

تحلیل استراتژیک اتخاذ فناوریهای اینترنت اشیا و بلاکچین در زنجیره تامین پایدار در تولید محصولات فسادپذیر

چکیده

در سالهای اخیر فناوریهای هوشمند ساز مانند اینترنت اشیا و بلاکچین، نقش چشم گیری در فرایندهای زنجیره تامین به خود گرفته اند. به همین دلیل در این مقاله استراتژیهای اتخاذ این فناوریهای پر اهمیت در عصر حاضر، در زنجیره تامین تولید محصولات فساد پذیر و تند مصرف با تاکید بر توسعه پایدار مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی ها نشان داده اند که توسعه بکارگیری اینترنت اشیا در فرایندها علاوه بر سرعت دهی بر استخراج داده ها، به تولید سبز و پایدار مخصوصا در توزیع محصولات فسادپذیر کمک میکند. علاوه بر این استفاده از فناوری بلاکچین به نسب هزینه ردیابی محصولات تند مصرف مرتبط میباشد. استفاده از فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا به صورت همزمان و حتی جداگانه صرف نظر از قدرت و وضعیت هر عضو فعال در فرایند های زنجیره تامین صنایع تند مصرف، می تواند ساخت شفافیت، دقت و سرعت فرایندهای زنجیره تامین را هدایت نموده و رشد دهند. همچنین از منظر حداکثر سازی سود کل در زنجیره تامین محصولات فسادپذیر، مدیران زنجیره های تامین باید ساخت سیستمهای شفاف و هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا و بلاکچین را تحت هماهنگی یک قرارداد تعرفه دو قسمتی هدایت کند. این مطالعه بینش های ارزشمندی را برای مدیران و کارشناسان فعال در زنجیره های تامین مخصوصا زنجیره های تامین محصولات تند مصرف ارائه می دهد تا این فناوریها را اتخاذ کنند و بتوانند این فرایندهای هوشمند را پیاده سازی کنند.

کلمات کلیدی: مدیریت زنجیره تامین، زنجیره تامین محصولات فسادپذیر، اینترنت اشیا، فناوری بلاکچین، زنجیره تامین پایدار

1- مقدمه

امروزه فناوریهای تحول آفرین نقش قدرتمندی در فرایندهای زنجیره تامین بازی می کنند. این فناوریها در زنجیره تامین محصولات فسادپذیر مانند مواد تند مصرف نقشی بسیار ضروری تر دارند. زیرا این مواد، مانند محصولات غذایی، آشامیدنی و لبنی نقشی بسیار حیاتی در زندگی روزمره مردم دارند. در حقیقت، مصرف محصولات تازه توسط مصرف کنندگان بسیار زیاد است. بر اساس تحقیقات در مورد خرده فروشی آسیا و اقیانوسیه، مصرف کنندگان آسیایی بیش از 50 درصد از قبض های غذایی خود را صرف محصولات تازه و مخصوصا فسادپذیر می کنند. به ویژه، با توسعه خرده فروشی آنلاین، مصرف محصولات تازه به تدریج از حالت آفلاین به آنلاین تغییر کرده است. در سالهای اخیر و به خصوص پس از همه گیری کووید 19 میزان اقبال از خرید آنلاین و به خصوص محصولات تازه و تند مصرف افزایش پیدا کرد و حتی کسانی که پیش از این اقبالی نسبت به این موضوع نداشتند، از این شیوه خرید مایحتاج استقبال کردند. با این وجود، محصولات تازه به دلیل روش های پیچیده حمل و نقل، ماندگاری کوتاه و مشکلات در نگهداری آنها به طور جدی خراب می شوند. نرخ بالای فرسودگی باعث شده است تا مصرف کنندگان به تازگی محصولات تازه توجه زیادی داشته باشند (دوتا¹ و همکاران 2023).

برای کاهش نرخ فرسودگی و اطمینان از تازگی محصولات تازه، شرکت های زنجیره تامین محصولات فسادپذیر معمولاً از لجستیک زنجیره سرد برای حمل و نقل محصولات خود استفاده می کنند. با توجه به اینکه لجستیک زنجیره سرد شخص ثالث دارای ویژگی های درجه بالایی از تخصص و استانداردسازی، پوشش گسترده شبکه لجستیک و هزینه کم است، اکثر شرکت های تولید محصولات تازه تمایل دارند تجارت لجستیک خود را به برون سپاری کنند. اگرچه لجستیک زنجیره سرد تا حد زیادی میزان زوال محصولات تازه را کاهش داده است، با این حال کیفیت محصولات تازه هنوز به طور موثر قابل تضمین نیست (هو² و همکاران، 2023). بدیهی است که برچسب زدن اطلاعات قابل ردیابی معتبر روی

