مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال شانزدهم، شماره سوم (پیاپی ۶۲)، پاییز ۹۸، ص ص ۱۰۹-۸۹
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

بررسی تأثیر ترکیب روش‌های پیش‌بینی بر کاهش اثر شلاق چرمی در یک زنجیره‌تامین چهار سطحی در شرایط تقاضای متغیر

مرزبان نجفی[1]، مریم دانشمندمهر[2*]، رامین صادقیان[3]
۱-کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور شمیرانات، تهران، ایران
۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، گروه مهندسی صنایع، لاهیجان، ایران
۳-دانشیار، دانشگاه پیام نور مرکز شمیرانات، گروه مهندسی صنایع، تهران، ایران

رسید مقاله: ۱۵ خرداد ۱۳۹۶
پذیرش مقاله: ۳۱ خرداد ۱۳۹۸

چکیده
اثر شلاق چرمی که در زنجیره اتفاق می‌افتد، باعث ناکارآمدی‌هایی همچون موجودی اضافی و سفارشات عقب افتاده در طول زنجیره می‌گردد. انجام پیش‌بینی مناسب می‌تواند تا حدود زیادی این مشکلات را مرتفع سازد. با توجه به اینکه زنجیره‌تأمین دارای سطوح مختلفی می‌باشد، لازم است پیش‌بینی در هر سطحی از زنجیره انجام شود. این پژوهش به بررسی مسأله‌ی ترکیب بهینه پیش‌بینی برای کاهش اثر شلاق چرمی در زنجیره‌ی‌تأمین چهار سطحی در شرایط تقاضای متغیر می‌پردازد. برای این منظور یک زنجیره‌ی‌تأمین چهار سطحی در نظر گرفته شده است که در هر یک از سطوح آن، یکی از روش‌های میانگین متحرک، هموارسازی نمایی، رگرسیون خطی و شبکه‌ی عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه را برای پیش‌بینی مورد استفاده قرار می‌دهد. برای نیل به این امر نخست نسبت به شبیه‌سازی زنجیره‌ی‌تأمین مورد نظر اقدام صورت پذیرفت و سپس نتایج با استفاده از روش تحلیل واریانس مورد آزمون قرار گرفت. از بین ترکیبات مختلف، ترکیب روش‌های پیش‌بینی با کم‌ترین اثر شلاق چرمی به‌دست آمده است که عبارتند از: میانگین متحرک، شبکه عصبی، هموارسازی نمایی و رگرسیون خطی به ترتیب برای سطح‌های خرده‌فروش، عمده‌فروش، تولیدکننده و تامین‌کننده و ترکیبات دیگر مطلوبیت کمتری دارند.

واژگان کلیدی: تقاضای متغیر، روش‌های پیش‌بینی، زنجیره‌ی‌تامین چهار سطحی، سیستم نقطه سفارش، اثر شلاق چرمی.

۱ مقدمه
پیش‌بینی روند تقاضای متغیر برای اتخاذ سیاست‌های مقتضی و مناسب اهمیت فراوانی دارد. به دلیل روند پرنوسان و غیرخطی تقاضا و متغیرهای موثر بر آن، قابلیت روش‌های پیش‌بینی برای پیش‌بینی تقاضای متغیر در مطالعات مختلف نمایان شده است. موضوع پیش‌بینی تقاضا از موضوعات بسیار مهم در مدیریت زنجیره‌های تامین به شمار

