

هشتمین نمایشگاه و کنفرانس بین‌المللی صنعت پخش ایران

شبکه پخش زنده و ضدشکننده LDP-Ω

ترکیب تست فشار معکوس، اختیار واقعی بودجه‌ای، بازآرایی شبکه و یادگیری پس از بحران

مدل شبکه پخش زنده و ضدشکننده LDP-Ω

LIVING DISTRIBUTION NETWORK - OMEGA

گذار از تاب‌آوری منفعل به یادگیری و بازآرایی مستمر شبکه



نام نویسنده: زهرا پوراحدی

وابستگی سازمانی: گلپخش اول

ایمیل: Pourahadi.zahra@GolpakhsheAval.com

Zahra.pourahadi@gmail.com

LDP-Ω | شبکه پخش زنده و ضدشکننده

چکیده

صنعت پخش در محیطی فعالیت می‌کند که در آن نوسانات تقاضا، اختلالات ناوگان، محدودیت‌های تأمین، نوسان هزینه‌ها و تغییر رفتار مشتریان می‌توانند به صورت هم‌زمان رخ دهند. در چنین محیطی، رویکردهای متعارف تاب‌آوری عمدتاً بر توانایی شبکه برای جذب شوک و بازگشت به وضعیت پیش از اختلال تمرکز دارند؛ در حالی که چالش اساسی صنعت پخش، فراتر از بازگشت به شرایط قبلی، ایجاد قابلیت یادگیری، سازگاری و بهبود عملکرد پس از وقوع اختلال است.

این پژوهش چارچوب مفهومی «شبکه پخش پویا و ضدشکننده» با عنوان $LDP-\Omega$ را پیشنهاد می‌کند. در این چارچوب، شبکه پخش به عنوان یک سامانه پویا و یادگیرنده در نظر گرفته می‌شود که به صورت دوره‌ای در معرض آزمون‌های فشار قرار می‌گیرد، بخشی از ظرفیت‌های خود را به صورت انعطاف‌پذیر حفظ می‌کند، پس از هر اختلال قواعد تخصیص منابع را بازنگری می‌نماید و از نتایج اختلالات برای بازآرایی و بهبود عملکرد شبکه در دوره‌های بعد استفاده می‌کند.

نوآوری اصلی این چارچوب، انتقال مفهوم «اختیار واقعی» از حوزه سرمایه‌گذاری و تأمین مالی به سطح بودجه‌ریزی و ظرفیت عملیاتی شبکه پخش است. بر این اساس، تمامی منابع از ابتدا به صورت قطعی تخصیص داده نمی‌شوند؛ بلکه بخشی از ظرفیت بودجه، ناوگان، انبار یا تأمین به عنوان «ظرفیت اختیاری» حفظ می‌شود تا در صورت تحقق شرایط یا سناریوهای مشخص، فعال و به کارگیری شود. بدین ترتیب، انعطاف‌پذیری شبکه نه به عنوان یک ظرفیت بلااستفاده، بلکه به عنوان یک اختیار مدیریتی برای مواجهه با عدم قطعیت در نظر گرفته می‌شود.

در کنار این سازوکار، «آزمایشگاه بحران مجازی» با شبیه‌سازی سناریوهای مختلف فشار، عملکرد شبکه را پیش از وقوع اختلال واقعی ارزیابی می‌کند. در این فرآیند، شاخص «امتیاز فشار شبکه پخش (DSS)» برای سنجش میزان آسیب‌پذیری و ظرفیت واکنش شبکه در برابر سناریوهای مختلف به کار گرفته می‌شود. نتایج این آزمون‌ها می‌تواند مبنایی برای اصلاح تخصیص منابع، فعال‌سازی ظرفیت‌های اختیاری و بازآرایی شبکه قرار گیرد.

در مجموع، چارچوب $LDP-\Omega$ با پیوند دادن آزمون فشار، ظرفیت‌های اختیاری، بازنگری تخصیص منابع و یادگیری پس از اختلال، مسیر گذار شبکه پخش از وضعیت شکننده به تاب‌آور و در نهایت به ضدشکننده را تبیین می‌کند؛ به گونه‌ای که اختلال، در صورت وجود سازوکار مناسب یادگیری و بازآرایی، نه تنها موجب کاهش عملکرد شبکه نشود، بلکه به منبعی برای بهبود قابلیت‌های آینده آن تبدیل شود.

