مدیریت صنعتی
دوره ۲، شماره ۵
پاییز و زمستان ۱۳۸۹
صص ۱۹ تا ۴۲

دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

طراحی یک مدل مفهومی مرجع جهت استقرار قابلیت ردیابی در زنجیره‌ی تأمین با رویکرد مدل‌سازی ساخت یافته

جعفر رزمی[۱]، رضا توکلی مقدم[۲]، فریبرز جولای[۳]، بابک یاری[۴]

چکیده: قابلیت ردیابی به‌عنوان یک الزام از سوی دولت‌ها و مشتریان اکثر محصولات تولیدی مطرح است. این قابلیت رکن اساسی سیستم‌های کیفیت است و سیستم‌های اطلاعاتی مربوط به آن نقش عمده‌ای در تغذیه اطلاعاتی سیستم‌های زنجیره‌ی تأمین دارند. هدف این مقاله ارایه یک مدل مفهومی جامع و مرجع با رویکرد مدل‌سازی ساخت‌یافته جهت توسعه و پیاده سیستم‌های ردیابی در سطح زنجیره تأمین است که فارغ از ابعاد زنجیره‌ی تأمین، دامنه تعریف آن، تنوع محصولات و فرآیندهای تولیدی مربوط بتواند پشتیبانی لازم را از برگزاری طرح‌های فراخوان محصولات تولیدی به‌عمل آورد، الزامات مربوط به تضمین کیفیت محصولات را در حوزه ردیابی پوشش دهد، امکان مدیریت پیشگیرانه و مؤثر مواد و فرآیندهای تولیدی را فراهم آورد، بهینه‌سازی مدیریت زنجیره‌ی تأمین و راهکارهای ارایه شده در این زمینه را پشتیبانی کند، پشتیبانی لازم را در تغذیه اطلاعاتی سایر سیستم‌های زنجیره‌ی تأمین به عمل آورد و تعاملات چند زنجیره‌ی تأمینی را پوشش دهد. روش پژوهش به‌کار گرفته شده به‌طور اساسی بر تفکر عمیق استوار مبتنی بر مطالعات موردی منتشر شده، نظرات مدیران عملیاتی، و توسعه‌دهندگان سیستم‌های اطلاعاتی است و در پی ارایه تصویری کامل از موجودیت‌های سیستم ردیابی در سطح زنجیره‌ی تأمین به‌صورت مجتمع و یکپارچه می‌باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژه‌های کلیدی: مدیریت زنجیره‌ی تأمین، مدل‌سازی ساخت‌یافته، قابلیت ردیابی، سیستم اطلاعاتی

۱. دانشیار گروه مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، ایران
۲. استاد گروه مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، ایران
۳. دانشیار گروه مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، ایران
۴. کارشناس ارشد مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۳/۱۹
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸۹/۷/۲۶
نویسنده مسئول مقاله: جعفر رزمی
Email: jrazmi@ut.ac.ir

بیان مسئله و اهمیت آن

قابلیت ردیابی، توانایی یک سیستم در ارایه گزارش از وضعیت جاری یا سوابق مربوط به وضعیت حاکم بر آن در گذشته است. در سیستم‌های تولیدی قابلیت ردیابی به ردگیری یک محصول یا انباشته‌ای از آن و دسترسی به سوابق آن در کل فرآیند تولید آن از مواد اولیه تا محصول نهایی که توسط مشتری خریداری و مصرف شده، اطلاق می‌شود. استقرار این سیستم‌ها از گذشته‌ی دور در صنایع خودروسازی، هواپیماسازی، تسلیحات و مهمات‌سازی رواج داشته است ولی مدت کمی است که در سایر رشته‌های صنعتی نظیر صنایع مواد غذایی و صنایع شیمیایی و حتی فولاد سازی مطرح شده است. گذشته از کاربرد سیستم در حوزه‌های مختلف صنعت، دامنه‌ی تعریف و استقرار آن از سطح کارخانجات تولیدی به کل زنجیره‌ی ارزشی که کارخانه مزبور در آن تعریف می‌شود و به‌عنوان زنجیره‌ی تأمین آن کارخانه شناخته می شود، گسترش پیدا کرده است. این موضوع مستلزم بازنگری در معماری سیستم ردیابی و لحاظ کردن مقتضیات خاص مربوط به زنجیره‌ی تأمین در آن است.

از سوی دیگر افزایش سطح آگاهی و به تبع آن انتظارات مشتریان از تولید کنندگان باعث شده است، قابلیت ردیابی نه یک مزیت بلکه الزامی از سوی مشتریان درخواست شود. علاوه‌بر مشتریان نهایی، نهادهای دولتی نیز خواهان استقرار سیستم‌های ردیابی و فراهم آمدن قابلیت ردیابی نزد تولیدکنندگان هستند. مهم‌ترین دلیل این خواسته‌ی دولت‌ها بحث مسئولیت تولیدکنندگان و پاسخگو بودن آن‌ها در رابطه با تولیداتشان است. شیوع بیماری‌هایی نظیر بیماری جنون گاوی و آنفلونزای مرغی باعث شده است؛ قوانین سختی در رابطه با الزام به استقرار سیستم‌های ردیابی در اتحادیه اروپا، آمریکا و ژاپن وضع شود و داشتن سیستم ردیابی مجوز ورود کالاهای صادراتی به این کشورها مطرح شود. ارایه محصولات تقلبی در بازار لوازم الکتریکی و الکترونیکی با نام‌های جعلی یکی دیگر از دلایل وضع قوانین و الزامات دولتی برای استقرار این سیستم‌ها است.

دسترسی به اطلاعات به‌هنگام، اساس و پیش‌شرط پیاده‌سازی بسیاری از راه حل‌های نوین ارایه شده در حوزه بهینه‌سازی مدیریت زنجیره‌ی تأمین است. در حال حاضر فناوری RFID که به‌عنوان یکی از فناوری‌های مطرح در استقرار و سیستم‌های ردیابی مطرح است،

راه حلی مؤثر در زمینه‌ی تغذیه سیستم‌های اطلاعاتی مدیریت زنجیره‌ی تأمین مورد توجه عرضه‌کنندگان این‌گونه سیستم‌ها قرار گرفته است. استقرار سیستم‌های ردیابی شرط اساسی و لازم جهت ایجاد مراکز بازیافت و طراحی فرآیندهای مرتبط با جریان مواد برگشتی از بازار مصرف است. این سیستم‌ها وظیفه‌ی هدایت جریان مواد برگشتی را به سمت تأمین‌کنندگان مربوط، بر عهده دارند. گفتنی است، نبود سیستم‌های ردیابی مواد در سال‌های گذشته موجب تحمیل هزینه‌های بسیار سنگینی به تأمین‌کنندگان مجموعه‌های خودروسازی کشور شده است.

با توجه به توضیحات گفته شده، مشخص می‌شود قابلیت ردیابی به‌عنوان یک توانایی مهم و کلیدی در ادبیات مدیریت کسب‌و کار مطرح است و استقرار سیستم‌های پشتیبانی کننده از این قابلیت به‌عنوان یک راه‌حل و راه‌کار جدی در برخورد با مسایل و مشکلات پیش روی مدیران مطرح است.

ضرورت و هدف پژوهش

مرور ادبیات موضوع همچنین بررسی مطالعات موردی منتشر شده در این رابطه مشخص کرد؛ سیستم‌هایی که هم‌اکنون جهت استقرار قابلیت ردیابی به بازار عرضه می‌شوند ویژگی‌های یک راه حل جامع و مرجع را ندارند و به فراخور حال هر یک از مشتریان و به‌صورت موردی تهیه گشده‌اند که تنها می‌توانند قابلیت ردیابی را به‌صورت محلی و جزیره‌ای فراهم سازند. نبود یک مدل جامع و مرجع جهت به‌کارگیری و توسعه سیستم ردیابی در سطح زنجیره‌ی تأمین مهم‌ترین محرک و انگیزه این پژوهش است.

هدف این مقاله ارایه یک مدل مفهومی جامع و مرجع جهت مدیریت اطلاعات، توسعه و پیاده‌سازی سیستم ردیابی در زنجیره‌ی تأمین است. راه حل گفته شده، راه حلی جامع است، یعنی؛ مختص شرایط خاصی نیست و می‌تواند در رشته‌های صنعتی مختلف و برای تولیدات و فرآیندهای مختلف تولیدی مورد استفاده قرار گیرد.

روش پژوهش

زمانی‌که صحبت از تولید می‌شود، می‌توان چندین سازمان و شرکت مستقل از هم را در کنار یکدیگر درنظر گرفت. این موضوع فلسفه‌ی وجودی زنجیره‌ی تأمین را شکل می‌دهد و مستلزم وجود راه‌حل‌هایی است که سازمان‌های مربوط را قادر کند با سازمان‌دهی

فرآینـدها، همـاهنگی‌هـا و کنتـرل‌هـای داخلـی و همچنـین جریانـات اطلاعـاتی داخلـی و خارجی‌شان محصولی را عرضه کنند که هم مقتضـیات داخلـی و هـم خـارجی را بـرآورده سازد.

