (w_{jk1}^s, w_{jk2}^s, w_{jk3}^s, w_{jk4}^s)$$

$$\tilde{x}_{ijk} = \{(x_{ijk1}, x_{ijk2}, x_{ijk3}, x_{ijk4}) | i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, K\}$$



شکل (۶): تابع عضویت وزن شاخص‌ها



شکل (۷): نمودار تابع عضویت نظر تصمیم‌گیرندگان

$$\begin{cases} x_{ij1} = \min_k \{x_{ijk1}\} \\ x_{ij2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{ijk2} \\ x_{ij3} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{ijk3} \\ x_{ij4} = \max_k \{x_{ijk4}\} \end{cases} \quad (10)$$

$$\tilde{w}_j^s = \{(w_{j1}^s, w_{j2}^s, w_{j3}^s, w_{j4}^s) | j = 1, 2, \dots, n\} \quad (11)$$

$$\begin{cases} w_{j1}^s = \min_k \{w_{jk1}^s\} \\ w_{j2}^s = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk2}^s \\ w_{j3}^s = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk3}^s \\ w_{j4}^s = \max_k \{w_{jk4}^s\} \end{cases} \quad (12)$$

شرط ۱. برتری قابل قبول:  $Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq DQ$   
 که در آن  $A^{(2)}$  دومین گزینه در لیست Q است و همچنین  
 $DQ = 1/j - 1$

شرط ۲. پایداری تصمیم: بهترین گزینه در لیست Q باید با بهترین گزینه در لیست‌های S یا R نیز برابر باشد.

### ۳-۵- نتایج حاصل

در دو مسئله متفاوت توان و نیازهای فنی نرم‌افزار برای هماهنگ‌سازی بلادرنگ یک زنجیره تأمین به صورت شبیه‌سازی و پیاده‌سازی در مقیاس محدود سنجیده شد که شرح مسایل و نتایج آن در ادامه آمده است:

زنجیره تأمین یک شرکت لبنیاتی: در این مسئله یک شبیه‌سازی برای یک زنجیره تأمین عام برای شرکت‌های لبنیاتی که از [۲۶] و [۲۷] اقتباس شده است، نیازهای نرم‌افزار برای پیاده‌سازی در یک نمونه واقعی سنجیده شد که به قرار زیر می‌باشد:

الف) تعیین توضیح سرویس برای هر جز از زنجیره تأمین: با استفاده از توضیح سرویس تعیین شده برای هر بخش این امکان فراهم می‌گردد تا با ارسال درخواست‌ها و سفارش‌ها تنها برای عوامل نماینده تأمین‌کنندگان ارائه دهنده خدمات مرتبط، در منابع سیستم صرفه‌جویی شده و کارایی آن را ارتقا بخشید.

ب) تعیین حوزه تماس هر واحد با واحدهای پایین دستی و بالادستی خود: برای پیاده‌سازی آنتولوژی مورد استفاده عوامل به خصوص عوامل مانیتورینگ، نیازمند دانستن این مسئله هستیم که مأموریت عوامل مانیتورینگ تا چه اندازه‌ای و با چه نوع منطقی باید برای آنها تبیین شود. به عبارت دیگر، دانستن این مسئله که ارتباط میان عوامل، همانند ارتباط میان واحدها در زنجیره از ارتباط مستقیم بالادستی و پایین دستی تجاوز نمی‌کند، کمک می‌کند تا با ساده‌سازی پیاده‌سازی آنتولوژی، استفاده از نرم‌افزار را برای زنجیره‌های تأمین پیچیده امکان پذیر نمود.

ج) زنجیره تأمین یک شرکت تولیدی: در این مورد، در ابتدا فرآیند هماهنگ‌سازی در زنجیره تأمین یک شرکت تولید کفش به دقت بررسی شده و چهار اصل برای موفقیت و بهبود این فرآیند بیان گردید که نتایج این گام در [۲۸] منتشر شده است. سپس با بهره‌گیری از اطلاعات به‌دست آمده نرم‌افزار در بخشی از زنجیره تأمین این واحد تولیدی

گام ۶. محاسبه ماتریس کارایی نهایی.