این مقاله یک مدل مفهومی و چارچوب اجرایی ارائه می‌کند و اعداد به کاررفته در نمودارها و شبیه‌سازی‌ها صرفاً جنبه نمونه و آموزشی دارند و بیانگر یافته‌های تجربی یک شرکت واقعی نیستند.

واژگان کلیدی: صنعت پخش، ضدشکنندگی، تاب‌آوری، اختیار واقعی، بودجه‌ریزی تطبیقی، آزمون فشار، بازآرایی شبکه، یادگیری سازمانی.

۱. مقدمه

سال‌های اخیر نشان داده‌اند که طراحی زنجیره تأمین صرفاً با هدف دستیابی به کارایی در شرایط عادی، برای مواجهه با محیط‌های پرنوسان و همراه با اختلال کافی نیست. ادبیات جدید تاب‌آوری زنجیره تأمین، در ادامه این مسیر، به مفهوم «ضدشکنندگی» توجه بیشتری نشان داده است؛ مفهومی که هدف آن تنها حفظ عملکرد یا بازگشت به وضعیت پیش از شوک نیست، بلکه بر ایجاد قابلیت یادگیری، سازگاری و بهبود عملکرد پس از اختلال تأکید دارد. یک مرور مفهومی منتشرشده در *Journal of Supply Chain Management*، ضدشکنندگی زنجیره تأمین را به‌عنوان قابلیت برای تبدیل اختلالات به فرصت‌هایی برای رشد و بهبود پس از بحران مطرح می‌کند. همچنین پژوهش‌های سال ۲۰۲۶ درباره «ارزش اختیار واقعی تاب‌آوری» نشان می‌دهند که انعطاف‌پذیری مدیریتی و امکان تصمیم‌گیری مرحله‌ای می‌تواند در شرایط عدم قطعیت، ارزش اقتصادی مستقلی ایجاد کند.

در صنعت پخش، اهمیت این موضوع دوچندان است؛ زیرا عملکرد شبکه به تعامل هم‌زمان میان شعب، انبارها، ناوگان حمل‌ونقل، تأمین‌کنندگان، مشتریان و جریان کالا وابسته است. در چنین ساختاری، اختلال در یکی از اجزای شبکه می‌تواند از طریق وابستگی‌های متقابل، بر سطح خدمت، فروش، موجودی و هزینه‌های عملیاتی اثر بگذارد. از این‌رو، مسئله اساسی این پژوهش آن است که آیا می‌توان شبکه پخش را به‌گونه‌ای طراحی کرد که علاوه بر حفظ عملکرد در مواجهه با اختلال، از نتایج هر اختلال برای اصلاح قواعد تخصیص منابع و بهبود ساختار شبکه در دوره‌های بعد استفاده کند؟

در پاسخ به این مسئله، این پژوهش چارچوب LDP- Ω را پیشنهاد می‌کند؛ چارچوبی برای ایجاد یک شبکه پخش پویا، آزمون‌پذیر و یادگیرنده که به‌جای اتکا به برنامه‌ریزی ثابت، سازوکارهایی همچون حفظ ظرفیت‌های انعطاف‌پذیر، آزمون فشار پیش‌نگر، تصمیم‌گیری مرحله‌ای و بازآرایی مستمر منابع و ساختار شبکه را در خود نهادینه می‌کند. در این چارچوب، اختلال صرفاً به‌عنوان رویدادی برای مدیریت و مهار تلقی نمی‌شود، بلکه به‌عنوان منبعی از اطلاعات و یادگیری برای ارتقای قابلیت‌های شبکه در دوره‌های بعدی در نظر گرفته می‌شود.