مدل فرآیند ـ کنترل ـ اطلاعات مقتضیات سیستم‌های اطلاعاتی را وابسته به خصوصیات و ویژگی‌های فرآیندهای اصلی و سیستم‌های کنترلی ایـن فرآینـدها مـی‌دانـد. فرآینـدهای اصلی همراه با مقتضیات داخلی و خارجی تحمیل شده به سیستم، نـوع کنترلـی را کـه لازم است تعیین می‌کننـد و آن نیـز بـه تعیـین اطلاعـاتی کـه بـرای اعمـال کنتـرل‌هـا لازم اسـت مینجامد. بدیهی است، کنترل فرآیندهای اصلی زمانی اثربخش خواهـد بـود کـه اطلاعـات مورد نیاز از شرایط حاکم بر فرآیندها فراهم شود و در اختیار قرار گیرد.

علاوه‌بر لایه‌های گفته شده، لایه دیگری را به نام لایه سازمانی نیز می‌توان مطرح کـرد. این لایه در بر گیرنده‌ی کلیه‌ی موضوعاتی است که زنجیـره یـا شـبکه‌ی تـأمین را بـه یـک سازمان یا مؤسسه تبدیل می‌کند؛ نظیر ساختار قدرت در میان اعضای زنجیره و همچنـین در درون سازمان یک عضـو خـاص، افـراد و خصوصـیات رفتـاری آن‌هـا، روش‌هـای کـاری، ذی‌نفعان و مباحث مرتبط با حفظ حقوق تجاری. در این پژوهش این لایه یک پـیش‌فـرض پذیرفته شـده اسـت. بلمینـز[۳] چهـار ابـزار مهیاسـازی اطلاعـات را در غالـب زیرسـاخت تکنیکی، زیرساخت داده‌ای، نرم‌افزارهای عمومی و مهیاسازهای سازمانی تشریح می‌کند.

تمرکز این پژوهش، روی زیر ساخت داده‌های زنجیره‌ی تأمین اسـت. ایـن زیرسـاخت یـک لایـه مفهـومی اسـت کـه سـاختار لازم جهـت شـکل‌گیـری، نگهـداری و همچنـین بهره‌برداری از زیرساخت تکنیکی را فراهم می‌آورد. در این پژوهش، یـک تصـویرکلی از ردیابی و ردگیری به‌عنوان مدل مرجع ارایه می‌شود.

رویکرد انجام پژوهش

روش به‌کارگرفته شده به‌طور اساسی بر تفکـر عمیـق اسـتوار اسـت و در پـی ارایـه تصـویر کاملی از موجودیت‌هـای سیسـتم ردیـابی در سـطح زنجیـره‌ی تـأمین بـه‌صـورت مجتمـع و یکپارچه و مبتنی است بر مدل‌سازی از رویکرد ساخت‌یافته است. در ایـن روش پژوهشـگر فکر و اندیشه‌ی خود و دیدگاهی را که او از آن جایگاه به حوزه مسـئله مـی‌نگـرد، تشـریح می کند. این روش در رسته‌ی روش‌های پژوهشی مبتنی بـر تفسـیر قـرار مـی‌گیـرد. در ایـن

پژوهش با مرور ادبیات زنجیره‌ی تأمین و قابلیت ردیابی، موجودیت‌های اصلی سیستم ردیابی شناسایی شده‌اند. با بررسی مطالعات موردی منتشرشده در زمینه‌ی استقرار سیستم‌های ردیابی در رشته‌های مختلف صنعتی، مجموعه‌ای کلان و جامع از مقتضیات و راهکارهای اندیشیده شده در این رابطه، جهت هرچه غنی‌تر شدن مدل ارایه شده، فراهم شده و در مدل سازی لحاظ شده است. جهت حفظ جنبه‌های کاربردی و امکان‌پذیر بودن پیاده‌سازی مدل، از نظریات و تجربیات مدیران عملیاتی تعدادی از واحدهای صنعتی که کاربران اصلی سیستم هستند و همچنین تعدادی از متخصصان در زمینه‌ی پیاده‌سازی سیستم‌های اطلاعاتی استفاده شده است.

پیشینه‌ی پژوهش و نوآوری آن

لینداو و لامسدن [۱۷] با انجام ۱۰ مطالعه‌ی موردی در شرکت‌های تولیدکننده و توزیع‌کننده به بررسی اثر استفاده از سیستم‌های شناسایی و ردگیری خودکار در مدیریت موجودی پرداختند و اعلام کردند، بیشترین حوزه کاربرد این سیستم‌ها در زمینه‌ی ردگیری موجودی در جریان ساخت و تحویل محصول نهایی به مشتریان است. در پژوهشی دیگر مانتو و لاکوپولو [۱۹] مدلی را برای توسعه و پیاده‌سای فناوری بارکد جهت مدیریت موجودی و بازاریابی ارایه کردند که روی جنبه‌های سازمانی توسعه سیستم اطلاعاتی متمرکز بود. در پژوهش انجام شده توسط فلیش و تلکامپ [۱۱] با استفاده از تکنیک‌های شبیه‌سازی به بررسی اثر شفاف نبودن اطلاعات موجودی مواد در زنجیره‌ی تأمین پرداخته شده است و در نهایت استفاده از سیستم‌های شناسایی خودکار به‌عنوان راه‌حل این موضوع پیشنهاد شده است. یا او و کارسون [۳۰] به بررسی اثر ارتباطات زمان حقیقی در مدیریت موجودی پرداخته‌اند و ابزارهای مختلف شناسایی و ردیابی خودکار را در این زمینه مورد مطالعه و بررسی قرار دادند و آثار مثبت به کارگیری آن‌ها را گزارش کردند.

بلینس و همکاران [۶] به چالش‌های موجود در برقراری قابلیت ردیابی در شبکه‌ی تأمین مواد غذایی و کشاورزی و همچنین ویو و نیستروم [۲۸] به بررسی چالش‌های به‌کارگیری فناوری RFID در زنجیره‌ی تأمین پرداختند. وربک و وراد [۲۷] نشان دادند، مصرف‌کنندگان محصولات غذایی به اطلاعات ردیابی مبدأ مواد علاقه چندانی ندارند؛ ولی بسیار علاقمند به موضوعات و اطلاعات کیفی محصولات و گارانتی آن‌ها هستند. در پژوهش‌های انجام شده توسط یاگی و آرای [۲۹] کاربرد سیستم‌های ردگیری و شناسایی

خودکار در صنعت ساخت و پیمانکاری بررسی شده است. علاوه‌بر آن ریسکو و کارکانین [۲۴] نیز به بررسی اثر استفاده از سیستم‌های ردگیری در مدیریت پروژه و مدیریت موجودی در این صنعت پرداخته‌اند.

دیوپوی و همکاران [۸] یک مدل ریاضی از نوع MILP را برای حداقل کردن فراخوان‌ها در زنجیره‌ی تأمین با استفاده از سطوح مونتاژ و بسته‌بندی محصولات ارایه کرده‌اند. در پژوهشی که توسط برتولینی و همکاران [۴] انجام شد، با استفاده از روش FMEA به بررسی تعیین نقاط بحرانی که ممکن است در پیاده‌سازی سیستم ردیابی با آن‌ها مواجه شد، پرداخته و سعی در جلوگیری و رفع آن‌ها شده است. جانسن وهمکاران [۱۵] تنها مدل اطلاعاتی موجود در رابطه با قابلیت ردیابی در سطح سازمان را ارایه کرده‌اند که پایه مناسبی را برای پژوهش در سطح زنجیره‌ی تأمین فراهم آورده است. آل‌ریسکو و کارکانن [۲] یک راه‌حل بالقوه برای مدیریت لجستیک مواد مبتنی بر ردگیری را در پروژه‌های ساخت و ساز ارایه کرد. کیم و کومارا [۱۶] ارزش اطلاعات مربوط به موقعیت اقلام را به‌صورت شبکه بی‌سیم برای عملیات لجستیک یک سایت بندری حمل اتومبیل با استفاده از چارچوب شبیه‌سازی جامعی که عملیات واقعی سایت را شبیه‌سازی می‌کند، مورد تحلیل قرار داده است. گورچینی و رانفولا [۱۲] با تشریح دو کاربرد متفاوت قابلیت ردیابی یکی به‌عنوان ابزاری برای کنترل های بین سازمانی و دیگری به‌عنوان ابزاری برای قدرت بازاریابی در دو سطح بنگاه و همچنین شبکه کسب‌و کار در صنعت مد پرداخته است. هلستورم و همکاران [۱۳] بر اساس نتایج یک برنامه پژوهشی ده ساله به تشریح استفاده از سیستم ردگیری به‌صورت خاص در مدیریت عملیات زنجیره‌های تأمین خدماتی و پروژه‌ای پرداخته و بهبود حاصل را بیان می‌کند. دابنه و گایب [۹] روشی را برای اجرای فراخوان و محدود کردن اقلام شامل آن ارایه می‌دهد که بر خلاف روش‌های اندازه‌گیری غیر مستقیم این شاخص را به‌صورت مستقیم اندازه‌گیری می‌کند. میونگ‌کو و همکاران [۲۱] با هدف ایجاد و ا ستقرار سیستم ردیابی در زنجیره‌ی تأمین به‌وسیله‌ی فناوری RFID طرح سیستم ردیابی محصول که قابلیت تعامل با شبکه کدهای الکترونیکی محصول EPC[1] را دارد، ارایه می‌دهد و رویه مانیتورینگ محصول را که مسیر برنامه‌ریزی شده محصول را با مسیر واقعی آن مقایسه می‌کند، تشریح می‌کند.