¹ Dutta

² Hu

محصولات تازه، مانند اطلاعات تولید، اطلاعات ذخیره سازی و اطلاعات حمل و نقل، می تواند به مصرف کنندگان در درک کیفیت محصول کمک کند. دریافت اطلاعات و پیگیری فرایندها از دیگر امکاناتی است که تنها با استفاده از فناوریهای تحول آفرین ممکن میباشد. به همین دلایل شرکت های نوآور با ساختن یک سیستم ردیابی برای به دست آوردن اطلاعات قابلیت ردیابی، محصولات را ردیابی و پیگیری می کنند. باید توجه داشت که سطح سرمایه گذاری در قابلیت ردیابی اطلاعات محصول، اندازه واحد ردیابی محصول و درجه پیشرفته فناوری ردیابی، میزان و قابلیت اطمینان اطلاعات ردیابی را تعیین می کند. اینترنت اشیا فناوری است که به جمع آوری و ردیابی اطلاعات کمک میکند. همچنین فناوری بلاک چین یک فناوری ردیابی نوظهور و دارای ویژگی های غیرمتمرکز، باز بودن و شفافیت، حفاظت از رمزگذاری و ضد دستکاری است. در مقایسه با سایر فناوری های ردیابی، مانند فناوری شناسایی فرکانس رادیویی (RFID)، فناوری بلاک چین دو مزیت غیرقابل مقایسه در قابلیت ردیابی محصول دارد. یکی این است که مصرف کنندگان در کاربرد فناوری بلاک چین اعتماد بالایی دارند، یعنی با توجه به اطلاعات ردیابی محصول به دست آمده با استفاده از فناوری بلاک چین، مصرف کنندگان بهتر می توانند کیفیت را ارزیابی کرده و اصالت محصول را شناسایی کنند. مورد دیگر این است که شرکت های فعال و مبتنی بر اینترنت اشیا و بلاکچین وضعیت مصرف مصرف کنندگان را کاملاً درک می کنند (ناندا³ و همکاران، 2023).

در سال های اخیر، برای برآورده کردن نیازهای مصرف کنندگان و توسعه شرکت ها، برخی از غول های صنعت در استفاده از فناوری های اینترنت اشیا و بلاک چین برای ردیابی اطلاعات محصول، از جمله شرکت های تولید، شرکت های لجستیک و شرکت های تجارت الکترونیک، پیشگام شده اند. به عنوان مثال، برخی از شرکت ها از فناوری اینترنت اشیا و بلاک چین برای ردیابی ماهی تازه از اقیانوس تا سفره استفاده می کنند. مشتریان می توانند یک کد QR را روی بسته محصول اسکن کنند تا اطلاعات ماهی در بازار، از جمله اندازه صید، نقطه صید و جامعه ماهیگیری که آن را گرفته اند را مشاهده کنند (حسن و همکاران، 2023). بنادر، دفاتر گمرک، بانک ها و سایر سهامداران در زنجیره های تامین جهانی، حمل و نقل را دنبال می کنند. برخی از شرکتهای دیگر پلتفرم بلاک چین را برای ردیابی واردات گوشت گاو از تامین کنندگان خارجی ایجاد نموده اند. این پلتفرم می تواند اطلاعات مربوط به پرورش گاو، پردازش و حمل و نقل به مصرف کنندگان نهایی را ثبت کند. این شرکت ها ممکن است رهبران یا پیروان استفاده از فناوری اینترنت اشیا و بلاکچین در زنجیره تامین باشند. بنابراین، اینکه کدام گروه در زنجیره تامین باید منجر به ساخت سیستم ردیابی مبتنی بر اینترنت اشیا و بلاک چین شود نیز موضوعی است که ارزش تفکر دارد.

بنابراین درک استراتژیهای مختلف به منظور اتخاذ استراتژیهای اینترنت اشیا و بلاکچین در جهت توسعه زنجیره های تامین سرد و پایداری برای محصولات فسادپذیر و تند مصرف در عصر حاضر ضروری مینماید. لذا در این پژوهش چارچوبی برای اتخاذ این استراتژیها ارائه شده است که میتواند بینش عمیقی برای پیاده سازی زنجیره های تامین هوشمند در صنایع تند مصرف ایجاد نماید.

2- مرور ادبیات

مطالعات متعددی در مورد تصمیمات عملیاتی در توسعه زنجیره های تامین مبتنی بر اینترنت اشیا و بلاکچین در صنایع فسادپذیر و تند مصرف وجود دارد. در اینجا، ادبیات مربوط به هماهنگی زنجیره تامین و قیمت گذاری را مورد بررسی قرار میدهم. به عنوان مثال، کای⁴ و همکاران (2010) قیمت گذاری، مقدار سفارش و سطح تازگی در زنجیره تامین مواد تند مصرف را با در نظر گرفتن نرخ فساد محصولات در طول حمل و نقل تجزیه و تحلیل کردند. آنها دریافتند که قرارداد اشتراک تخفیف قیمت و قرارداد جبران خسارت می تواند از سود تامین کننده و توزیع کننده تحت تصمیم غیر متمرکز محافظت کند. ژو⁵ و همکاران (2010) در مورد مشکل قیمت گذاری پویا در مورد چندین محصول فاسد شدنی قابل تعویض پژوهش کردند. نتایج نشان داد که قیمت محصول به طور یکنواخت با کیفیت، موجودی و زمان مرتبط است. وانگ و چن⁶ (2017) قیمت گذاری را در زنجیره تامین محصولات فسادپذیر بررسی کردند. آنها دریافتند که قرارداد ترکیبی می تواند به هماهنگی در زنجیره تامین

³ Nanda

⁴ Cai

⁵ Xu

⁶ Wang and Chen

کمک کند. لی^۷ و همکاران (2018) تصمیمات قیمت گذاری و موجودی در زنجیره تامین مواد غذایی را با زوال قابل کنترل و اختلال در تولید مطالعه کردند. آنها دریافتند که سرمایه گذاری در حفظ محصول برای همه اعضای زنجیره تامین مفید است و همکاری عمودی بین اعضای زنجیره تامین می تواند به افزایش سود کل و کاهش انتشار کربن کمک کند. ما^۸ و همکاران (2019) هماهنگی زنجیره تامین محصولات کشاورزی تازه با عدم تقارن اطلاعاتی را بررسی کردند. آنها دریافتند که درآمد و تقسیم هزینه می تواند به حذف انگیزه اعضای زنجیره تامین برای اغراق در تقاضای بازار کمک کند.