۲. پژوهش و شکاف نوآوری

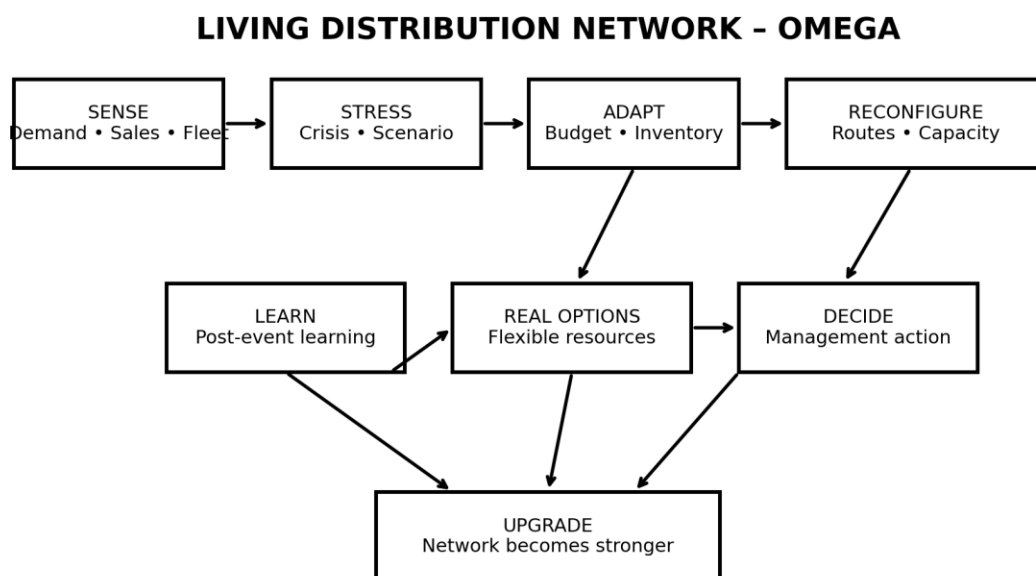
با وجود پیشرفت ادبیات تاب‌آوری و ضدشکنندگی، در طراحی و مدیریت شبکه‌های پخش همچنان چند شکاف مهم وجود دارد. نخست، در بسیاری از برنامه‌ریزی‌های پخش، بودجه و ظرفیت عملیاتی پیش از مشخص شدن شرایط واقعی بازار و تقاضا، به صورت نسبتاً قطعی تخصیص می‌یابد و در نتیجه، امکان واکنش مرحله‌ای به تغییرات و اختلالات محدود می‌شود. دوم، آزمون سناریو و تست فشار در بسیاری از موارد به صورت پروژه‌ای و موردی انجام می‌شود و کمتر به یک سازوکار مستمر برای یادگیری و اصلاح تصمیمات سازمانی تبدیل شده است.

از سوی دیگر، ارزیابی تاب‌آوری شبکه اغلب بر شاخص‌هایی مانند زمان بازیابی و میزان افت عملکرد در دوره اختلال متمرکز است؛ در حالی که میزان یادگیری و بهبود عملکرد پس از بحران کمتر به عنوان یک شاخص کلیدی عملکرد شبکه مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، اختیار مدیریتی برای حفظ و فعال‌سازی ظرفیت‌های انعطاف‌پذیر، به ویژه در حوزه بودجه شعب، ناوگان و ظرفیت تأمین، معمولاً به عنوان یک گزینه تصمیم‌گیری با ارزش اقتصادی مشخص مدل‌سازی نمی‌شود.

در سطح نظری نیز، اگرچه مفاهیم تاب‌آوری، ضدشکنندگی و اختیار واقعی هر یک به طور مستقل توسعه یافته‌اند، پیوند نظام‌مند میان «اختیار واقعی»، «آزمون فشار» و «بازآرایی یادگیرنده شبکه پخش» همچنان نیازمند توسعه بیشتر است. این شکاف، زمینه اصلی پیشنهاد چارچوب $LDP-\Omega$ در این پژوهش را شکل می‌دهد؛ چارچوبی که تلاش می‌کند انعطاف‌پذیری منابع را به یک اختیار مدیریتی قابل فعال‌سازی، آزمون فشار را به یک سازوکار مستمر یادگیری و بهبود پس از اختلال را به یکی از خروجی‌های اصلی ارزیابی شبکه تبدیل کند.

بر این اساس، نوآوری مقاله در ادعای «اولین استفاده از ضدشکنندگی «یا» اولین استفاده از اختیار واقعی «نیست؛ بلکه در پیشنهاد یک معماری یکپارچه و کاربردی برای صنعت پخش است که این مفاهیم را به بودجه، ظرفیت، تست فشار و یادگیری پس از رخداد متصل می‌کند.