1. Electronic Product Code

همانگونه که ملاحظه می‌شود، اکثر پژوهش‌های انجام گرفته در حوزه مسئله قابلیت ردیابی به جنبه‌های منافع و بررسی آثار و تبعات آن پرداخته‌اند. با توجه به اینکه تحقق این قابلیت در سازمان و زنجیره‌ی تأمین بر پایه راه‌حل‌های مبتنی بر سیستم‌های اطلاعاتی امکان‌پذیر است، جای خالی مدلی در این رابطه انگیزه پژوهش را فراهم آورد.

مهم‌ترین ویژگی و نوآوری مدل ارایه شده توسعه مدل مفهومی با استفاده از رویکرد ساخت‌یافته است. نقش مهم مدل‌های مفهومی ساخت‌یافته در طراحی بانک‌های اطلاعاتی و نزدیکی زبان مدل‌سازی آن با محیط‌های طراحی این بانک‌ها است که امکان درک و مطالعه‌ی سیستم‌ها برای تحلیلگران و توسعه‌دهندگان و امکان طراحی ماژولار، که تضمین کننده‌ی کارایی اقتصادی و توسعه راحت آن در رابطه با مقتضیات آتی سیستم است؛ فراهم می‌سازد.

قابلیت ردیابی

تعریف قابلیت ردیابی

مراجع مختلف با توجه به دیدگاه و رویکرد خود در استفاده از قابلیت ردیابی تعاریف متنوعی از آن را ارایه کرده‌اند. به‌عنوان مثال قانون عمومی مواد غذایی اتحادیه اروپا قابلیت ردیابی را ابزاری جهت تضمین کیفیت و ایمنی محصولات و همچنین زیرساخت لازم جهت تولید، پردازش و تحویل آن‌ها از مبدأ تولید تا نقطه فروش شناخته و میفزاید «قابلیت ردیابی به‌عنوان قابلیت ردیابی و پیگیری یک محصول غذایی، خوراکی همچنین مواد اولیه و حیواناتی که در تولید محصولات غذایی نقش دارند، در کلیه‌ی مراحل تولید و توزیع تعریف می‌شود. مو [۲۰] اعتقاد دارد، ردیابی قابلیتی است که بتوان سابقه‌ی یک بسته محصول را در کل زنجیره‌ی تولید یا قسمتی از آن از مواد اولیه، تا حمل آن به کارخانه، انبار، فرآیند تولید، توزیع و فروش پیگیری کرد. تعریف قابلیت ردیابی از نظر APICS [۱] دیدگاه دوگانه‌ای را دنبال می‌کند. ابتدا به ویژگی‌ای که تعیین موقعیت جاری یک حمل و نقل را مقدور می‌سازد و در ادامه به ثبت و پیگیری قطعات، فرآیندها و موارد استفاده در تولید با استفاده از شماره سریال یا شماره انباشته فراهم می‌سازد؛ توجه می‌کند. سایر پژوهشگران همچون چنگ و سیمون [۷] و استیله [۲۶] نیز بر یکپارچگی فیزیکی انباشته،

جمع‌آوری داده‌ها، شناسایی محصول و پیوند دادن فرآیندها و در نهایت گزارش‌گیری جهت بازیابی دادها از سیستم تکیه می‌کنند.

چارچوب قابلیت ردیابی

در ذیل به انواع قابلیت ردیابی که از دیدگاه سیستم‌های اطلاعاتی مناسب هستند، اشاره شده است:

ردگیری: روش تعقیب یک شی در طول زنجیره‌ی تأمین و ثبت هرگونه داده مرتبط با هرگونه رابطه تاریخی یا نظارتی است.

ردیابی پیشرو: بررسی روابط "استفاده در کجا(ها)"[1] میان اشیا را تشریح می‌کند. این روابط تشریح می‌کنند که کلیه‌ی محصولات نهایی، مواد اولیه مشخصی را مصرف کرده‌اند. این موضوع اولین بار توسط پتروف و هیل [۲۲] در نظر گرفته شد. بر اساس شماره قلم و شماره انباشته یک قلم می‌توان ریز اطلاعات آن قلم را به‌دست آورد؛ نظیر شرح، واحد اندازه‌گیری، تعداد اولیه و تعداد باقیمانده و نوع سفارشی را که آن را تولید کرده است.

ردیابی پسرو: ردیابی پسرو به بررسی روابط "از کجا"[2] میان اشیاء می‌پردازد. این روابط بیان کننده این موضوع‌اند که انباشته‌های مواد اولیه توسط عملیات‌های ساخت و تولید برای تولید یک محصول مشخص مورد مصرف قرار می‌گیرند (یعنی یک انباشته خاص از یک محصول خاص از کدام انباشته‌های عناصر تشکیل دهنده‌اش به‌وجود آمده است).

قابلیت ردیابی از منظر لایه‌های مختلف مدیریت سازمان

اغلب، برای زنجیره‌ی تأمین جامع مدیریتی و تصمیم‌گیری شامل سطح استراتژیک، سطح برنامه‌ریزی و سطح عملیاتی در نظر گرفته می‌شود. به این صورت‌که فعالیت‌ها و اهداف لایه برنامه‌ریزی در سازمان از فعالیت‌ها و تصمیمات لایه استراتژیک تبعیت می‌کند و در راستای آن قرار دارد. اهداف کلیه‌ی لایه‌های سازمانی با یکدیگر ارتباط دارند و باید با همدیگر سازگار باشند.

1. Where-used Relation
2. Where-from Relation

در هر یک از لایه‌ها، پنج کارکرد برنامه‌ریزی، نظارت، مقایسه، ارایه راه‌حل و تصمیم‌گیری وجود دارد. در هر سیستم برنامه‌ریزی وظیفه تهیه برنامه اجرای کاری را در چارچوب زمان‌بندی جهت تحقق اهداف در نظر گرفته شده برای سطح سازمانی که در آن قرار دارد، بر عهده دارد. ناظر اجرا شدن فعالیت‌ها را زیر نظر دارد و داده‌ها و اطلاعات واقعی را جهت بررسی به ارزیاب می‌دهد تا با مقایسه‌ی اطلاعات واقعی با برنامه در نظر گرفته شده اطلاعات عملکرد سیستم را فراهم سازد. با توجه به توضیحات ارایه شده فوق، مقصود از قابلیت ردیابی به معنای عام آن نظارت بر تبدیل[1] وقایع در یک نظام تولیدی است که باعث عدم قطعیت و پیچیدگی در سیستم می‌شوند. بر این اساس سه نوع کارکرد ردیابی شامل قابلیت ردیابی[2] وضعیت، قابلیت ردیابی عملکرد و قابلیت ردیابی اهداف در یک سازمان تولیدی قابل تعریف است.

در یک وضعیت مطلوب سه نوع عملکرد شامل عملکرد برنامه ریزی شده، عملکرد واقعی و عملکرد فرضی (این عملکرد، عملکرد آتی سیستم را با مجموعه‌ای از سناریوهای «اگر- آنگاه[3]» برآورد می کند) جهت پشتیبانی مناسب از تصمیم‌گیری‌ها مورد نیاز و مطلوب مدیریت است. قابلیت ردیابی اهداف قابلیت تعیین اینکه چه چیزی جهت دستیابی به اهداف سیستم لازم است و فراهم آوردن اطلاعات لازم جهت پشتیبانی بهتر از تصمیم‌گیری‌ها در سیستم قابلیت ردیابی اهداف نامیده می‌شود. ردیابی اهداف شامل دو مکانیزم است: «ترسیم رفتار[4]» و «تعقیب اهداف[5]». هدف مکانیزم اول پیش‌بینی دامنه و سرعت مجموعه وقایع بعدی با اتکاء به سوابق، وضعیت و عملکرد جاری است. هدف مکانیزم دوم، تهیه پیشنهاد یا پیشنهادهایی برای تصمیم‌گیرندگان است که بر اساس پیش‌بینی‌های انجام شده توسط عملکردهای فرضی از وقایع ممکن در آینده است. جدول شماره ۱ کاربردهای کارکردهای قابلیت ردیابی در سطوح مختلف سازمان نشان می‌دهد.