$$F = [f_{ij}]_{m \times n}$$

$$f_{ij} = \text{defuzz}(u_{ij} \otimes w_j^s) \quad (20)$$

$$f_{ij} = \frac{\int \mu(x).x dx}{\int \mu(x) dx}$$

$$\begin{aligned} & \int_{u_{j1}w_{j1}^s}^{u_{j2}w_{j2}^s} \left( \frac{x - w_{j1}^s}{u_{j2}w_{j2}^s - u_{j1}w_{j1}^s} \right).x dx + \int x dx + \int_{u_{j3}w_{j3}^s}^{u_{j4}w_{j4}^s} \left( \frac{u_{j4}w_{j4}^s - x}{u_{j4}w_{j4}^s - u_{j3}w_{j3}^s} \right).x dx \\ &= \frac{\int_{u_{j1}w_{j1}^s}^{u_{j2}w_{j2}^s} \left( \frac{x - u_{j1}w_{j1}^s}{u_{j2}w_{j2}^s - u_{j1}w_{j1}^s} \right).x dx + \int x dx + \int_{u_{j3}w_{j3}^s}^{u_{j4}w_{j4}^s} \left( \frac{u_{j4}w_{j4}^s - x}{u_{j4}w_{j4}^s - u_{j3}w_{j3}^s} \right).x dx}{-u_{j1}w_{j1}^s - u_{j2}w_{j2}^s + u_{j3}w_{j3}^s + u_{j4}w_{j4}^s} \\ &= \frac{-(u_{j1}u_{j2})(w_{j1}^s w_{j2}^s) + (u_{j3}u_{j4})(w_{j3}^s w_{j4}^s) + \frac{1}{3}(u_{j4}w_{j4}^s - u_{j3}w_{j3}^s)^2 - \frac{1}{3}(u_{j2}w_{j2}^s - u_{j1}w_{j1}^s)^2}{-u_{j1}w_{j1}^s - u_{j2}w_{j2}^s + u_{j3}w_{j3}^s + u_{j4}w_{j4}^s} \end{aligned}$$

گام ۷. بدست آوردن بهترین \* و بدترین .

$$f_i^* = \max_i \{f_{ij}\} \quad (21)$$

$$f_i^- = \min_i \{f_{ij}\} \quad (22)$$

گام ۸. به دست آوردن مقادیر  $R_i$  و  $S_i$

$$S_i = \sum_{j=1}^n \frac{w_j^o (f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \quad (23)$$

$$R_i = \max_i \left( \frac{w_j^o (f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \right) \quad (24)$$

گام ۹. محاسبه مقادیر  $Q_i$

$$\begin{aligned} S^- &= \max_i \{S_i\} \\ S^* &= \min_i \{S_i\} \\ R^- &= \max_i \{R_i\} \\ R^* &= \min_i \{R_i\} \end{aligned} \quad (25)$$

$$Q_i = \frac{\nu(S_i - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-\nu)(R_i - R^*)}{R^- - R^*}$$

گام ۱۰. مرتب کردن گزینه‌ها بر اساس S, R, و Q به صورت کاهشی.

گام ۱۱. انتخاب بهترین گزینه مصالحه‌ای ( $A^{(1)}$ ) به گونه‌ای که بر اساس مرتب‌سازی Q بالاترین رتبه (کمترین مقدار) را داشته و در دو شرط زیر صدق کند:

به کار گرفته شد که از میان نتایج حاصله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

(د) بررسی قابلیت به‌کارگیری نرم‌افزار در عمل

(ه) تحلیل شرایط عملکرد نرم‌افزار: نتایج حاصل از کاربرد نرم‌افزار نشان می‌دهد که با وجود اینکه کاربرد این سیستم اطلاعاتی بر سرعت واکنش زنجیره‌های تأمین متوسط و متمرکز تأثیرگذار است، اما تأثیرگذاری آن به مراتب باید در زنجیره‌های بزرگ، پیچیده و پراکنده بیشتر خواهد بود. ناگفته نماند که این سیستم به‌خصوص در نمونه‌هایی کاربرد دارد که یک واحد بتواند واحدهای پایین دستی خود را به استفاده از این سیستم ترغیب نموده یا فرآیندها تماماً به‌صورت مکانیزه صورت پذیرد.

(و) قابلیت به‌کارگیری نرم‌افزار هم در پروژه‌ها و هم در فعالیت‌های مداوم زنجیره: با تحلیل‌های صورت گرفته می‌توان ادعا نمود که سیستم اطلاعاتی SWESS هم در فعالیت‌های مداوم واحدهای زنجیره و هم در پروژه‌هایی که به‌صورت مقطعی در این واحدها اجرا می‌شوند، قابل پیاده‌سازی و تأثیرگذار است [۲۴].