۳. مدل $LDP-\Omega$: چارچوب شبکه پخش زنده، پویا و ضدشکننده



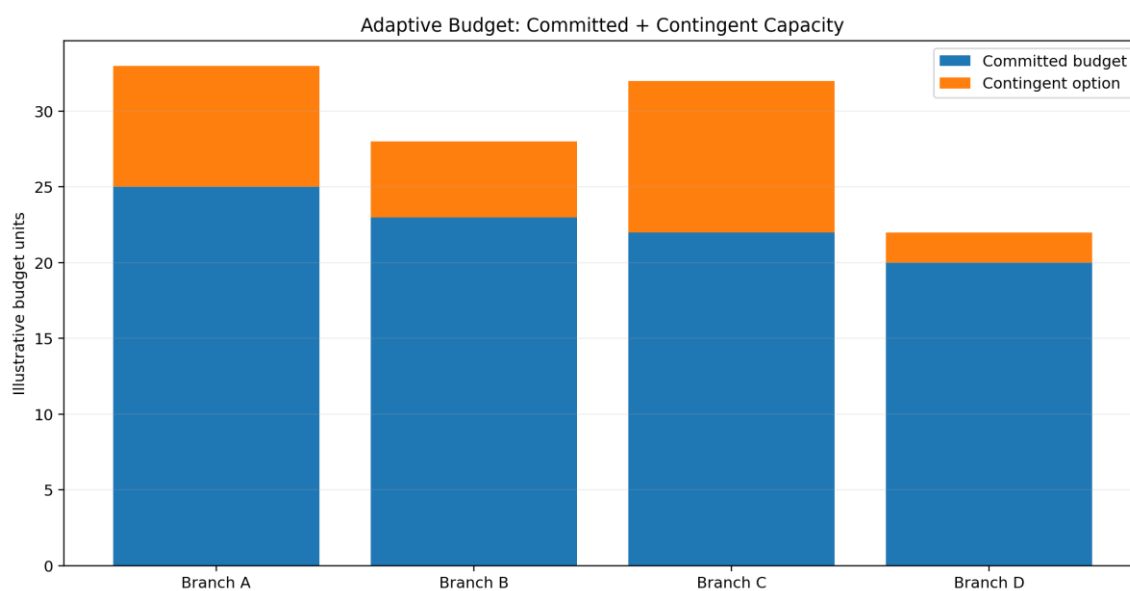
شکل ۱. معماری مفهومی شبکه پخش زنده و ضدشکننده $LDP-\Omega$

مدل از هشت جزء تشکیل می‌شود: حس کردن وضعیت، ایجاد فشار آزمایشی، تطبیق، بازآرایی، یادگیری، اختیار واقعی، تصمیم مدیریتی و ارتقای شبکه. این اجزا یک چرخه بسته ایجاد می‌کنند؛ به این معنا که خروجی یک بحران صرفاً گزارش پایان رخداد نیست، بلکه ورودی طراحی دوره بعد است.

خروجی	سؤال مدیریتی	جزء
سیگنال تقاضا، فروش، موجودی و ظرفیت	الان چه چیزی در حال تغییر است؟	Sense
سناریو و پیامد	اگر این وضعیت شدیدتر شود چه؟	Stress
تخصیص پویا	چه چیزی را همین حالا تغییر دهیم؟	Adapt
مسیر، خودرو، موجودی و شعب	شبکه را چگونه بچینیم؟	Reconfigure
قاعده جدید	از رخداد چه یاد گرفتیم؟	Learn
ظرفیت مشروط	کدام ظرفیت را عمداً آزاد نگه داریم؟	Real Options
تصمیم مدیر	کدام اقدام ارزشمندتر است؟	Decide
شبکه قوی‌تر	چه چیزی باید برای آینده تغییر کند؟	Upgrade

۴. اختیار واقعی بودجه‌ای؛ سازوکار اقتصادی مدل $LDP-\Omega$

ایده کلیدی مقاله این است که بودجه پخش را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد: بودجه تعهدشده و بودجه اختیاری/مشروط. بودجه تعهدشده برای عملیات پایه مصرف می‌شود؛ اما بخشی از منابع به‌عنوان «اختیار واقعی» نگه داشته می‌شود و تنها در صورت تحقق شرایط فعال می‌گردد. این ایده با ادبیات ۲۰۲۶ درباره ارزش اقتصادی انعطاف‌پذیری در زنجیره تأمین هم‌راستا است.