محمدی و همکاران (2019) مکانیسم هماهنگی مبتنی بر اشتراک درآمد و اشتراک سرمایه گذاری فناوری حفظ تازگی را پیشنهاد می کند. تحقیقات آنها نشان می دهد که مکانیسم هماهنگی نه تنها ضایعات محصول را کاهش نمی دهد، بلکه سود هر یک از اعضای زنجیره تامین محصولات فسادپذیر را نیز بهبود می بخشد. چن، تیان و هنگ^۹ (2020) تأثیر تلاش خرده فروشان برای حفظ تازگی را بر قیمت گذاری بهینه محصولات فاسد شدنی بررسی کردند. آنها دریافتند که هر چه نسبت تازگی بیشتر باشد، سود بهینه خرده فروش بیشتر است. توجه داشته باشید که مطالعات خلاصه شده در بالا، استراتژی قیمت گذاری زنجیره تامین مواد فسادپذیر و تند مصرف را هنگام اتخاذ فناوریهای اینترنت اشیا و بلاک چین و استراتژی اشتراک گذاری هزینه ردیابی مبتنی بر فناوری بلاک چین در نظر نمی گیرد. آنها همچنین تصمیمات مربوط به سطح اطلاعات ردیابی فناوری بلاک چین را در نظر نمی گیرند. در مقابل، مطالعه ما بر این جنبه ها تمرکز دارد که می تواند به جبران کاستی ها یا محدودیت های پژوهش های موجود کمک کند.

در زمینه استخراج و استفاده از داده ها به منظور ردیابی در زنجیره تامین محصولات فسادپذیر و تند مصرف تحقیقات بسیاری صورت گرفته است. به عنوان مثال، گبرسن بت^{۱۰} و همکاران (2013) مطالعات موجود در مورد قابلیت ردیابی مواد غذایی را بررسی کردند که شامل تعریف، عوامل محرک، مزایا و موانع سیستم ردیابی مواد غذایی است. آنها بر این باورند که زنجیره تامین مواد غذایی باید به اندازه کافی اطلاعاتی را که مصرف کنندگان باید بدانند، مانند ویژگی های غذا، کشور مبدأ، رفاه حیوانات و اطلاعات مهندسی ژنتیک ارائه دهد، که منجر به افزایش اعتماد مصرف کنندگان به غذا می شود. شانکار، گوپتا و پاتاک^{۱۱} (2018) تأثیر رضایت مصرف کننده، مدیریت ترافیک مؤثر، برند سازنده و مقررات دولتی، از جمله عوامل دیگر، بر قابلیت ردیابی سیستم لجستیک مواد غذایی را تحلیل کردند. اولسن و بوریت^{۱۲} (2018) اجرای عملی سیستم های ردیابی در صنایع غذایی را مطالعه کردند. آنها نشان دادند که اجزای اصلی سیستم ردیابی مواد غذایی باید شامل مکانیسم شناسایی واحد منبع قابل ردیابی، مکانیسم ثبت تبدیل و مکانیزم ثبت ویژگی های واحد منبع قابل ردیابی باشد.

در سال های اخیر، کاربرد فناوری های اینترنت اشیا و بلاک چین در مدیریت زنجیره تامین به شدت مورد توجه برخی از محققان قرار گرفته است (فن، وو و کائو^{۱۳} 2020؛ کو، دولگی، و سرکیس^{۱۴} 2020؛ چانگ، یاکوو و شی^{۱۵} 2020). به عنوان مثال، آزی، چمون و سوخن^{۱۶} (2019) معتقدند که استفاده از فناوری بلاک چین در زنجیره های تامین، مزایای زیادی از جمله افزایش سطح اعتماد بین تولید کنندگان و مصرف کنندگان، کاهش یا حذف تقلب و محصولات تقلبی و ایجاد نقطه شفاف تر و دقیق تر به همراه خواهد داشت. استیونسون و آیتکن^{۱۷} (2019) کاربرد بالقوه فناوری بلاک چین را از منظر عملیات و مدیریت زنجیره تامین بررسی می کنند. آنها دریافتند که فناوری بلاک چین می تواند مدیریت کیفیت

⁷ Li

⁸ Ma

⁹ Chen, Tian, and Hang

¹⁰ Gebresenbet

¹¹ Shankar, Gupta, and Pathak

¹² Olsen and Borit

¹³ Fan, Wu, and Cao

¹⁴ Koh, Dolgui, and Sarkis

¹⁵ Chang, Iakovou, and Shi

¹⁶ Azzi, Chamoun, and Sokhn

¹⁷ Cole, Stevenson, and Aitken

را بهبود بخشد و جعل غیرقانونی را کاهش دهد. ژائو، لیو و لوپز^{۱۸} (2019) کاربرد اصلی فناوری بلاک چین را در زنجیره ارزش کشاورزی بررسی کردند. آنها اشاره کردند که ترکیب فناوری بلاک چین، فناوری اطلاعات و ارتباطات پیشرفته و فناوری اینترنت اشیا می تواند مدیریت زنجیره ارزش کشاورزی را بهبود بخشد. چوی^{۱۹} (2019) مدل های عملیاتی را که توسط ابزارهای مصرف کننده مختلف هدایت می شوند را بررسی کرده است. او ارزش پلت فرم پشتیبانی از فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا را در تأیید و صدور گواهینامه تجزیه و تحلیل می کند.