1. Transition
2. Traceability
3. What-If
4. Behaviour-reasoning
5. Goals chasing

جدول ۱. کاربردهای کارکردهای قابلیت ردیابی در سطوح مختلف سازمان [۷]

سطح سازمانی	کارکرد ردیابی	مثال
عملیاتی	ردیابی وضعیت	اندازه انباشته، تعداد اجرا (برنامه تولید)، تعداد تولید منتقل شده به مرحله‌ی بعد، موجودی انبارهای پای‌کار، تجهیزات و ماشین‌آلات در دسترس، زمان از کار افتادگی ماشین
	ردیابی عملکرد	تغییرات مهندسی، تغییرات زمان فرآیندها، انحراف میان خروجی برنامه‌ریزی‌شده و خروجی واقعی، زمانهای ازکارافتادگی ماشین‌ها، سرانه خروجی پرسنل
	ردیابی اهداف	عملیات‌های سازمان‌یافته و روان، بهبود کیفیت، کاهش موجودی
برنامه‌ریزی و طراحی	ردیابی وضعیت	عملکردهای جاری سطح عملیاتی، سطح استفاده از منابع، سطوح دوباره‌کاری و ضایعات، سطح موجودی در جریان ساخت
	ردیابی عملکرد	هزینه‌ی محصول، کل زمان فرآیند تولید، بهره‌وری عوامل تولید
	ردیابی اهداف	نرخ خروجی محصول، معرفی محصول جدید، بهره‌گیری از تکنولوژی جدید
استراتژیک	ردیابی وضعیت	عملکرد جاری در سطح برنامه‌ریزی و طراحی، سفارشات جدید، تقاضای محصول، تخصص‌های داخلی و خارجی، قابلیت یادگیری، فرهنگ سازمانی، قوانین دولتی
	ردیابی عملکرد	نرخ بازده سرمایه‌گذاری، درآمد، نرخ‌های گردش موجودی، نرخ سود به ازای نرخ‌های فروش، میزان فروش در بازه‌های زمانی
	ردیابی اهداف	سود، سهم بازار، رشد (اندازه) شرکت

مدل‌سازی قابلیت ردیابی و ارایه نتایج پژوهش

مقتضیات قابلیت ردیابی

مقتضیات سیستم ردیابی با مطالعه چالش‌های مدیریت زنجیره‌ی تأمین، راه‌حل‌های ارایه شده برای آن‌ها و بررسی اثر اطلاعات برخط در پشتیبانی از این راه‌حل‌ها و همچنین مطالعات موردی منتشر شده در صنایع خودروسازی، صنایع فلزی، صنایع ماشین‌سازی و ساخت تجهیزات، صنایع کشاورزی، صنایع غذایی، صنایع غیرغذایی و صنایع دارویی استخراج شده‌اند. اگرچه این صنایع شبیه یکدیگر نیستند؛ ولی مقتضیات قابلیت ردیابی در آن‌ها شبیه هستند. تشابهاتی میان مقتضیات و راه‌حل‌های مدل‌سازی مقتضیات در هر موقعیت وجود دارد. نوع موجودیت‌ها و نوع روابط اغلب به روش مشابهی در نمونه‌های موردی مختلف مدل‌سازی می‌شوند. به‌دلیل همین تشابهات، ایجاد یک مدل داده‌ای مرجع که برای گروهی از موقعیت‌ها معتبر باشد و برای گروه دیگری نیز حسب مورد، قابل

انطباق[1] باشد، مدنظر قرارگرفت. یک مدل داده‌ای مرجع، اغلب دارای ماهیتی عمومی است ولی قابلیت سازگاری با موقعیت یک سازمان خاص را دارد [۱۴].

مدل‌سازی داده‌ای و مدل مفهومی

مدل داده‌ای مجموعه‌ای از مفاهیم است که می‌تواند جهت شکل‌دهی به ساختار یک بانک اطلاعاتی مورد استفاده قرار گیرد و بر اساس نوع مفاهیمی که برای شکل‌دهی به ساختار بانک اطلاعاتی فراهم می‌کنند، طبقه‌بندی می‌شوند. مدل‌های داده‌ای مفهومی یا سطح بالا، مفاهیم را آن‌گونه که کاربران سیستم درک و دریافت می‌کنند به تصویر می‌کشند و مدل‌های داده‌ای فیزیکی یا سطح پایین، مفاهیم را به‌گونه‌ای که باید در رایانه ذخیره‌سازی شوند تصویر می‌کنند و اغلب برای برنامه‌نویسان و طراحان بانک‌های اطلاعاتی معنادار هستند. براساس این دیدگاه داده‌ها در سیستم حرکت می‌کنند و کارکردهای مشخصی در سیستم ایجاد می‌شوند که داده‌ها را پردازش می‌کنند. ساختار داده‌ای به‌عنوان قلب سیستم، ذخیره‌سازی داده‌های سیستم را بر عهده دارد[۱۰].

موجودیت: هرگونه شیء یا مفهومی است که سیستم به نگهداری اطلاعات پیرامون آن نیاز دارد. موجودیتی اعتبار دارد که مجموعه‌ای از اطلاعات مربوط به آن را بتوان نگهداری کرد. موجودیت در ساختار منطقی داده‌ها با نماد یک مستطیل نشان داده می‌شود. نام موجودیت، که گویای مختصات انحصاری آن موجودیت است، در نماد موجودیت درج می‌شود. به‌عنوان مثال مختصات یک تأمین کننده (به‌عنوان موجودیت) می‌تواند نام، نشانی و شماره تلفن آن باشد. مدل مفهومی داده‌ها شامل مختصات موجودیت‌ها نمی‌شود و شناسایی موجودیت‌های اصلی مورد توجه تحلیلگر سیستم قرار می‌گیرد.

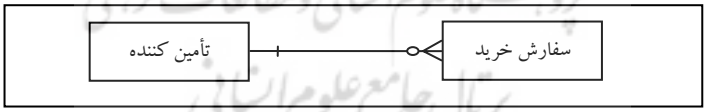
رابطه: موجودیت‌ها به‌صورت انفرادی در سیستم وجود ندارند و در ارتباط با دیگر موجودیت‌ها مطرح می‌شوند. در مدل‌های مفهومی رابطه‌ها به‌صورت روابط کاری نشان داده می‌شوند و موجودیت‌های مرتبط به‌وسیله‌ی یک خط به یکدیگر متصل می‌شوند. نام رابطه بر روی خط گذارده و خط در هر دو جهت نام‌گذاری می‌شود. تعداد رخدادهای یک موجودیت که در یک رابطه معین شرکت دارند، به‌وسیله‌ی درجه‌ی آن رابطه مشخص می‌شود. در مدل مفهومی درجات امکان‌پذیر ارتباط بین موجودیت‌ها، از طریق

1. Customizable

وضعیت خط رابطه نشان داده می‌شود. همان‌طور که در زیر دیده می‌شود، برای رابطه‌ها سه نوع درجه وجود دارد:

- **رابطه یک به یک (1:1):** نشان‌دهنده‌ی آن است که هر رخداد A تنها با یک رخداد B و هر رخداد B تنها با یک رخداد A رابطه دارد.
- **رابطه یک به چند (1:m):** نشان دهنده‌ی آن است که هر رخداد A با یک یا چند رخداد B رابطه دارد، اما هر رخداد B فقط با یک رخداد A رابطه دارد.
- **رابطه چند به چند (m:n):** نشان‌دهنده‌ی آن است که هر رخداد A با یک یا چند رخداد B و هر رخداد B با یک یا چند رخداد A رابطه دارد.

علاوه‌بر درجه هر رابطه، ویژگی دیگری را نیز باید مد نظر داشت و آن اختیاری بودن رابطه است. چنانچه رخدادهایی از یک موجودیت وجود داشته باشند که دارای رابطه‌ای با بیش از یک رخداد از موجودیت دیگر باشند، آنگاه رابطه برای آن موجودیت اختیاری است. در این حالت خط رابطه در طرف اختیاری با یک خط عمود کوچک نشان داده می‌شود. اجباری بودن رابطه برای هر موجودیت نیز با یک دایره کوچک نشان داده می‌شود. به‌عنوان مثال هر تأمین‌کننده می‌تواند تأمین کننده یک یا چند سفارش خرید باشد، اما هر سفارش خرید فقط می‌تواند به یک تأمین کننده داده شود؛ یعنی رابطه از نوع یک به چند است. تأمین‌کنندگان الزماً نباید تأمین کننده همه سفارشات خرید باشند؛ بنابراین، مشارکت تأمین‌کننده در رابطه اختیاری است؛ اما هر سفارش خرید باید به یک تأمین کننده داده شود، بنابراین مشارکت آن اجباری است.