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: m.daneshmand@liau.ac.ir

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

می‌رود. عدم قطعیت مساله‌ای است که باعث پیچیدگی فعالیت ها در زنجیره‌تامین شده است. بدین معنا که هرچه احتمال پیش‌بینی نادرست تقاضا، تأخیر در دریافت مواد اولیه و قطعات، خرابی ماشین آلات بیش‌تر باشد احتمال زیادی وجود دارد که تولید محصول دچار مشکل گردد. چنین مشکلی زمانی به‌وجود می‌آید که هریک از اعضای درگیر در زنجیره‌تامین به صورت مستقل عمل کنند و هماهنگی بین این اعضا وجود نداشته باشد. نمونه چنین بی‌کفایتی پدیده اثر شلاقی است که از افزایش تغییرپذیری نرخ سفارش‌ها، وقتی سفارش‌ها از مراحل یک زنجیره‌تامین به سوی تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان مواد اولیه در حرکت است، ناشی می‌شود. این پدیده منجر به برنامه‌های تولید ناپایدار، افزایش و کاهش ظرفیت تولید، هزینه‌های مازاد نیروی کار و غیره می‌گردد. به طور خلاصه اثر شلاق چرمی به این قانون اشاره دارد که نوسانات تقاضای آخرین سطح مشتری در زنجیره‌ی تامین با حرکت در طول مراحل زنجیره تامین افزایش می‌یابد [۱]. امروزه با گسترش فضای رقابتی توجه به مدیریت زنجیره‌تامین به یک موضوع اساسی در سازمان‌های تجاری تبدیل شده است، به گونه‌ای که تمامی فعالیت‌های سازمان‌ها را تحت تأثیر قرار داده است [۲]. بنابر تعریف زنجیره‌تامین، هدف اصلی از هر زنجیره برآوردن نیازهای مشتریان است و لذا آگاهی حلقه‌های زنجیره‌تامین از تقاضای آینده از اهمیت زیادی برخوردار است. پیش‌بینی در واقع مبنایی برای کلیه برنامه‌ریزی‌های زنجیره‌تامین است [۳]. با شناخت تاثیر روش‌های پیش‌بینی بر اثر شلاق چرمی، مطالعات گسترده‌ای برای شناسایی و بررسی این اثر انجام گرفت.

هدف از این مقاله بررسی تأثیر ترکیب روش‌های پیش‌بینی برکاهش اثر شلاق چرمی در یک زنجیره‌تامین چهار سطحی در شرایط تقاضای متغیر می‌باشد. در بخش‌های بعدی مقاله ابتدا مروری بر تحقیقات انجام گرفته در این زمینه صورت می‌گیرد. پس از آن مساله مورد بررسی این تحقیق به طور کامل معرفی و در نهایت مراحل اجرایی تحقیق و نتایج حاصل از آن ارایه می‌شود.

۲ پیشینه تحقیق

زنجیره‌تامین، نگرشی است که در سال های اخیر مورد توجه سازمان‌ها و شرکت‌ها قرار گرفته است. در این نگرش کلیه اجزا که برای ارایه محصول و یا خدمت به مشتری در کنار هم قرار دارند، مورد توجه قرار می‌گیرد و سعی می‌شود تصمیمات راهبردی به گونه‌ای اتخاذ گردد که کل زنجیره‌تامین در مقابل زنجیره‌های رقیب از کارایی و اثر بخشی بیش‌تری برخوردار باشد [۴]. یکی از موضوعات مورد توجه محققان در زنجیره‌های‌تأمین، مساله اثر شلاق چرمی و عوامل موثر بر آن بوده است. چن و همکاران به بررسی و مقایسه تاثیر دو روش هموارسازی نمایی و میانگین متحرک بر اثر شلاق چرمی در یک زنجیره‌تامین ساده‌ی دو سطحی شامل یک خرده‌فروش و یک تولیدکننده پرداختند [۵]. چن و همکاران همچنین به بررسی اثرات دو عامل پیش‌بینی تقاضا و زمان تدارک سفارش بر اثر شلاق چرمی در یک زنجیره‌تامین دو سطحی پرداختند و نتیجه آن را به زنجیره‌های چند سطحی تعمیم دادند [۶]. ژانگ تاثیر روش‌های پیش‌بینی بر اثر شلاق چرمی را در یک سیستم تأمین موجودی ساده مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که روش‌های پیش‌بینی بر اثر شلاق چرمی تاثیر دارند [۷]. کربنائو و همکاران تاثیر کاربرد روش‌های یادگیرنده، نظیر شبکه‌های عصبی، شبکه‌های عصبی

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

بازگشتی و ماشین بردارهای پشتیبان را برای پیش‌بینی بر اثر شلاق چرمی بررسی و آن را با روش‌های سنتی نظیر میانگین متحرک و رگرسیون خطی مقایسه کردند [۸]. بایراکتار و همکاران به بررسی تاثیر روش هموارسازی نمایی بر اثر شلاق چرمی در مدیریت زنجیره‌تأمین الکترونیک پرداخته‌اند. آن‌ها یک برنامه‌ی شبیه‌سازی برای انتخاب بهترین پارامترهای هموارسازی نمایی در این زنجیره توسعه دادند [۹]. بارلاس و همکاران در تحلیل خود یکی از ریشه‌های ساختاری اثر شلاق چرمی در زنجیره‌های‌تأمین را استفاده ناهماهنگ سطوح مختلف زنجیره از روش‌های پیش‌بینی عنوان کردند [۱۰]. باکمیستر و همکاران زنجیره‌های‌تأمین را برای تجزیه و تحلیل اثر شلاق چرمی مورد مطالعه قرار دادند [۱۱]. وانگ و همکاران در تحقیق خود یافته‌های تحقیقات تجربی و آزمایشی با نتایج تحلیلی و شبیه‌سازی شده را مقایسه کردند [۱۲].