چوی، فنگ و لی^{۲۰} (2020) ساختار افشای اطلاعات محصول را که توسط فناوری بلاک چین در زنجیره تامین خدمات اجاره پشتیبانی می شود، بررسی کردند. نتایج نشان می دهد که دو پلتفرم خدمات اجاره رقیب باید اطلاعات محصول را زمانی که هزینه حسابرسی اطلاعات به اندازه کافی کم است تا آنجا که ممکن است افشا کنند. چوی^{۲۱} و همکاران (2020) بررسی کردند که چگونه نگرش مصرف کنندگان نسبت به ریسک بر تصمیم بهینه قیمت گذاری خدمات پلت فرم درخواستی، مازاد مصرف کنندگان، سود مورد انتظار و ریسک سود پلت فرم تاثیر می گذارد. آنها دریافتند که فناوری بلاک چین و نگرش مصرف کنندگان نسبت به ریسک نقش مهمی در تعیین قیمت بهینه خدمات ایفا می کند. در جدول 1، مهمترین شاخصهای اتخاذ فناوری اینترنت اشیا و بلاکچین در زنجیره تامین محصولات فسادپذیر نشان داده شده است.

جدول 1: مهمترین شاخصهای اتخاذ فناوری اینترنت اشیا و بلاکچین در زنجیره تامین محصولات فسادپذیر

کد	عوامل توانمندساز
A1	شفافیت مالی و قراردادهای
A2	کاهش هزینه های تولید و توزیع
A3	نظارت بر ذخیره سازی سرد
A4	نظارت بر توزیع به هنگام
A5	نظارت بهینه کیفیت و تاریخ انقضا محصولات
A6	نظارت بر اصالت محصولات
A7	ایجاد شفافیت بین تولید کنندگان و مصرف کنندگان
A8	قابلیت ردیابی مواد تند مصرف
A9	افزایش اعتماد

3- روش تحقیق

هدف اصلی از انجام این پژوهش، ارائه چارچوب استراتژیک برای اتخاذ فناوریهای بلاکچین و اینترنت اشیا در زنجیره تامین مواد فسادپذیر و تند مصرف است، در همین راستا از نظر هدف، کاربردی میباشد. این پژوهش از نظر ماهیت و روش پژوهش، توصیفی-پیمایشی میباشد. روشهای کتابخانه‌ای و روشهای میدانی دو روش مورد استفاده در گردآوری داده ها در این پژوهش هستند. به منظور بررسی استراتژیهای اتخاذ این فناوریها از با استفاده از مطالعات میدانی و بررسی نظرات خبرگان استفاده شده است. خبرگان پژوهش از میان افراد فعال در زنجیره تامین شرکت های

¹⁸ Zhao, Liu, and Lopez

¹⁹ Choi

²⁰ Choi, Feng, and Li

²¹ Choi

FMCG و آشنا با مفاهیم فناوری انتخاب شدند (۱۰ خبره). همچنین ۵ خبره دانشگاهی نیز که دارای سوابق پژوهش مرتبط بودند به عنوان خبرگان این پژوهش در نظر گرفته شدند. در این پژوهش در ابتدا مهمترین عوامل تاثیر گذار بر اتخاذ این فناوریها با استفاده از مرور ادبیات استخراج گردید و سپس با استفاده از نظرات خبرگان روابط علی و معلولی شکل گرفت. با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره میزان اثرگذاری و اثر پذیری تحلیل شد و در نهایت چاقویی مفهومی برای این سیستمهای هوشمند زنجیره تامین محصولات فسادپذیر با تاکید بر فناوری اینترنت اشیا و بلاکچین ارائه میشود.

1-3 دیمتل فازی

در روشهای تصمیم گیری چند معیاره، تکنیک های مختلفی وجود دارند که هدفشان ارزیابی عوامل از نظر تاثیرگذاری و تاثیرپذیری است که تکنیک دیمتل در زمره این روشها قرار می گیرد. دیمتل می تواند به طور مؤثر ساختار یک نقشه روابط را با روابط متقابل واضح بین زیر معیارها برای هر معیار بسازد. همچنین می توان از آن برای ایجاد نمودارهای علی استفاده کرد که بتوانند رابطه علی و معلولی زیر سیستمها را تجسم کنند. اگرچه روش های کمی سنتی راه حل های دقیقی را ارائه می دهند، اما به دلیل پیچیدگی های ناشی از عوامل انسانی برای حل مسائل دنیای واقعی مفید نیستند. بنابراین ، مفاهیم نظریه مجموعه فازی توسط زاده معرفی شده اند. در برنامه های دنیای واقعی ، مسائل تصمیم گیری باید تحت عدم اطمینان انجام شوند زیرا اهداف ، محدودیت ها و اقدامات مبهم هستند. به همین دلایل در این مقاله از روش دیمتل فازی برای بررسی روابط علی و معلولی استفاده شده است.

روش دیمتل فازی به بررسی روابط بین معیارها و زیرمعیارها میپردازد و توسط ماتریس ارتباط کل معیارهای تأثیرگذار و تأثیرپذیر (یا به عبارتی دیگر معیارهای علی و معلول) را مشخص میسازد. این روش از روشهای تصمیمگیری چند شاخصه است. همانطور که از نام این روش پیداست تمامی محاسبات در محیط فازی صورت میگیرد. بنابراین برای انجام محاسبات روش دیمتل با رویکرد فازی باید از طیف زبانی مناسب برای جمع آوری داده ها استفاده شود. مقیاس زبان فازی در جدول 2 آورده شده است.