(ز) ضرورت تهیه یک چارچوب جامع برای پیاده‌سازی عوامل مانیتورینگ: با نتایج به‌دست آمده، به این نتیجه رسیدیم که برای پیاده‌سازی و کاربرد عوامل مانیتورینگ نیاز مبرمی به تهیه یک چارچوب جامع و استاندارد وجود دارد تا با استفاده از آن بتوان هزینه‌های کاربرد سیستم اطلاعاتی را کاهش داده و انعطاف‌پذیری آن را به مراتب افزایش داد.

#### ۴- جمع‌بندی

در این مقاله پس از معرفی مفهوم هماهنگ‌سازی بلادرنگ زنجیره تأمین به روش بی‌سیم و هوشمند و سیستم‌های هوشمند چند عاملی، به معرفی ویژگی‌های فنی و کلان سیستم SWESS که برای هماهنگ‌سازی بلادرنگ طراحی و پیاده‌سازی شده است، پرداختیم. همچنین با نگاهی به تحقیقات انجام گرفته در این دو زمینه می‌توان دریافت که چارچوب‌های ارائه شده برای مدیریت و هماهنگی زنجیره تأمین، به دلیل بهره‌گیری از تئوری هماهنگ‌سازی از اشتراک قابل توجهی برخوردارند.

با توجه به اینکه این چارچوب‌های عرضه شده همگی بر پایه سیستم‌های هوشمند چندعاملی استوارند و از آنجا که سیستم‌های هوشمند چندعاملی امروزه به خوبی تکامل یافته‌اند، در این کار از تحقیقات موجود در این زمینه برای توسعه هسته یک سیستم هوشمند چند عاملی برای

هماهنگ‌سازی بلادرنگ زنجیره تأمین به‌صورت کاربردی بهره گرفته شده است.

انتخاب بهترین تأمین‌کننده از میان موارد موجود حیاتی‌ترین و مهم‌ترین بخش هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین را تشکیل می‌دهد. بهترین روش برای انجام این انتخاب (به خصوص در سیستم‌های هوشمند) بهره‌گیری از الگوریتم‌های تصمیم‌گیری کمی است.

از جمله مزایا و قابلیت‌های هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین می‌توان به مواردی همچون چالش محدود و ریسک کمتر هماهنگ‌سازی در برابر یکپارچه‌سازی زنجیره، افزایش کارایی کل زنجیره با هماهنگ‌سازی آن و قابلیت پیاده‌سازی نرم‌افزارها با بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمند چندعاملی در این زمینه اشاره نمود.

از جمله مهم‌ترین محدودیت‌های عملی بحث هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین نیز می‌توان به مواردی همچون چالش و هزینه‌های مربوط به پیاده‌سازی و توانایی سازمان به کارگیرنده برای توسعه کاربرد نرم‌افزاری هماهنگ‌سازی بلادرنگ در طول زنجیره اشاره نمود.

در گام‌های بعدی می‌توان معماری نرم‌افزاری ارائه شده را با استفاده از جایگزینی روش هیورستیک با روش‌های تصمیم‌گیری کمی یا الگوریتم‌های دیگر توسعه داد. همچنین توسعه آنتولوژی مورد استفاده عمل می‌تواند در افزایش سطح هوشمندی آنها بسیار موثر باشد که هم به لحاظ علمی و هم به لحاظ کاربردی زمینه پژوهشی ارزشمندی به‌شمار می‌رود.

علاوه بر این موضوع تأمین امنیت نرم‌افزاری در این زمینه که با طراحی یک چارچوب امنیتی جامع برای نرم‌افزارهای هماهنگ‌سازی بلادرنگ زنجیره تأمین در سه سطح استراتژیک، عملیاتی و فنی به بار می‌نشیند، می‌تواند به‌عنوان یکی از فرصت‌های پژوهشی ارزشمند در این زمینه مطرح باشد.

#### منابع

- [1] Soroor J., Tarokh M.J., Keshtgary M., "Preventing Failure in IT-enabled Systems for Supply Chain Management", International Journal of Production Research (ISI-indexed), Taylor & Francis Group, accepted for publication in May 2008.
- [2] Malone T.W., Crowston K., "The interdisciplinary study of coordination. ACM Computer Surveys", Vol. 26, Iss. 1, pp. 87-119, 1994.