در ایران نیز مطالعات گسترده‌ای در زمینه‌ی مدیریت زنجیره‌تأمین و همچنین بررسی اثر شلاق چرمی صورت گرفته است. نجفی و همکاران تأثیر روش‌های پیش‌بینی میانگین متحرک، هموارسازی نمایی و رگرسیون خطی بر اثر شلاق چرمی در یک زنجیره‌ی چهار سطحی را در دو حالت تقاضای ثابت و خطی بررسی کردند [۱۳]. موحدی و همکاران به تحلیل نقش عوامل مالی در اثر شلاقی در زنجیره‌تأمین دو سطحی پرداختند [۱۴]. اسمعیلی و همکاران در مقاله‌ی خود با عنوان «مقایسه تاثیر روش‌های مختلف پیش‌بینی بر اثر شلاقی در زنجیره‌تامین» تاثیر روش‌های مختلف پیش‌بینی بر اثر شلاقی در زنجیره‌تامین را مقایسه کردند [۱۵]. رضوی و همکاران به بررسی تاثیر شلاق چرمی در زنجیره‌تامین سه سطحی پرداختند [۱۶]. عظیمی در پژوهشی روش‌هایی برای کاهش اثر شلاقی در زنجیره‌تامین شرکت ایران خودرو از طریق پیش‌بینی مقدار صحیح تقاضای مشتریان با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین (الگوریتم های شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان) ارایه داد که در این روش‌ها با استفاده از تقاضای سابق مشتری، تقاضای آینده او پیش‌بینی شده است [۱۷]. لطفی و همکاران تاثیر شلاق چرمی در زنجیره‌تامین چهار سطحی را مورد مطالعه قرار دادند [۱۸]. بدخشان و پیشوایی به بررسی اثرشلاق چرمی و شلاق چرمی جریان نقدینگی در یک زنجیره‌تامین چهار سطحی پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که کاهش زمان تدارک تنها باعث کاهش اثرشلاق چرمی می‌شود؛ درحالی که تسهیم اطلاعات نرخ فروش علاوه براثرشلاق چرمی اثرشلاق چرمی جریان نقدینگی را نیز کاهش می‌دهد [۱۹]. اهم تحقیقات انجام گرفته به‌صورت جدول مقایسه‌ای، در جدول ۱ آمده است.

در این جدول تحقیقات مرتبط با موضوع تحقیق فعلی آمده است تا وجه تمایز این تحقیق با تحقیقات مشابه به سهولت قابل مشاهده باشد. با در نظر گرفتن مساله مورد بحث در این مقاله شکاف‌های تحقیقاتی ذیل مورد توجه است:

۱) تحقیقات زیادی برای تعیین ترکیب بهینه روش‌های پیش‌بینی در زنجیره‌های‌تامین با درنظر گرفتن سطوح مختلف برای زنجیره انجام شده است تا این روش‌ها در هریک از سطوح طوری درنظر گرفته شود که اثر شلاق چرمی را در طول زنجیره کاهش دهد؛ ولی این تحقیقات در شرایط تقاضای ثابت انجام شده است و با توجه به ماهیت تقاضا که در دنیای واقعی متغیر است و می‌تواند تغییرات ناگهانی تقاضا کل زنجیره را دچار التهاب سازد، بررسی‌ای صورت نگرفته است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

۲) در بسیاری از تحقیقات انجام شده، زنجیره‌تامین را سه سطحی در نظر گرفته‌اند؛ لذا در این تحقیق در شرایطی که تقاضا متغیر است ترکیبی از روش‌های پیش‌بینی برای سطوح زنجیره‌تامین چهار سطحی ارایه می‌شود تا کم‌ترین اثر شلاق چرمی در طول زنجیره ایجاد شود و التهاب عناصر زنجیره تا حد امکان کمینه گردد.

۳) نوع سیستم سفارش‌دهی آن سیستم نقطه سفارش می‌باشد که در بسیاری از تحقیقات به این مهم پرداخته نشده است.