جدول 2: مقیاس فازی زبانی برای روش دیمتل

مقیاس فازی مثلثی	متغیر زبانی
(0,0,0.25)	خیلی پایین
(0,0.25,0.5)	پایین
(0.25,0.5,0.75)	متوسط
(0.5,0.75,1)	زیاد
(0.75,1,1)	خیلی زیاد

مدلهای بسیاری برای انجام محاسبات دیمتل فازی پیشنهاد شده است و روشهای فازی سازی به شدت بر الگوی رایج مورد استفاده تأثیر گذاشته است. الگوریتم پیاده سازی دیمتل فازی به شرح زیر است:

- مرحله 1: محاسبه ماتریس رابطه مستقیم

پس از جمع آوری دیدگاه کارشناسان، ماتریس ارتباط مستقیم فازی $\tilde{X}$ تشکیل میشود. از روش میانگین فازی ساده برای تجميع نظرات خبرگان استفاده میشود. اگر n کارشناس وجود داشته باشد و هر شیء ماتریس فازی مستقیم با نشان $\tilde{X}_{IJ}$ داده شود، آنگاه به صورت زیر محاسبه میشود:

$$\tilde{X}_{ij} = \left(\frac{\sum l_{ij}}{n}, \frac{\sum m_{ij}}{n}, \frac{\sum u_{ij}}{n} \right) \quad (1)$$

• **مرحله 2: نرمالسازی ماتریس رابطه مستقیم**

برای نرمال کردن مقدار $\sum u_{ij}$ باید در هر ردیف باید محاسبه شود. با تقسیم ماتریس $\tilde{X}$ بر مقادیر حداکثر، مقادیر ماتریس نرمال فازی به دست میآید:

$$k = \max \left(\sum_{j=1}^n u_{ij} \right) \quad (2)$$

$$\tilde{N} = \frac{1}{k} \tilde{X}$$

• **مرحله 3: محاسبه ماتریس رابطه کامل**

رابطه $N \times (I - N)^{-1}$ برای محاسبه ماتریس همبستگی کامل استفاده میشود. در دیمتل فازی، ماتریس فازی نرمال به سه ماتریس قطعی تقسیم میشود:

$$N_l = \begin{bmatrix} 0 & l_{12} & \dots & l_{1n} \\ l_{21} & 0 & \dots & l_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{2n} & l_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad N_u = \begin{bmatrix} 0 & u_{12} & \dots & u_{1n} \\ u_{21} & 0 & \dots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{2n} & u_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad N_m = \begin{bmatrix} 0 & m_{12} & \dots & m_{1n} \\ m_{21} & 0 & \dots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{2n} & m_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

سپس ماتریس $I_{n \times n}$ همانی تشکیل شده و عملیات زیر انجام میشود:

$$T_l = N_l \times (I - N_l)^{-1}, T_u = N_u \times (I - N_u)^{-1}, T_m = N_m \times (I - N_m)^{-1} \quad (4)$$

$$\tilde{t}_{ij} = (t_{ij}^l, t_{ij}^m, t_{ij}^u) \quad (5)$$

r و c را به عنوان دو ماتریس $n \times 1$ تعریف میکنیم که مجموع سطرها و ستون های ماتریس رابطه کامل را نشان میدهد.

$$r = [r_i]_{n \times 1} = \left(\sum_{j=1}^n t_{ij} \right)_{n \times 1} \quad (6)$$

$$c = [c_j]_{1 \times n} = \left(\sum_{i=1}^n t_{ij} \right)_{1 \times n} \quad (7)$$

r_i برابر است با مجموع ردیف i ام ماتریس رابطه کل T . بنابراین r_i اثر مجموع عامل i را بر سایر عوامل نشان میدهد. این اثر شامل اثرات مستقیم و غیر مستقیم است. c_j برابر است با مجموع ستون های j ماتریس کل رابطه T . بنابراین c_j نشاندهنده اثر کلی است که عامل j از سایر عوامل دریافت کرده است. این اثر شامل اثرات مستقیم و غیرمستقیم است. بنابراین، هنگامی که $j = i$ ، آنگاه $(r_i + c_i)$ برابر با کل اثر اعمال شده و دریافت شده توسط عامل i است. به عبارت دیگر $(r_i + c_i)$ میزان اهمیت فاکتور i را در سیستم نشان میدهد. $(r_i - c_i)$ همچنین نشان دهنده اثر خالصی است که عامل i بر کل سیستم اعمال میکند. هنگامیکه $(r_i - c_i)$ یک مقدار مثبت است، به این معنی است که عامل i یک عامل تأثیرگذار در کل سیستم است و زمانی که $(r_i - c_i)$ یک مقدار منفی است، به این معنی است که عامل i یک عامل تأثیرپذیر در سیستم میباشد.

• مرحله 4: تعیین مقدار آستانه و نقشه رابطه ای

در بسیاری از مطالعات، برای نشان دادن رابطه ساختاری بین عوامل، ضمن حفظ پیچیدگی سیستم به صورت قابل کنترل، لازم است مقدار آستانه ای p به گونه ای تعیین شود که تنها اثرات ناچیز در T نمایش داده شوند. فقط اثرات موجود در ماتریس T که بزرگتر از مقدار آستانه هستند باید انتخاب شده و در نمودار نقشه رابطه علی نمایش داده شوند. در این گام جمع سطر (D) و جمع ستون (R) ماتریس ارتباطات کامل را بدست می آوریم. و سپس مقدار $D + R$ و $D - R$ را محاسبه می-کنیم. در این فاز جهت دیفازی کردن مقادیر از روابط موصول دیفازی استفاده می-شود.