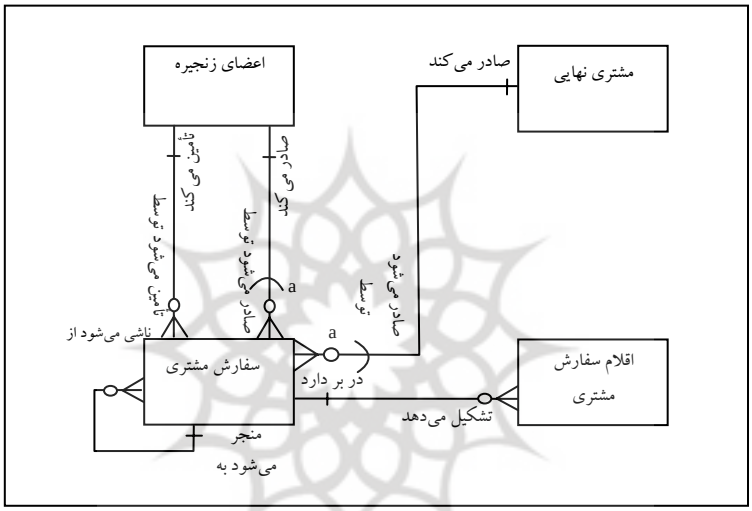
نمودار ۱. مثالی برای تعیین درجه و اختیاری بودن رابطه میان دو موجودیت

مدل‌سازی مقتضیات (رویکرد ساخت‌یافته)

پیش از آغاز مدل‌سازی مقتضیات سیستم ردیابی، باید به ساختار و اجزای زنجیره‌ی تأمین و روابط میان آن‌ها توجه داشت. ساختار فیزیکی زنجیره از موجودیت‌هایی شامل مشتریان، خرده فروشان، توزیع‌کنندگان، واحدهای تولیدی، تأمین‌کنندگان، انبارها، وسایل حمل ونقل و سفارشات شکل گرفته است.

مدل‌سازی روابط میان فهرست انباشته‌ها و یا بسته‌های مواد

در این پژوهش در رابطه با موجودیت‌هایی نظیر انباشته[1] / بسته[2] و لیست انباشته‌ها/بسته‌ها و روابط میان آن‌ها بحث خواهد شد. موارد گفته شده نقش مهمی را در ردیابی ترکیب محصول نهایی در طی فرآیند تولید بازی می‌کنند. فرآیند تولید به توالی فعالیت‌هایی که فهرستی از مواد اولیه، قطعات، واسطه‌ها و زیرمجموعه‌ها را به محصول نهایی مشخصی تبدیل می‌کند، اطلاق می‌شود.



نمودار ۲. مدل سفارش‌گذاری در زنجیره‌ی تأمین

برنامه تولید مادر، برنامه‌ریزی احتیاجات مواد (سفارشات تأمین مواد و تولید به چه منظور و در چه زمانی باید صورت پذیرند) را فعال می‌کند. انباشته‌ها، موادی را که در تولید یک قلم نهایی خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند در بر دارند. انباشته‌ها می‌توانند مواد تولیدی یا تأمین شده را در بر داشته باشند. یک انباشته به مجموعه‌ای اطلاق می‌شود که باهم تولید شده‌اند و در هزینه‌های تولیدی و خصوصیات و ویژگی‌های نتیجه شده یکسانی مشترکند [۱].

1. Lot
2. Batch

این خصوصیات مشترک ویژگی‌های ایجادی نامیده می‌شوند. لازم است که هر مجموعه پدر (والد) روابط قابلیت ردیابی‌اش را با زیرمجموعه‌هایش داشته باشد. با ثبت روابط میان انباشته‌های مواد بالادستی و پایین‌دستی، روش ردگیری ترکیب اقلام نهایی تأمین می‌شود. زمانی‌که توالی کامل فعالیت‌های لازم جهت ساخت یک قلم (محصول) نهایی مشخص به این روابط (ثبت شده) میان مواد می‌پیوندد، یک فهرست چند سطحی از انباشته‌ها به‌وجود خواهد آمد. فهرست مواد لیستی از اجزای لازم جهت تولید یک قلم پدر است. این لیست نشانگر مجموعه روابط میان قطعات پدر است که در آن هر رابطه خود به‌عنوان یک موجودیت، تاریخ آغاز رابطه[۱] و تاریخ پایان رابطه،[۲] ضریب مصرف، معیار بازده/ضایعات را نشان می‌دهد، شییر [۲۵] و برترند و همکاران [۵]. نمودار ۳ نمونه‌ای از لیست مواد و همچنین نمودار GOZINTO مربوط را نشان می‌دهد[۱۸].

مفهوم تجمیع در روابطی از نوع کل- جزء و یا، قسمتی از، بسیار کاربرد دارد. ساختار داده‌ای فهرست انباشته‌ای چند سطحی از دو نوع موجودیت انباشته و رابطه و دو نوع رابطه برون‌یاب[۳] و درون‌شکاف[۴] تشکیل شده است. هر موجودیت انباشته کدشناسایی انباشته و صفات داده‌ای انباشته را در بر دارد (مانند کدشناسایی، شرح قلم، واحد اندازه‌گیری، تعداد اولیه، تعداد باقی‌مانده و نوع سفارش) و هر موجودیت رابطه کدشناسایی یکتای رابطه و صفات داده‌ای مربوط (مانند تاریخ واقعی فعال شدن رابطه، ضریب مصرف، معیار بازدهی یا ضایعات) را ذخیره می‌کند. برای هر موجودیت رابطه که ترکیب انباشته‌های بالادستی و پایین دستی را نگهداری می‌کند، یک کد شناسایی یکتا وجود دارد. دو نوع رابطه بیان شده جهت کشف روابط از کجا و روابط استفاده در کجا (به‌ترتیب قابلیت ردیابی پسرو و پیشرو) در کنار هم مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین، باید به انباشته‌های جدید ایجاد شده شماره‌های شناسایی یکتایی تخصیص داده شود و روابط ایجاد شده حین ادغام انباشته‌های مواد ضبط شود [۲۳].

۱. تاریخ یا زمانی است که مصرف انباشته برای تولید انباشته قلم پدر آغاز می‌شود.

۲. تاریخ یا زمانی است که انباشته مصرفی جهت تولید قلم پدر پایان می‌یابد.

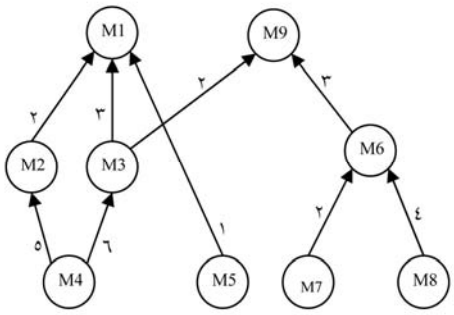
3. Explode
4. Implode

فهرست مواد M1

موقعیت	مواد مصرفی	ضریب مصرف
۱	M2	۲
۲	M3	۳
۳	M5	۱

فهرست مواد M3

موقعیت	مواد مصرفی	ضریب مصرف
۱	M4	۶
۲	M5	۴



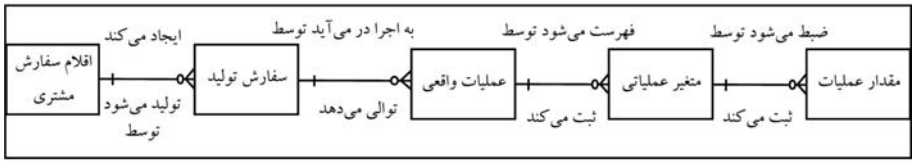
نمودار ۳. مثالی از فهرست مواد و نمودار مربوطه

زمانی‌که قسمتی از مواد آسیب می‌بینند و دیگر ترکیب انباشته یکنواخت و همگن نیست. بنابراین؛ با در نظر گرفتن این شرایط نرم‌افزاری که برای فهرست انباشته‌های چند سطحی تهیه می‌شود، نقش مهمی را در جابه‌جایی مواد خواهد داشت و باید توانایی لازم را برای ردیابی انباشته‌های مواد تفکیکی و ادغامی داشته باشد.

مدل‌سازی عملیات‌های واقعی و متغیرها

در این بخش قسمت دیگری از مدل داده‌ای مرجع مورد بررسی قرار می‌گیرد. در برنامه‌ریزی ساخت، اقلام، عملیات‌های تعریف شده‌ای هستند که در واحدهای ظرفیت انجام می‌شوند. در شرایط واقعی تولید، الزامات قابلیت ردیابی محتاج داده‌های خاصی در مورد عملیات‌هایی هستند که درعمل اتفاق می‌افتند و نه لزوماً عملیات تعریف شده‌ای که از پیش برنامه‌ریزی شده باشند. بنابراین، عملیات‌های واقعی باید به اجرای سفارش تولید یک محصول خاص مرتبط شوند [۵]. با وجود این، انحراف و عدم انطباق خصوصیات مواد ورودی و شرایط عملیاتی می‌تواند موجب عدم انطباق و انحراف خصوصیات مواد خروجی شود. با دانستن عدم انطباق ورودی و شرایط عملیاتی ثبت شده می‌توان حدود مشخصی را برای انحراف خروجی تعیین کرد. بنابراین، دانستن متغیرهای عملیاتی از دیدگاه قابلیت ردیابی مهم است. از این‌رو باید امکان برقراری ارتباط میان مقادیر واقعی متغیرهای عملیاتی به عملیات‌های واقعی انجام شده، فراهم شود. مدل داده‌ای مرجع

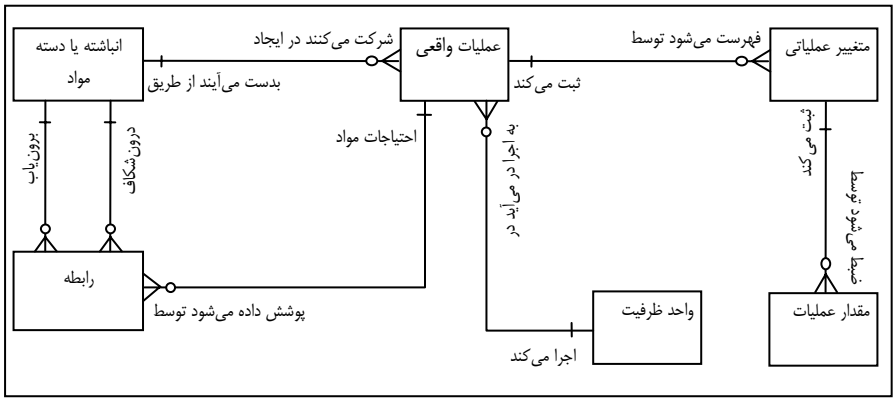
دسته‌بندی‌های مختلف برای ادغام و تفکیک مواد و خصوصیات و ویژگی‌های عملیات مربوطه در نمودار ۴ ارایه شده است.