جدول ۱. اهم تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی روش‌های پیش‌بینی در زنجیره‌تامین

(سال) نویسنده	نوع تقاضا	روش‌های پیش‌بینی	توجه به کاهش اثرشلاق چرمی	نوع سفارش	تعداد سطوح زنجیره
Zhang Xiaolong (2004) [۷]	تقاضا معلوم	هموارسازی نمایی و میانگین متحرک	✓	×	×
Bayraktar et al (2008) [۹]	تقاضا خطی	هموارسازی نمایی	✓	دوره سفارش	دو سطحی
Barlas (2011) [۱۰]	×	×	✓	×	سه سطحی
Buchmeister et al (2014) [۱۱]	تقاضا ثابت	×	✓	×	سه سطحی
Xun Wang et al (2016) [۱۲]	×	×	✓	×	×
نجفی و همکاران (۱۳۸۶) [۱۳]	تقاضا ثابت و خطی	میانگین متحرک، هموارسازی‌نمایی و رگرسیون خطی	✓	×	سه سطحی
لطفی و همکاران (۱۳۹۴) [۱۸]	تقاضا ثابت و خطی	میانگین متحرک، هموارسازی‌نمایی، شبکه عصبی و رگرسیون خطی	✓	دو ظرفی	چهار سطحی
تحقق پیش رو	تقاضا متغیر	هموارسازی‌نمایی، رگرسیون خطی، میانگین متحرک، شبکه عصبی	✓	سیستم نقطه سفارش	چهار سطحی

۳ بیان مساله

یکی از اساسی‌ترین موضوعات مطرح در زنجیره‌ی تامین که همواره دغدغه‌های اصلی مدیریت آن محسوب می‌شود، بحث پیش‌بینی تقاضا است. شرکت‌های عضو زنجیره‌ی تامین برای حذف هزینه اضافی انبارداری و نگهداری محصولات اضافی، سعی در پیش‌بینی تقاضای مشتریان دارند؛ اما اثر شلاقی، که افزایش مقدار تقاضای مشتریان با گذر از هر عضو زنجیره است، این پیش‌بینی را به چالش می‌کشد. در این پژوهش بررسی تأثیر ترکیب روش‌های پیش‌بینی برکاهش اثر شلاق چرمی در یک زنجیره‌تامین چهار سطحی در شرایط تقاضای متغیر، مورد

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

توجه قرار گرفته است. نحوه‌ی چیدمان ترکیب‌های پیش‌بینی موجب کاهش اثر شلاق چرمی در طول زنجیره می‌شود. سفارش‌ها از زنجیره‌تامین به سوی تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان مواد اولیه در حرکت است و عدم اطلاع دقیق از میزان تقاضا، موجب افزایش اثر شلاق چرمی در طول زنجیره می‌شود؛ بنابراین هرچه احتمال پیش‌بینی میزان تقاضا در هر یک از سطوح زنجیره به واقعیت نزدیک‌تر باشد، موجب کاهش اثر شلاق چرمی شده و میزان سفارشات نیز با میزان تقاضا برابر می‌شود و تمامی این عوامل موجب کاهش هزینه‌های اضافی، بهبود میزان تولید و هم‌چنین استفاده‌ی درست از نیروی کار می‌گردد.

برای این منظور و با فرض اینکه هر روشی که برای یکی از سطوح زنجیره به‌عنوان روش پیش‌بینی تقاضا انتخاب شود برای سطح دیگرقابل انتخاب نمی‌باشد، با فرض چهار سطحی بودن زنجیره، تعداد ۲۴ سناریو قابل بررسی می‌باشد (۴ فاکتوریل حالت). روش‌های میانگین‌متحرک، رگرسیون خطی، هموارسازی‌نمایی و شبکه عصبی پرسپترون چندلایه برای پیش‌بینی تقاضای هر سطح از زنجیره‌تامین درنظر گرفته شده‌است، با این شرط که از روش تکراری برای هر سطح استفاده نشود. ترکیبات مختلف روش‌های پیش‌بینی در مراحل زنجیره‌تامین چهار سطحی در جدول ۲ آمده است.

برای نمونه در سناریوی یک، خرده فروش، عمده فروش، تولیدکننده و تامین‌کننده به ترتیب از روش‌های رگرسیون خطی، هموارسازی نمایی، میانگین متحرک و شبکه‌ی عصبی چند لایه استفاده می‌کنند.