4- نتایج تحقیق

در این پژوهش عوامل موثر بر اتخاذ فناوری های اینترنت اشیا و بلاکچین در زنجیره تامین مواد تند مصرف و فسادپذیر مورد ارزیابی قرار گرفته اند. بدین منظور در مرحله اول همانگونه که در جدول 1، ارائه شده است مهمترین عوامل با استفاده از مرور ادبیات استخراج و با استفاده از نظرات خبرگان پالایش شده است. همچنین در این تحقیق از روش دیمتل فازی برای یافتن تأثیر عوامل بر یکدیگر استفاده شده است. بدین منظور برای تحلیل دقیق پرسشنامه های فازی برای پانزده خبره ارسال شد. این خبرگان از میان متخصصین فعال در حوزه زنجیره های تامین مواد تند مصرف انتخاب شدند. کارشناسان دارای سوابق خوب در حوزه مورد مطالعه بوده و با توجه به دسترسی محققین انتخاب شدند. از کارشناسان خواسته شد تا بر اساس متغیرهای زبانی، دیدگاه خود را در مورد میزان تأثیرات درونی این عوامل موثر بیان کنند. از این پرسشنامه ها، سیزده پرسشنامه تکمیل و دریافت شد. ماتریس رابطه مستقیم فازی برای عوامل موثر بر توانمندسازی آموزش هوشمند، همانطور که در جدول شماره (3) ارائه شده است، تشکیل شد.

جدول 3: ماتریس رابطه مستقیم فازی بین عوامل موثر بر اتخاذ فناوری های اینترنت اشیا و بلاکچین در زنجیره تامین مواد تند مصرف و فسادپذیر

	A1	A2	...	A8	A9
--	----	----	-----	----	----

A1	0	0	0				...	...	...	0.85	0.77	0.25	0.84	0.56	0.25
A2	0.85	0.77	0.45	0	0	0	...	...	...	0.92	0.81	0.24	0.82	0.75	0.34
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
A8	0.95	0.77	0.35	0.94	0.66	0.22	...	...	...	0	0	0	0.88	0.65	0.31
A9	0.92	0.82	0.27	0.89	0.74	0.36	...	...	...	0.84	0.66	0.22	0	0	0

در جدول شماره 4، ماتریس رابطه فازی کلی نشان داده شده است.

جدول 4: ماتریس کل رابطه فازی بین عوامل موثر بر اتخاذ فناوری های اینترنت اشیا و بلاکچین در زنجیره تامین مواد تند مصرف و

فسادپذیر

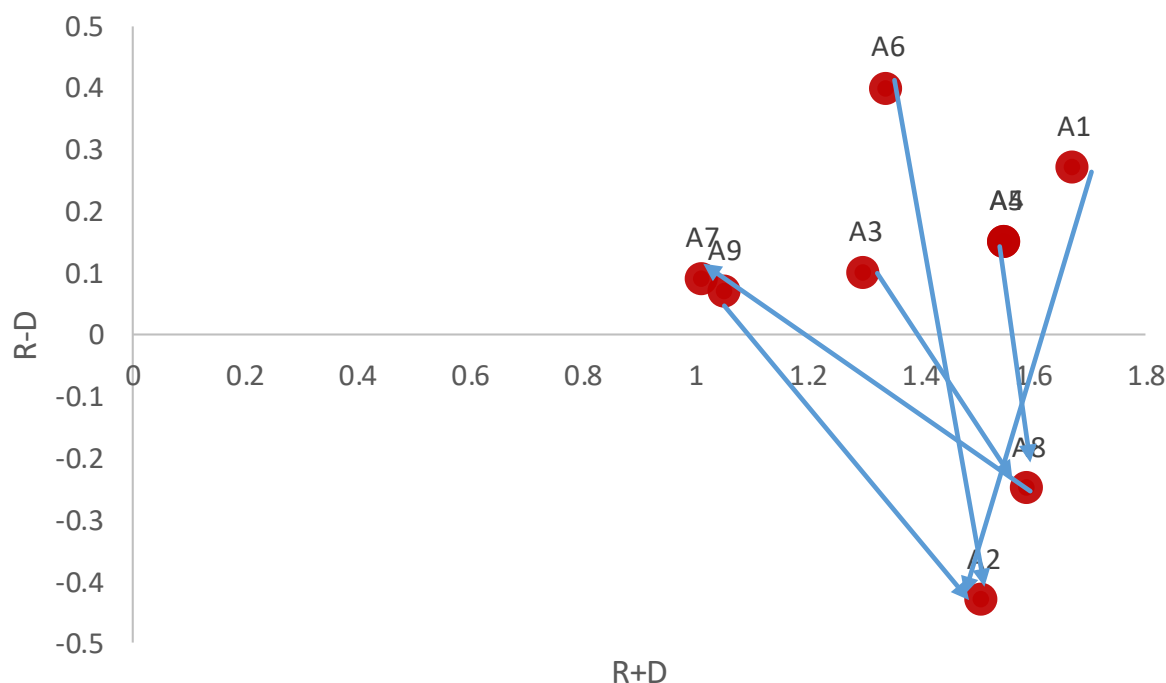
	A1			A2			...			A8			A9		
A1	0.23	0.11	0.04				...	...	...	0.19	0.11	0.05	0.11	0.10	0.03
A2	0.11	0.10	0.05	0.21	0.10	0.07	...	...	...	0.17	0.10	0.05	0.27	0.11	0.01
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
A8	0.22	0.12	0.04	0.22	0.11	0.02	...	...	...	0.14	0.10	0.05	0.16	0.10	0.02
A9	0.22	0.08	0.04	0.21	0.09	0.06	...	...	...	0.15	0.10	0.05	0.14	0.10	0.04