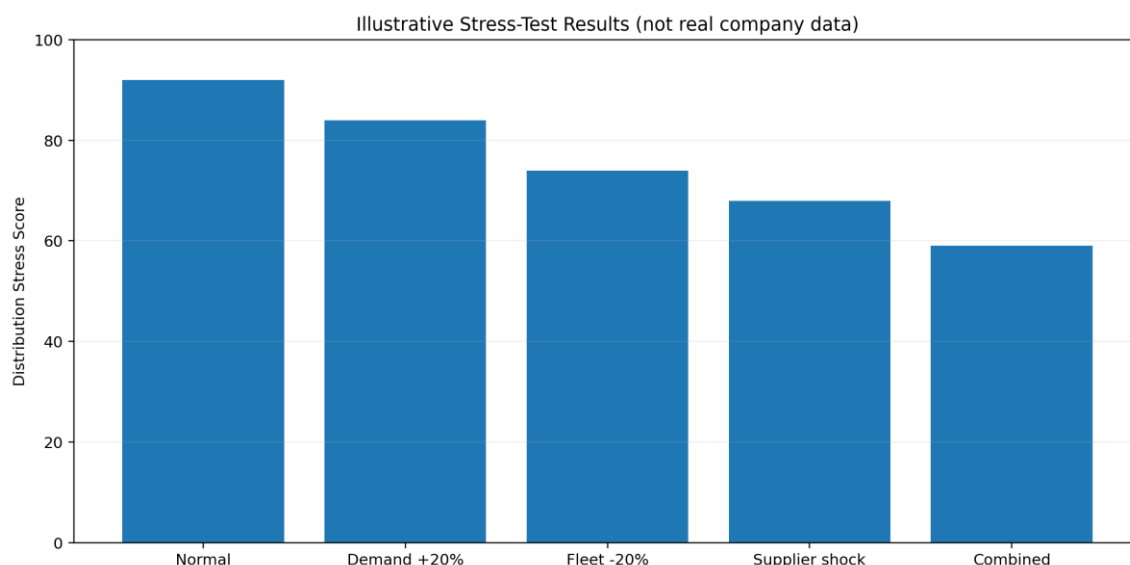


شکل ۲. نمونه نمایشی بودجه تطبیقی: بودجه تعهدشده +/- اختیار بودجه‌ای

در نسخه اجرایی، فعال‌سازی اختیار می‌تواند بر اساس آستانه‌هایی مانند رشد تقاضا، افت سطح خدمت، احتمال کمبود، کاهش ظرفیت ناوگان یا افزایش حاشیه سود انجام شود. بنابراین شرکت لازم نیست همه منابع را از ابتدا مصرف یا قفل کند؛ بلکه بخشی از منابع را به «حق اقدام در آینده» تبدیل می‌کند.

۵. آزمایشگاه بحران مجازی و تست فشار

پیشنهاد دوم مقاله، ایجاد یک «آزمایشگاه بحران مجازی» برای شبکه پخش است. در این محیط، مدیر می‌تواند پیش از وقوع بحران، سناریوهایی مانند رشد ناگهانی تقاضا، کاهش ناوگان، اختلال تأمین‌کننده، تعطیلی شعبه یا ترکیب چند شوک را آزمایش کند. هدف تست فشار، پیش‌بینی دقیق آینده نیست؛ بلکه کشف نقاط شکست و سنجش ارزش انعطاف‌پذیری است.



شکل ۳. نمونه نمایشی امتیاز فشار شبکه پخش (DSS)؛ (اعداد فرضی)

برای هر سناریو، شاخص فشار شبکه پخش (DSS) می‌تواند بر اساس ترکیبی از مؤلفه‌هایی مانند افت سطح خدمت، افزایش هزینه، زمان بازیابی، میزان کمبود و درصد ظرفیت بلااستفاده محاسبه شود. در این چارچوب، افزایش مقدار DSS نشان‌دهنده شدت بیشتر فشار و آسیب‌پذیری شبکه در سناریوی موردنظر است؛ بنابراین، مقدار پایین‌تر DSS بیانگر عملکرد بهتر شبکه و آسیب‌پذیری کمتر در برابر سناریوی مربوطه خواهد بود.

۶. شاخص پیشنهادی ضدشکنندگی

برای تمایز میان تاب‌آوری و ضدشکنندگی، صرفاً اندازه‌گیری زمان بازیابی کافی نیست. پیشنهاد این مقاله، سنجش تغییر عملکرد شبکه قبل و بعد از یک رخداد یا یک چرخه تست فشار است.

$$AI = \frac{Performance_{after} - Performance_{before}}{Performance_{before}}$$

اگر مقدار AI منفی باشد، عملکرد شبکه پس از شوک نسبت به وضعیت پیش از آن کاهش یافته و می‌توان شبکه را در آن سناریو شکننده تلقی کرد. مقادیر نزدیک به صفر، در صورت عدم وجود افت معنادار عملکرد، نشان‌دهنده حفظ نسبی عملکرد و در نتیجه، بیانگر تاب‌آوری شبکه هستند. در مقابل، اگر AI به صورت پایدار مثبت باشد و بهبود عملکرد پس از اختلال را بتوان به یادگیری، اصلاح قواعد تخصیص منابع و بازآرایی شبکه نسبت داد، می‌توان وجود ویژگی‌های ضدشکنندگی را در شبکه استنباط کرد. برای جلوگیری از تفسیر نادرست، AI نباید بر اساس یک اختلال یا یک دوره زمانی منفرد ارزیابی شود؛ بلکه لازم است در سناریوهای مختلف و طی چند دوره زمانی محاسبه و روند آن بررسی شود.