- [16] Shemshadi A., Soroor J., Tarokh M. J., "An Innovative Framework for the New Generation of SCORM 2004 Conformant E-Learning Systems", IEEE 5th International Conference on Information Technology: New Generations, 2008.
- [17] Wooldridge M., "An introduction to Multi-Agent Systems", 1st edition, John Wiley & Sons, 2002.
- [18] Alesso H. P., Smith C. F., "The Intelligent Wireless Web", Addison Wesley, ISBN: 0201730634, 2002.
- [19] Web-IQ, <http://www.web-iq.com>.
- [20] Opricovic S., Tzeng G. H., Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS, European Journal of Operational Research, 156, 445-455, 2004.
- [21] Shannon C. E., Weaver W., "The mathematical theory of communication", Urbana: The University of Illinois Press, 1947.
- [22] Russell S., Norvig P., "Artificial Intelligence: A Modern Approach". 2<sup>nd</sup> edition, Prentice Hall, 2004.
- [23] Wooldridge M., "An introduction to Multi-Agent Systems", 1<sup>st</sup> edition, John Wiley & Sons, 2002.
- [24] Soroor J., Tarokh M. J., Shemshadi A., "Initiating a state of the art system for real-time supply chain coordination", European Journal of Operational Research, Vol. 196, Issue 2, pp. 635-650, 2009.
- [25] Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O., "The semantic web", Scientific American 284 (5), 2001.
- [26] Reid D., Sanders N. R., "Operations Management", New York: John Wiley & Sons, , p. 80, 2002.
- [27] Turban E., Kelly Rainer R., Potter R. E., "Introduction to Information Technology", 3<sup>rd</sup> Edition, John Wiley & Sons, pp. 247-248, 2004.
- [28] Soroor J., Tarokh M. J., Shemshadi A., "Theoretical and Practical Study of Supply Chain Coordination", Journal of Business and Industrial Marketing, Emerald, Vol. 24, Issue 2, pp. 131-142, 2009.
- [3] Anand K.S., Mendelson H., "Information and organisation for horizontal multimarket coordination. Management Science", Vol. 43, Issue 12, pp. 1609-1627, 1997.
- [4] Sahin F., Robinson E. P., "Flow coordination and information sharing in supply chains: review, implications, and directions for future research. Decision Sciences", Vol. 33, Iss. 4, pp. 505-536, 2002.
- [5] Sahin F., Robinson E. P. Jr. "Information sharing and coordination in a make-to order", supply chain. Journal of Operations Management, Vol. 23, Iss. 6, pp. 579-598, 2005.
- [6] Whang S., "Coordination in operations: A taxonomy", Journal of Operations Management, Vol. 12, Iss. 3-4, pp. 413-422, 1995.
- [7] Grandori A., Soda G., "A relational approach to organizational design", Industry and Innovation, Vol. 13, Iss. 2, pp. 151-172, 2006.
- [8] Egelhoff W.G., "Information processing theory and the multinational enterprise", Journal of International Business Studies, Vol. 22, Iss. 3, pp. 341-368, 1991.
- [9] Simatupang T. M., Sandroto I. V., Lubis S. B. H., "Supply chain coordination in a fashion firm", Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 9, No. 3, pp. 256-268, 2004.
- [10] Simatupang T. M., Wright A. C., Sridharan R., "The knowledge of coordination for supply chain integration", Business Process Management Journal. Vol. 8, No. 3, pp. 289-308, 2002.
- [11] Tarokh M. J., Soroor J., "Using Enterprise Resource Planning Tools in Real time Supply Chain Coordination", 2nd International Conference on Information Management and Business, Sydney, Australia, 2006.
- [12] Lee H. L., "Aligning supply chain strategies with product uncertainties", California Management Review, Vol. 44, No. 3, pp. 105-119, 2002.
- [13] Aziz Z., "Intelligent wireless web services for construction", Automation in Construction, 2005.
- [14] Soroor J., "Application of Intelligent WW Services to Mobile Real-time Coordination in Supply Chains", the 4th IASTED International Conference on Communications. Internet and Information Technology (CIIT 2005), Cambridge, USA, 2005.
- [15] Russell S., Norvig P., "Artificial Intelligence: A Modern Approach", 2nd edition, Prentice Hall.