مجموع عناصر در ستونها و ردیفهای کل ماتریس برای عوامل موثر بر اتخاذ فناوری های اینترنت اشیا و بلاکچین در زنجیره تامین مواد تند مصرف و فسادپذیر برای ارائه نقشه رابطه ای محاسبه شد. این مقادیر را بردارهای مؤثر R و بردارهای مؤثر D مینامند. نتایج در جدول شماره (5) نشان داده شده است.

جدول 5: روابط علی و معلولی شاخصهای تاثیرگذار بر اتخاذ فناوری اینترنت اشیا و بلاکچین در زنجیره تامین محصولات فسادپذیر

کد	عامل موثر				D	R	D+R	D-R
A1	کاهش هزینه های تولید و توزیع				0.965	0.7	1.67	0.27
A2	نظارت بر ذخیره سازی سرد				0.539	0.97	1.51	-0.43
A3	نظارت بر توزیع به هنگام				0.67	0.6	1.3	0.1
A4	نظارت بهینه کیفیت و تاریخ انقضا محصولات				0.845	0.7	1.55	0.15
A5	نظارت بر اصالت محصولات				0.848	0.7	1.55	0.15
A6	ایجاد شفافیت بین تولید کنندگان و مصرف کنندگان				0.867	0.47	1.34	0.4
A7	قابلیت ردیابی مواد تند مصرف				0.559	0.46	1.01	0.09
A8	افزایش اعتماد				0.664	0.92	1.59	-0.25
A9	کاهش هزینه های تولید و توزیع				0.558	0.49	1.05	0.07

نتایج بدست آمده نشان میدهند که ایجاد شفافیت بین تولید کننده و مصرف کننده و نظارت بهینه بر کیفیت و تاریخ انقضا محصولات و نظارت بر اصالت محصولات دارای بالاترین تاثیرگذاری بوده و لذا در پیاده سازی زنجیره های تامین هوشمند مبتنی بر فناوریهای اینترنت اشیا و بلاکچین باید توجه ویژه ای بدان نمود. میزان اثرگذاری و اثرپذیری عوامل در شکل 1، نشان داده شده است.



شکل 1: میزان اثرگذاری و اثرپذیری شاخصهای تاثیرگذار بر اتخاذ فناوری اینترنت اشیا و بلاکچین در زنجیره تامین محصولات فسادپذیر

5- نتیجه گیری

در سالهای اخیر و با ظهور فناوریهای صنعت 4.0 و صنعت 5.0، استفاده از این فناوریها در فرایندهای کسب و کار دارای رشد چشمگیری بوده است. استفاده از این فناوریها در فرایندهای زنجیره تامین نیز همواره به عنوان یک تسهیل مهم در نظر گرفته میشود. به خصوص کاربرد این فناوریها در زنجیره تامین محصولات فسادپذیر بسیار زیاد است. زیرا این محصولات دارای اهمیت بالایی در زنجیره ارزش انشانها داشته و چربی از زندگی روزانه بشر می باشند. در همین راستا این فناوریها کمک شایانی به مفاهیمی مانند لجستیک سرد نموده اند. اگرچه لجستیک زنجیره سرد می تواند میزان زوال محصولات تازه را تا حد زیادی کاهش دهد، اما کیفیت محصولات تازه هنوز به طور موثر قابل تضمین نیست. فناوری اینترنت اشیا با قابلیت جمع اوری داده های بزرگ و فناوری بلاک چین فناوریهای ردیابی نوظهور میباشد. استفاده از این فناوری نه تنها اطلاعات قابل ردیابی قابل تاییدی را برای مصرف کنندگان فراهم نمی کند، بلکه به شرکت ها در نظارت بر کیفیت محصول نیز کمک می کند. بنابراین، فناوری بلاک چین توسط برخی شرکت ها از جمله شرکت های تولیدی، شرکت های لجستیک و شرکت های تجارت الکترونیک مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. برای بررسی استراتژی های اتخاذ فناوری های اینترنت اشیا و بلاک چین در زنجیره تامین مواد تندمصرف و فسادپذیر، این مقاله مهمترین عوامل تاثیرگذار را با استفاده از مرور ادبیات و نظرات خبرگان در نظر میگیرد. در این پژوهش خبرگان با اساس میزان فعالیت کاری و سوابق در بخش زنجیره تامین محصولات فسادپذیر و همینطور خبرگان دانشگاهی انتخاب شده اند. در ابتدا با استفاده از مرور ادبیات مهمترین شاخصها و عوامل موثر استخراج گردید و با استفاده از نظرات خبرگان این شاخصها پالایش شد. به منظور بررسی عوامل