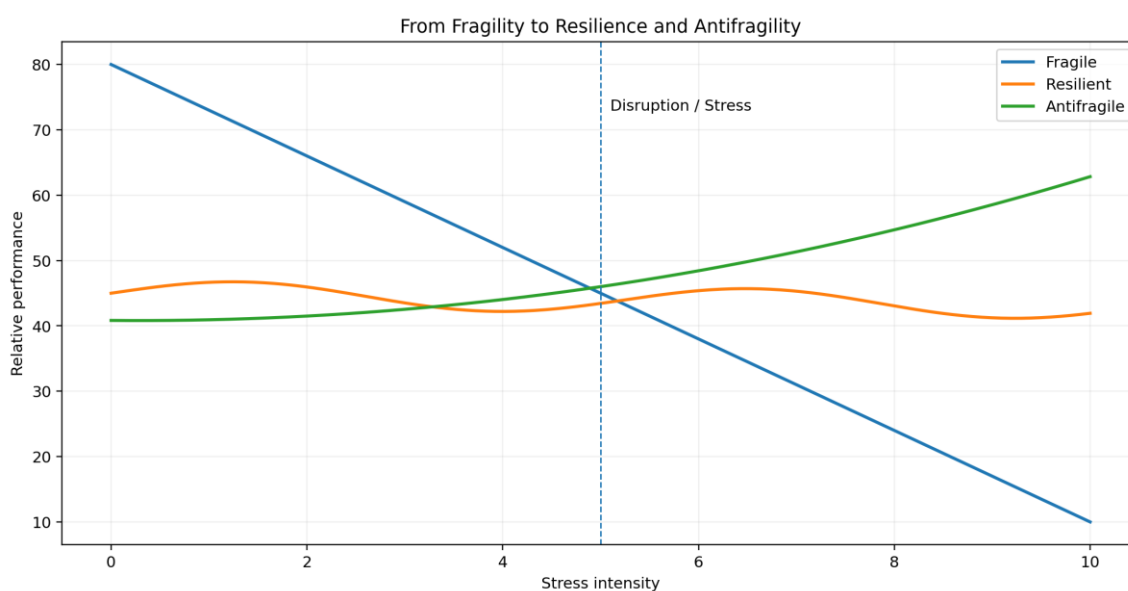
۷. نمونه سناریوی عددی

برای نمایش سازوکار، چهار شعبه فرضی در نظر گرفته شده است. اعداد زیر صرفاً آموزشی‌اند و هیچ ادعایی درباره عملکرد شرکت واقعی ندارند.

اقدام $LDP-\Omega$	زمان بازیابی	سطح خدمت	سناریو
تخصیص پایه	روز ۰	۹۲٪	عادی
فعال‌سازی اختیار بودجه + افزایش موجودی	روز ۲	۸۴٪	٪ شوک تقاضا +۲۰
بازآرایی مسیر و ظرفیت	روز ۴	۷۴٪	٪ اختلال ناوگان -۲۰
فعال‌سازی منبع پشتیبان	روز ۵	۶۸٪	شوک تأمین‌کننده
بازآرایی هم‌زمان بودجه، موجودی و ناوگان	روز ۷	۵۹٪	شوک ترکیبی

هدف این جدول ارائه یک نتیجه تجربی نیست؛ بلکه نشان می‌دهد مدل چگونه می‌تواند گزینه‌های تصمیم را پیش از اجرای واقعی مقایسه کند.