نمودار ۴. خصوصیات و ویژگی‌های عملیات

مدل‌سازی یکپارچگی فهرست انباشته‌ها و فهرست عملیات‌ها

به‌طور کلی سفارشات مشتریان با ایجاد یک یا چند سفارش ساخت که هر کدام به تولید انباشته‌هایی از مواد منجر شده، تأمین می‌شود. فهرست عملیات‌های واقعی مرتبط با تولید محصول نهایی باید به‌صورت قابل ردیابی نگهداری شوند. به‌علاوه باید ارتباط عملیات واقعی با واحد ظرفیتی که عملیات در آن اجرا می‌شود، برقرار شود. مدل‌های داده‌ای که تاکنون ارایه شد، چنین کارکردی را در بر نداشتند. با برقراری ارتباط میان موجودیت انباشته مواد و موجودیت عملیات واقعی و در برگرفتن موجودیت واحد ظرفیت، چنین کارکردی را می‌توان انجام داد. به‌علاوه ارتباطات میان انباشته‌های بالادستی و پایین دستی در عملیات‌های واقعی شکل داده می‌شوند. متأسفانه تا کنون با داده‌های دردست در رابطه با عملیات‌های واقعی و روابط میان انباشته‌ها به‌عنوان دو مفهوم مجزا برخورد شده است. به‌طور مشخص، داده‌های عملیاتی نباید در سطح سفارش تولید ثبت شوند؛ زیرا در آن صورت داده‌های عملیاتی روی کلیه‌ی روابط (چند سطحی) متراکم می‌شوند و مشخص کردن محدوده یک موضوع خاص غیر ممکن خواهد شد. این موضوع را می‌توان با اضافه کردن یک رابطه نیازمندی مواد بین موجودیت عملیات واقعی و موجودیت رابطه در مدل داده‌ای لحاظ کرد (مراجعه به نمودار ۵).



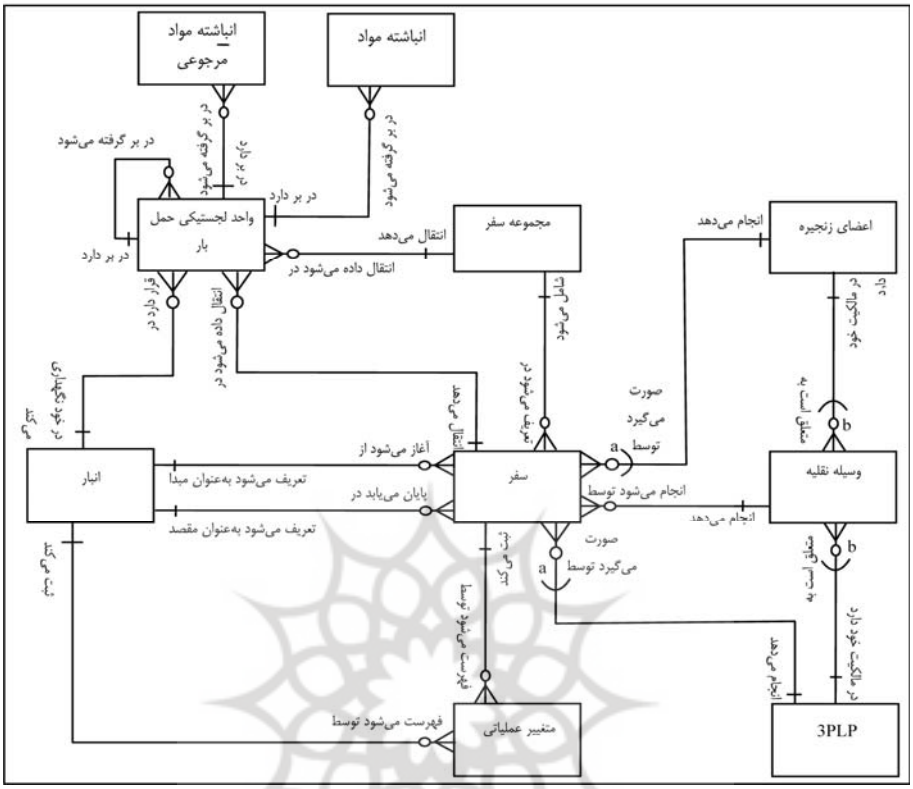
نمودار ۵. مرتبط ساختن عملیات مربوط به ترکیب شدن مواد طی فرآیند

مدل‌سازی موقعیت مواد در زنجیره‌ی تأمین

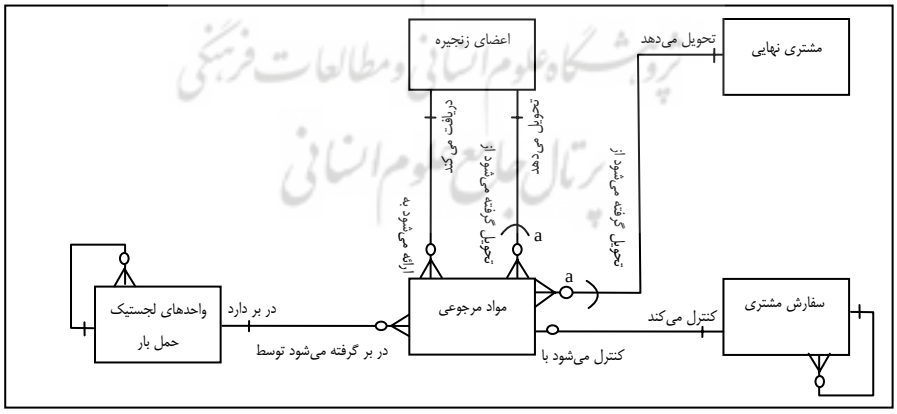
مواد و انباشته‌های مواد اعم از مواد اولیه، موجودی در جریان ساخت، محصول نهایی یا مواد مرجوعی در واحدهای لجستیکی حمل بار، نظیر پالت و کانتینر بسته‌بندی شده و در انبارهای مختلف بنا به ضرورت مصرف می‌شوند. از این رو مدل‌سازی واحدهای لجستیکی حمل بار شامل یک رابطه بازگشتی نیز می‌شود.

مدل‌سازی مواد مرجوعی و برگشتی

مواد مرجوعی توسط مشتری دریافت کننده مواد که می‌تواند هر یک از اعضای زنجیره نظیر خرده‌فروش، توزیع‌کننده، تأمین‌کنندگان در لایه‌های مختلف و همچنین مشتری نهایی باشد، به سیستم بازگردانده می‌شوند و جریان رو به عقب خود را آغاز می‌کنند. اولین گام در دریافت مواد مرجوعی بررسی اعتبار مواد است. به‌عبارتی پاسخ به این سؤال که آیا مواد دارای سابقه تاریخی در مجموعه است یا خیر؟ این موضوع با بررسی مشخصات شناسایی مواد و سوابق مربوط به سفارشات ثبت شده آن در داخل زنجیره صورت می‌گیرد. پس از تشخیص عیب محصول با بررسی سوابق و تحلیل داده‌های ثبت شده در سیستم امکان تحلیل علت عیب فراهم می‌شود. این موضوع به تعیین عضوی از زنجیره که مسئولیت برطرف کردن عیب یا جبران خسارت وارده را دارد کمک می‌کند. در نهایت مواد مرجوعی به انبارهای مخصوص نزد هر یک از اعضاء انتقال داده شده و در واحدهای لجستیکی حمل بار بسته‌بندی شده و به چرخه زنجیره‌ی تأمین باز می‌گردند (نمودار ۷).