تاثیرگذار و بررسی روابط علی و معلولی عوامل موثر بر اتخاذ فناوری اینترنت اشیا و بلاکچین در زنجیره تامین صنایع تند مصرف و فسادپذیر در این پژوهش از رویکرد تصمیم گیری چند معیاره دیمتل فازی استفاده گردید. نتایج نشان داد که ایجاد شفافیت بین تولید کننده و مصرف کننده و نظارت بهینه بر کیفیت و تاریخ انقضا محصولات و نظارت بر اصالت محصولات دارای بالاترین تاثیرگذاری میباشد. این بررسی دارای پیامدهای مدیریتی نیز میباشد. به همینطور شرکتها باید اولویت مصرف کنندگان را برای اطلاعات قابلیت ردیابی و هزینه ردیابی که مدیران متخصص فناوریهای اینترنت اشیا و بلاکچین متحمل می شود، در نظر بگیرند. هنگامی که شرکتی که به کار گیری فناوریهای اینترنت اشیا و بلاکچین را آغاز می کند هزینه ردیابی کمتری را متحمل می شود و ترجیح مصرف کنندگان برای اطلاعات ردیابی بیشتر است. بنابراین به نظر میرسد که با توجه به اهمیت موضوع، زنجیره تامین صنایع فسادپذیر باید فناوری اینترنت اشیا و بلاکچین را برای به دست آوردن اطلاعات قابل ردیابی تا حد امکان اتخاذ کند. علاوه بر این، هر شرکتی در فرایندهای زنجیره تامین می تواند از این فناوریها استفاده نماید.

منابع

- Hu, H., Xu, J., Liu, M., & Lim, M. K. (2023). Vaccine supply chain management: An intelligent system utilizing blockchain, IoT and machine learning. *Journal of business research*, 156, 113480.
- Nanda, S. K., Panda, S. K., & Dash, M. (2023). Medical supply chain integrated with blockchain and IoT to track the logistics of medical products. *Multimedia Tools and Applications*, 1-23.
- Hasan, I., Habib, M. M., Mohamed, Z., & Tewari, V. (2023). Integrated Agri-Food Supply Chain Model: An Application of IoT and Blockchain. *American Journal of Industrial and Business Management*, 13(2), 29-45.
- Cai, X., Chen, J., Xiao, Y., & Xu, X. (2010). Optimization and coordination of fresh product supply chains with freshness-keeping effort. *Production and Operations management*, 19(3), 261-278.
- Akçay, Y., Natarajan, H. P., & Xu, S. H. (2010). Joint dynamic pricing of multiple perishable products under consumer choice. *Management Science*, 56(8), 1345-1361.
- Wang, C., & Chen, X. (2017). Option pricing and coordination in the fresh produce supply chain with portfolio contracts. *Annals of Operations Research*, 248, 471-491.
- Ma, X., Wang, S., Islam, S. M., & Liu, X. (2019). Coordinating a three-echelon fresh agricultural products supply chain considering freshness-keeping effort with asymmetric information. *Applied Mathematical Modelling*, 67, 337-356.
- Huang, H., He, Y., & Li, D. (2018). Pricing and inventory decisions in the food supply chain with production disruption and controllable deterioration. *Journal of Cleaner Production*, 180, 280-296.
- Mohammadi, H., Ghazanfari, M., Pishvaei, M. S., & Teimoury, E. (2019). Fresh-product supply chain coordination and waste reduction using a revenue-and-preservation-technology-investment-sharing contract: A real-life case study. *Journal of cleaner production*, 213, 262-282.
- Chen, J., Tian, Z., & Hang, W. (2021). Optimal ordering and pricing policies in managing perishable products with quality deterioration. *International Journal of Production Research*, 59(15), 4472-4494.
- Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013). Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food control*, 33(1), 32-48.
- Shankar, R., Gupta, R., & Pathak, D. K. (2018). Modeling critical success factors of traceability for food logistics system. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 119, 205-222.
- Olsen, P., & Borit, M. (2018). The components of a food traceability system. *Trends in Food Science & Technology*, 77, 143-149.

Fan, Z. P., Wu, X. Y., & Cao, B. B. (2022). Considering the traceability awareness of consumers: Should the supply chain adopt the blockchain technology?. *Annals of Operations Research*, 1-24.

Zhao, G., Liu, S., Lopez, C., Lu, H., Elgueta, S., Chen, H., & Boshkoska, B. M. (2019). Blockchain technology in agri-food value chain management: A synthesis of applications, challenges and future research directions. *Computers in industry*, 109, 83-99.

Choi, T. M., Feng, L., & Li, R. (2020). Information disclosure structure in supply chains with rental service platforms in the blockchain technology era. *International Journal of Production Economics*, 221, 107473.

Choi, T. M., Guo, S., Liu, N., & Shi, X. (2020). Optimal pricing in on-demand-service-platform-operations with hired agents and risk-sensitive customers in the blockchain era. *European Journal of Operational Research*, 284(3), 1031-1042.

Choi, T. M. (2019). Blockchain-technology-supported platforms for diamond authentication and certification in luxury supply chains. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 128, 17-29.

Koh, L., Dolgui, A., & Sarkis, J. (2020). Blockchain in transport and logistics—paradigms and transitions. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2054-2062.

Azzi, R., Chamoun, R. K., & Sokhn, M. (2019). The power of a blockchain-based supply chain. *Computers & industrial engineering*, 135, 582-592.

Chang, Y., Iakovou, E., & Shi, W. (2020). Blockchain in global supply chains and cross border trade: a critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2082-2099.

Cole, R., Stevenson, M., & Aitken, J. (2019). Blockchain technology: implications for operations and supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(4), 469-483.

Dutta, P., Chavhan, R., Gowtham, P., & Singh, A. (2023, January). The individual and integrated impact of Blockchain and IoT on sustainable supply chains: A systematic review. In *Supply Chain Forum: An International Journal* (Vol. 24, No. 1, pp. 103-126). Taylor & Francis.