۸. مقایسه سه پارادایم مدیریتی



ویژگی	شکننده	تاب‌آور	ضدشکننده
هدف	حفظ کارایی عادی	بازگشت به عملکرد پیش از شوک	بهبود عملکرد پس از شوک
بودجه	تخصیص ثابت	ذخیره اضطراری	اختیار بودجه‌ای مشروط
بحران	واکنش پس از وقوع	واکنش و بازیابی	آزمون، یادگیری و بازآرایی
شبکه	بهینه برای شرایط پایه	دارای ظرفیت پشتیبان	پویا و قابل بازآرایی
یادگیری	محدود	عمدتاً پس از بحران	مستمر و جزء چرخه تصمیم‌گیری
معیار عملکرد	کارایی عادی	میزان و سرعت بازیابی	میزان بهبود پس از اختلال
رویکرد به اختلال	تهدید	رویداد قابل مدیریت	منبع یادگیری و بهبود

۹. نقش هوش مصنوعی در این مدل چیست؟

در این پژوهش، هوش مصنوعی موضوع محوری مدل نیست؛ بلکه به‌عنوان یک ابزار پشتیبان در لایه‌های “حس کردن” (Sense) و “آزمون فشار” (Stress) در چارچوب $LDP-\Omega$ به کار گرفته می‌شود. مدل‌های پیش‌بینی و تحلیل داده می‌توانند احتمال تغییرات تقاضا، وقوع برخی اختلالات و پیامدهای احتمالی سناریوهای مختلف را برآورد کنند؛ با این حال، تصمیم‌نهایی نباید صرفاً بر خروجی مدل‌های هوش مصنوعی متکی باشد، بلکه باید در چارچوب قواعد کسب‌وکار، محدودیت‌های ظرفیت، هزینه‌های عملیاتی و اختیارات مدیریتی اتخاذ شود.

از این منظر، هوش مصنوعی در $LDP-\Omega$ نقش «تصمیم‌گیرنده مستقل» ندارد، بلکه به‌عنوان یک قابلیت تحلیلی برای افزایش قدرت ادراک، پیش‌بینی و آزمون سناریوها عمل می‌کند. این رویکرد، چارچوب حاضر را از مطالعاتی که صرفاً بر کاربرد هوش مصنوعی در صنعت پخش تمرکز دارند متمایز می‌سازد و AI را به‌عنوان یکی از اجزای یک معماری مدیریتی گسترده‌تر برای ایجاد انعطاف‌پذیری، یادگیری و ضدشکنندگی شبکه در نظر می‌گیرد.

- پیش‌بینی تقاضا و احتمال کمبود
- تشخیص تغییر رژیم تقاضا
- کشف نقاط شکست شبکه
- پیشنهاد سناریوهای پرریسک
- رتبه‌بندی گزینه‌های بازآرایی

۱۰. روش‌شناسی پیشنهادی برای اجرای پژوهش

مرحله	خروجی	روش
۱	پایگاه داده تحلیلی	جمع‌آوری ۱۲-۲۴ ماه داده فروش، بودجه، موجودی و ناوگان
۲	پایه KPI	ساخت خط مبنای عملکرد فعلی
۳	ماتریس ریسک	طراحی سناریوهای فشار
۴	ارزش انعطاف‌پذیری	محاسبه ارزش اختیار ظرفیت/بودجه
۵	مقایسه قبل/بعد	LDP-Ω اجرای پایلوت
۶	اثبات اثر مدل	AI و DSS محاسبه

برای تبدیل این مقاله مفهومی به مقاله تجربی، بهترین مسیر این است که یک شرکت پخش یا حداقل داده یک شبکه در یک بازه تاریخی یا شبیه‌سازی LDP-Ω شعبه‌ای واقعی انتخاب شود. سپس عملکرد سیاست فعلی با سیاست کالیبره‌شده مقایسه گردد.

۱۱. مزیت رقابتی برای صنعت پخش ایران

• کاهش وابستگی به برنامه‌های بودجه‌ای کاملاً ثابت.
• ایجاد ظرفیت پاسخ‌گویی سریع بدون نگهداری بی‌هدف منابع مازاد.
• شناسایی نقاط شکست پیش از بحران واقعی.
• تبدیل تجربه بحران به قواعد قابل استفاده در دوره‌های بعد.
• اتصال مالی، فروش و عملیات در یک مدل واحد.
• امکان شروع با ابزارهای ساده و توسعه تدریجی به دوقلوی دیجیتال و تحلیل پیشرفته.

مزیت کلیدی این رویکرد آن است که «انعطاف‌پذیری» را از یک شعار کیفی به یک تصمیم اقتصادی تبدیل می‌کند: شرکت می‌تواند محاسبه کند نگهداشت چه مقدار ظرفیت آزاد، در چه نقطه‌ای و برای کدام سناریو ارزشمند است.