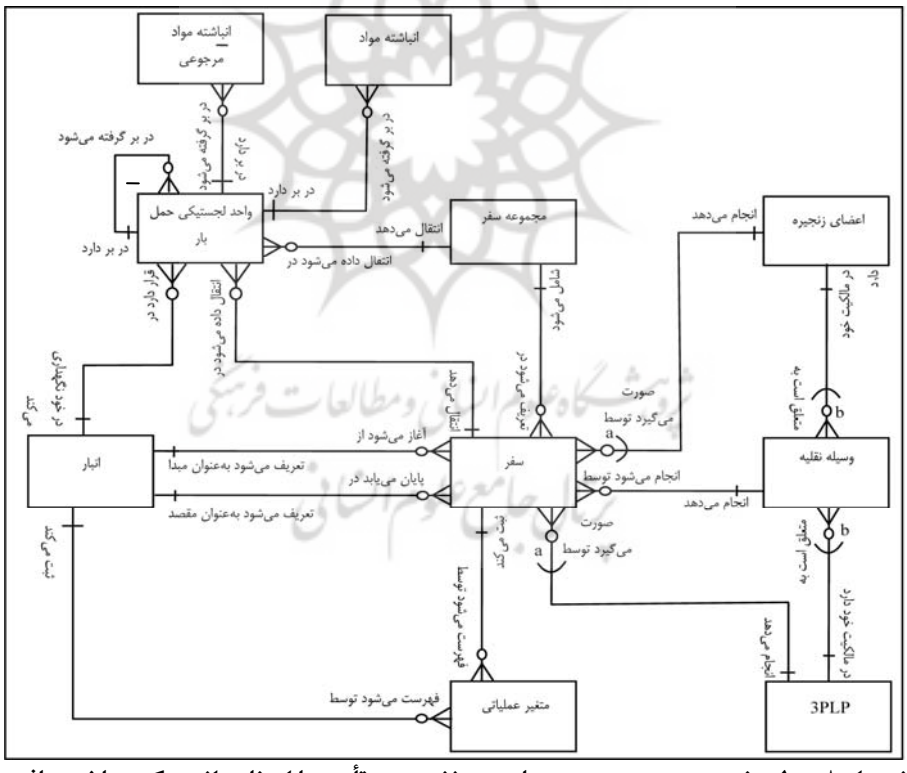
نمودار ۶. مدل‌سازی موقعیت مواد در زنجیره‌ی تأمین



نمودار۷. مدل‌سازی مواد مرجوعی

نگاهی کلی بر مدل مفهومی مرجع

مدل مرجع به منظور همسو کردن و وفق دادن کارکردهای ثبت روابط تاریخی میان انباشته‌ها و یا دسته‌ها، ثبت عملیات‌هایی که روی انباشته‌ها و یا دسته‌ها انجام می‌شوند، ثبت موقعیت مواد و هدایت مواد برگشتی و مرجوعی در زنجیره‌ی تأمین، ثبت متغیرها و مقادیر عملیاتی مربوط طراحی می‌شود. این مؤلفه‌های طرح، به‌عنوان مقتضیات اصلی و یا اصول طراحی مدل شناخته شدند. مدل جامعی که در حال حاضر پیشنهاد شده است، انواع موجودیت‌های داده‌ای مربوط و انواع روابطی را که قلم تولیدی، مسئول سفارش تولید، انباشته مواد تأمین شده، سوابق مواد تشکیل دهنده‌ی قطعات، داده‌های فرآیند (تولید) و واحدهای ظرفیتی که فرآیند در آن‌ها صورت گرفته است، سوابق تاریخی موقعیت‌ها و جابجایی‌های مواد در بر می‌گیرند. مدل داده‌ای مرجع (نمودار ۸)، قابلیت کارکردی لازم جهت ایجاد قابلیت ردیابی در ساخت و تولید را نمایش می‌دهد.



نمودار ۸. مدل مفهومی مرجع سیستم ردیابی در زنجیره‌ی تأمین با استفاده از رویکرد ساخت یافته

ارایه نتایج پژوهش و پیشنهادها

در این مقاله مدل مفهومی مرجعی برای قابلیت ردیابی بر اساس شش اصل شامل ۱) مدل‌سازی روابط میان داده‌های وابسته به شرایط و مستقل از شرایط؛ ۲) مدل‌سازی ترکیب واقعی محصولات تولیدی در فهرست انباشته‌ها؛ ۳) مدل‌سازی عملیات‌های واقعی و خصوصیات عملیات؛ ۴) مدل‌سازی ابزارآلات و تجهیزات واقعی مورد استفاده در تولید؛ ۵) مدل‌سازی جابجایی‌ها و بسته‌بندی‌های مواد و ۶) مدل‌سازی هدایت مواد مرجوعی و برگشتی در زنجیره‌ی تأمین توسعه داده شد.

قسمت مهمی از داده‌های ضبط شده توسط سیستم‌های اطلاعاتی محصول و تولید، نرم‌افزار برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP)، روی اطلاعات انواع محصول تمرکز می‌کند. از این منظر شاید ضرورتی جهت تمایز میان نمونه‌های مشخص انواع محصولات وجود نداشته باشد. اما برای قابلیت ردیابی یک پیش‌شرط و الزام است. مطالعات نشان دادند، روابط تاریخی میان انباشته‌ها و دسته‌های تکمیل شده، در صورت لزوم، نیازهای مربوط به کشف ترکیب واقعی یک محصول را برآورده می‌سازند. در فهرست انباشته‌ها اینکه کدام بسته ورودی در کدام بسته خروجی مورد مصرف قرار می‌گیرد، ضبط می‌شود. علاوه‌بر آن، مهم است که ابزارآلات تولیدی و فرآیندهایی را که در تولید محصولی به‌کار رفته و همچنین خصوصیاتی (متغیرها و مقادیر) را که در زمان خاصی معتبر بودند شناسایی شوند. با توجه به کلیه‌ی سوابق در مدل می‌توان در رابطه با مواد مرجوعی به تشخیص عیب، تعیین علت و امکان ارجاع آن به هر یک از اعضاء زنجیره اقدام کرد.

قابلیت کارکردی مدل داده‌ای مرجع قابلیت ردیابی پیشرو و پسرو اقلام را فراهم می‌سازد. ردیابی پسرو به‌منظور کشف منبع و ریشه یک مشکل یا عیب در محصول و ردیابی پیشرو به‌منظور یافتن کلیه‌ی محصولاتی که خصوصیات ناخواسته مشابهی دارند، به‌کار می‌روند. مدل داده‌ای به‌خوبی در سطح یک سازمان خاص و در سطح زنجیره‌ی تأمین قابلیت به‌کارگیری را دارد و از این جهت مدل ارایه شده تسهیلات استانداردی برای شناسایی و مبادله اطلاعات در سطح زنجیره‌ی تأمین ارایه کرده است.

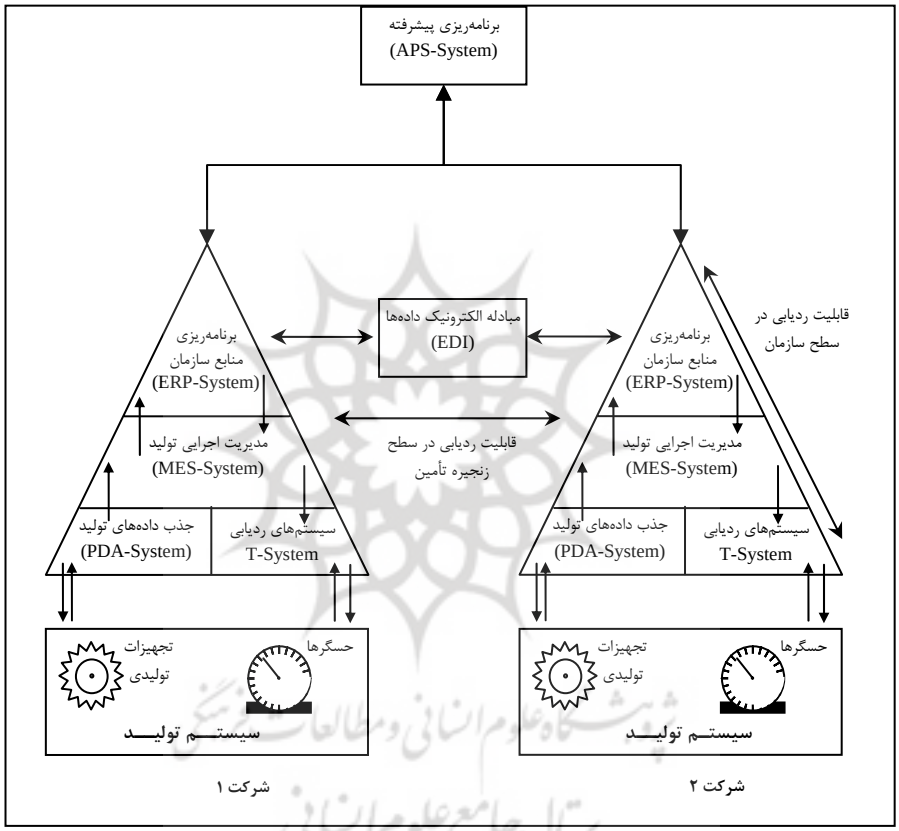
همان‌گونه که در مرور ادبیات اشاره شده است؛ ریشه بسیاری از چالش‌های مدیریت زنجیره‌ی تأمین ضعف اطلاعات به‌هنگام در زنجیره بود. راه‌حل‌هایی که توسط صاحبنظران نیز در این رابطه ارایه شده‌اند، اکثراً بر مبنای اطلاعات به‌هنگام می‌توانند به‌کار برده شوند.

مدل پیشنهادی برای سیستم ردیابی هر چهار استراتژی پاسخ‌گویی به تقاضا را پشتیبانی می‌کند و با در اختیار گذاشتن اطلاعات به‌هنگام از وضعیت مواد شامل مواد اولیه، در جریان ساخت و محصول نهایی امکان مدیریت بهینه لجستیک را در سراسر دامنه تعریف شده برای زنجیره‌ی تأمین فراهم می‌آورد. علاوه‌بر آن ارایه اطلاعات مربوط به مواد در حال انتقال به دریافت‌کنندگان و اطلاعات موجودی آن‌ها به ارسال‌کنندگان در زنجیره‌ی تأمین پشتیبانی مناسبی از پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت موجودی توسط فروشنده (VMI) و برنامه‌ریزی، پیش‌بینی و پرکردن مشارکتی (CPFR) به‌عمل می‌آورد. همچنین جریان مواد مرجوعی در زنجیره کمک شایان توجهی به ارزیابی تأمین کنندگان و منبع‌یابی در زنجیره‌ی تأمین می‌کند. تسهیل جریان مواد مرجوعی و همچنین پشتیبانی از لجستیک معکوس جهت بازیافت محصولات نقش دیگری است که مدل ارایه شده در پشتیبانی از فرآیندهایی مدیریت زنجیره‌ی تأمین بر عهده دارد.

نوع رویکرد و نگرش شیءگرا در تهیه مدل مربوط، تعریف چندین زنجیره‌ی تأمین را (به‌عنوان اعضای یک زنجیره‌ی تأمین بزرگ‌تر) امکان‌پذیر می‌کند. در واقع، اعضا زنجیره‌ی تأمین جدید خود زنجیره‌های تأمینی هستند که با یکدیگر تعامل دارند. ولی نکته‌ی قابل توجه در این رابطه، بحث هزینه‌های پیاده‌سازی سیستم ردیابی در این شکل گسترده و تقسیم منافع و هزینه‌های آن است. این سؤال به‌عنوان مهم‌ترین سوال در بحث «به اشتراک گذاری اطلاعات» در ادبیات مدیریت زنجیره‌ی تأمین مطرح است. نمودار ۹ چگونگی اجرای موارد گفته شده را نشان می‌دهد.

در صنایع تولید چرخشی (نظیر صنایع ریخته‌گری، پتروشیمی و بازیافت) قسمتی از موادی که فرآیند را طی کرده‌اند؛ دوباره به سیستم باز می‌گردند. مدل داده‌ای مرجع ثبت چنین وقایعی را پشتیبانی نمی‌کند. راه‌حلی که ارتباط میان مواد را در عملیات‌های چرخشی واقعی ثبت کند، می‌تواند یک قابلیت کارکردی در مدل‌های بهبود یافته آتی ارایه شود. مدل ارایه شده در این پژوهش در سطح لایه زیر ساخت و به‌منظور فراهم آوردن زیرساخت داده‌ای لازم برای استقرار سیستم ردیابی به‌کار می‌رود. بررسی شرایط به‌کارگیری، شناسایی مقتضیات، تعیین تکنولوژی و همچنین انطباق اهداف استراتژیک تعیین شده برای سیستم اطلاعاتی با قابلیت‌های کارکردی آن می‌تواند موضوعی جالب برای انطباق‌پذیر کردن سیستم در شرایط محلی خاص مورد توجه قرار گیرد. در انتها

پیشنهاد می‌شود، برای بررسی کمی آثار استقرار سیستم ردیابی در زنجیره‌ی تأمین، اقدام به شبیه‌سازی اثر استقرار سیستم اطلاعاتی ردیابی مواد پرداخت. این موضوع کمک مؤثری در مهندسی مجدد فرآیندهای زنجیره‌ی تأمین و استفاده و توسعه بهروش‌های موجود (نظیر SCOR) در این زمینه می‌کند.



نمودار ۹. ارتباطات سیستم‌های اطلاعاتی در سطح سازمان و زنجیره‌ی تأمین

منابع

1. APICS (1998). APICS dictionary. Int. J. F. Cox III, & J. H. Blackstone Jr. (Eds.), The educational society for resource management (9th ed.). USA.

2. Ala-Risku T, Karkkainen M (2006). Material delivery problems in construction projects: A possible solution. Int. J. Production Economics (104): 19-29.

3. Bemelmans T. M. A (1998). Administrative information systems and automation (7th revised ed.). Kluwer Publishing.

4. Bertolini M, Bevilacqua M, Massini R (2004). FMECA approach to product traceability in the food industry. Food Control.

5. Bertrand J. W. M, Wortmann J. C, Wijngaard J (1990). Production control: A structural and design oriented approach, Eindhoven University of technology. The Netherlands: Elsevier Science Publishers.

6. Beulens A.J.M, Broens D, Folstar P, Hofstede G.J (2005). Food safety and transparency in food chains and networks Relationships and challenges. Food Control (16): 481-486.

7. Cheng M. J, Simmons J. E. L (1994). Traceability in manufacturing systems. International Journal of Operations and Production Management, 14(10): 4-16.

8. Dupuy C, Botta-Genoulaz V, Guinet A (2005). Batch dispersion model to optimize traceability in food industry. Journal of Food Engineering (70): 333-339.

9. Dabbenea F, Gayb P (2011). Food traceability systems: Performance evaluation and optimization. Computers and Electronics in Agriculture; (75): 139-146.

10. Elmasri R, Navathe S. B (2000). Fundamentals of database systems (3rd ed.). Reading, MA, USA: Addison- Wesley.

11. Fleisch E, Tellkamp C (2004). Inventory inaccuracy and supply chain performance: a simulation study of a retail supply chain. Int. J. Production Economics.

12. Guercini S, Runfola A (2009). The integration between marketing and purchasing in the traceability process. Industrial Marketing Management (38): 883-891.

13. Olmstrom J, Framling K., Ala-Risku T (2010). The uses of tracking in operations management: Synthesis of a research program. Int. J. Production Economics (126) 267-275.

14. Iivari J, Hirschheim R, Klein H. K (1998). A paradigmatic analysis contrasting information systems development approaches and methodologies. Information Systems Research; 9(2):164-93.

15. Jansen-Vullers M.H-,van Dorp C.A-, Beulens A.J.M (2003). Managing traceability information in manufacture. International Journal of Information Management (23): 395-413.

16. Kim J, Tang K, Kumara S, (2008). Value analysis of location-enabled radio-frequency identification information on delivery chain performance. Int. J. Production Economics (112): 403-415.

17. Lindau R, Lumsden K (1999). The use of automatic data capture systems in inventory Management. Int. J. Production Economics (59): 159-167.

18. Loos P (2001). Gozintographs for By-Products and Cyclic Production: An Approach for ERP System Application. In D. Strong, D. Straub, & J. I. DeGross (Eds.), Proceedings of the 7th Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2001), Boston, MA, USA, August 2–5. Association for Information Systems.

19. Manthou V, Vlachopoulou M (2001). Bar-code technology for inventory and marketing management systems: A model for its development and implementation. Int. J. production Economics 71 (2001): 157-164.

20. Moe T (1998). Perspectives on traceability in food manufacture. Food and Science Technology;(9): 211-214.

21. Myoung Ko J, Kwak C, Cho Y (2011). Adaptive product tracking in RFID-enabled large-scale supply chain. Expert Systems with Applications (38): 1583–1590.

22. Petroff J. N, Hill A. V. H (1991). A framework for the design of lot-tracing systems for the 1990s. Production and Inventory Management Journal; 32(2): 55-61.

23. Richter c. (1999). Designing flexible object-oriented systems with UML. MACMILLAN TECHNICAL PUBLISHING U.S.A.

24. Risku T, Karkkainen M (2005). Material delivery problems in construction projects: A possible solution. Int. J. Production Economics.

25. Scheer A. W (1998). Business process engineering: Reference models for industrial enterprises (Study ed.). Berlin, Heidelberg, Germany: Springer.

26. Steele D. C. A (1995). Structure for lot-tracing design. Production and Inventory Management Journal; 36(1): 53–59.

27. Verbeke W, Ward R.W (2005).Consumer interest in information cues denoting quality, traceability and origin: An application of ordered probit models to beef labels. Food Quality and Preference.

28. Wu N.C, Nystrom M.A, Lin T.R, Yu H.C (2005). Challenges to global RFID adoption. Technovation.

29. Yagi J, Arai E, Arai T (2004). Parts and packets unification radio frequency identification application for construction. Automation in Construction.

30. Yao A.C, Carlson J.G (1999). The impact of real-time data communication on inventory management. Int. J. Production Economics (59): 213–219.