۱۲. نقشه راه اجرایی

فاز	خروجی	اقدام
ماه ۰-۲	نقشه آسیب‌پذیری	شناسایی نقاط شکست و داده‌ها
ماه ۲-۴	آزمایشگاه بحران	طراحی تست فشار
ماه ۴-۶	اختیار بودجه‌ای	پایلوت بودجه تطبیقی
ماه ۶-۹	نسخه پایلوت LDP-Ω	KPI بازآرایی شبکه و
ماه ۹-۱۲	شبکه یادگیرنده	اتصال پیش‌بینی و اتوماسیون

۱۳. نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان می‌دهد که آینده صنعت پخش را نمی‌توان صرفاً در «هوشمندتر شدن» جست‌وجو کرد؛ بلکه باید بر ایجاد شبکه‌هایی با قابلیت سازگاری، تغییر و بازآرایی مستمر تمرکز داشت. شبکه‌ای که تنها از توان پیش‌بینی بالاتری برخوردار است، لزوماً شبکه‌ای کارآمدتر و مقاوم‌تر در برابر اختلال نیست. شبکه آینده باید بتواند تشخیص دهد چه زمانی ظرفیت را حفظ کند، چه زمانی آن را فعال سازد، چگونه عملکرد خود را در برابر سناریوهای فشار بیاماید و چگونه از نتایج هر اختلال برای اصلاح تصمیمات و قواعد آینده استفاده کند.

چارچوب LDP-Ω این رویکرد را از طریق چهار سازوکار اصلی عملیاتی می‌کند: تست فشار مستمر، اختیار واقعی بودجه‌ای، بازآرایی شبکه و یادگیری پس از بحران.

در نتیجه، معیار ارزیابی عملکرد شبکه از پرسش سنتی «آیا شبکه توانست به وضعیت پیش از اختلال بازگردد؟» به پرسش بنیادی‌تری تغییر می‌یابد: "آیا شبکه پس از مواجهه با اختلال، قابلیت و عملکرد بهتری نسبت به پیش از آن پیدا کرده است؟"

این تغییر در منطق ارزیابی، هسته اصلی نوآوری مفهومی LDP-Ω را شکل می‌دهد. با این حال، چارچوب پیشنهادی در این مرحله ماهیتی مفهومی دارد و اعتبارسنجی تجربی آن مستلزم اجرای مدل با داده‌های واقعی یک شرکت پخش و مقایسه عملکرد آن با سیاست‌ها و قواعد تخصیص منابع موجود است. از این‌رو، اعداد، نمودارها و سناریوهای ارائه‌شده در این مقاله صرفاً برای شبیه‌سازی و تشریح سازوکار مدل به کار رفته‌اند و نباید به‌عنوان نتایج تجربی یا عملکرد واقعی یک شرکت تفسیر شوند.

- [۱] Nikookar, E., Stevenson, M., & Varsei, M. (۲۰۲۴). Building an antifragile supply chain: A capability blueprint for resilience and post-disruption growth. *Journal of Supply Chain Management*, ۶۰(۱), ۱۳–۳۱. DOI: ۱۰.۱۱۱۱/jscm.۱۲۳۱۳.
- [۲] Min, H., Mirza, S. S., & Huang, C. (۲۰۲۶). Digital Capabilities and the Real Options Value of Resilience: Rethinking Supply Chain Concentration in Uncertain Environments. *Journal of the Knowledge Economy*. DOI: ۱۰.۱۰۰۷/s۱۳۱۳۲-۰۲۶-۰۳۲۷۸-y.
- [۳] Sepulveda Estay, D. (۲۰۲۶). Real options gaps in resilient supply chain design. SSRN, posted May ۵, ۲۰۲۶.
- [۴] Dzreke, S., & Dzreke, S. E. (۲۰۲۵). Beyond JIT: Building antifragile supply chains for the age of disruption. *Frontiers in Research*, ۲(۱), ۶۷–۸۹. DOI: ۱۰.۷۱۳۵۰/۳۰۶۲۴۵۳۳۱۰۹.
- [۵] Taleb, N. N., & Douady, R. (۲۰۱۲). Mathematical Definition, Mapping, and Detection of (Anti)Fragility. arXiv:۱۲۰۸.۱۱۸۹.
- [۶] Janjevic, M., & Goentzel, J. (۲۰۲۶). Real Options for Systemic Resilience in Manufacturing and Supply Chain Networks. MIT Center for Transportation & Logistics, February ۴, ۲۰۲۶.