٤ روش‌های پیش‌بینی

٤-١ پیش‌بینی با استفاده از روش رگرسیون

در روش تحلیل رگرسیون خطی، یک رابطه خطی بین متغیر وابسته و یک یا چند متغیر مستقل برقرار می‌گردد. سپس با داشتن رابطه خطی و مقادیر آتی متغیرهای مستقل، می‌توانیم مقادیر آتی متغیر وابسته را پیش‌بینی کنیم. در رگرسیون خطی اگر Y را متغیر وابسته و X را متغیر مستقل در نظر بگیریم، می‌توان معادله خط رگرسیون را به صورت مقابل نوشت:

$$y = ax + b \qquad (۱)$$

در این معادله a و b را پارامترهای خط گفته و مانند هر پارامتر دیگری می‌توان آن ها را برآورد کرد.

برآوردکردن پارامترهای خط رگرسیون: روش‌های متفاوتی برای برآورد کردن دو پارامتر a و bوجود دارد. یکی از این روش‌ها، روش «کم‌ترین مربعات خطا» است که در آن این دو پارامتر به روش زیر برآورد می‌شود:

$$\alpha = \frac{\overline{xy} - \bar{x}.\bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \quad , \quad \hat{b} = \bar{y} - \alpha \bar{x} \qquad (۲)$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

جدول ۲. ترکیبات مختلف روش‌های پیش‌بینی در مراحل زنجیره‌تامین چهار سطحی

	خرده فروش	عمده فروش	تولید کننده	تامین‌کننده
سناریو ۱	رگرسیون خطی	هموارسازی نمایی	شبکه عصبی	میانگین متحرک
سناریو ۲	رگرسیون خطی	هموارسازی نمایی	میانگین متحرک	شبکه عصبی
سناریو ۳	رگرسیون خطی	شبکه عصبی	هموارسازی نمایی	میانگین متحرک
سناریو ٤	رگرسیون خطی	میانگین متحرک	هموارسازی نمایی	شبکه عصبی
سناریو ٥	رگرسیون خطی	میانگین متحرک	شبکه عصبی	هموارسازی نمایی
سناریو ٦	رگرسیون خطی	شبکه عصبی	میانگین متحرک	هموارسازی نمایی
سناریو ۷	هموارسازی نمایی	رگرسیون خطی	شبکه عصبی	میانگین متحرک
سناریو ۸	هموارسازی نمایی	رگرسیون خطی	میانگین متحرک	شبکه عصبی
سناریو ۹	هموارسازی نمایی	شبکه عصبی	رگرسیون خطی	میانگین متحرک
سناریو ۱۰	هموارسازی نمایی	میانگین متحرک	رگرسیون خطی	شبکه عصبی
سناریو ۱۱	هموارسازی نمایی	میانگین متحرک	شبکه عصبی	رگرسیون خطی
سناریو ۱۲	هموارسازی نمایی	شبکه عصبی	میانگین متحرک	رگرسیون خطی
سناریو ۱۳	شبکه عصبی	هموارسازی نمایی	میانگین متحرک	رگرسیون خطی
سناریو ١٤	شبکه عصبی	هموارسازی نمایی	رگرسیون خطی	میانگین متحرک
سناریو ١٥	شبکه عصبی	میانگین متحرک	هموارسازی نمایی	رگرسیون خطی
سناریو ١٦	شبکه عصبی	رگرسیون خطی	میانگین متحرک	هموارسازی نمایی
سناریو ۱۷	شبکه عصبی	رگرسیون خطی	هموارسازی نمایی	میانگین متحرک
سناریو ۱۸	شبکه عصبی	میانگین متحرک	رگرسیون خطی	هموارسازی نمایی
سناریو ۱۹	میانگین متحرک	شبکه عصبی	هموارسازی نمایی	رگرسیون خطی
سناریو ۲۰	میانگین متحرک	شبکه عصبی	رگرسیون خطی	هموارسازی نمایی
سناریو ۲۱	میانگین متحرک	هموارسازی نمایی	شبکه عصبی	رگرسیون خطی
سناریو ۲۲	میانگین متحرک	رگرسیون خطی	شبکه عصبی	هموارسازی نمایی
سناریو ۲۳	میانگین متحرک	رگرسیون خطی	هموارسازی نمایی	شبکه عصبی
سناریو ٢٤	میانگین متحرک	هموارسازی نمایی	رگرسیون خطی	شبکه عصبی

٤-۲ پیش‌بینی با استفاده از روش هموارسازی‌نمایی

در این روش به داده‌های دورهای مختلف، وزن‌های متفاوتی داده می‌شود که این وزن‌ها از یک تصاعد هندسی نزولی پیروی می‌کنند. در این روش به مقدار تقاضای آخرین دور، حداکثر وزن داده می‌شود و هر چه به دوره‌های عقب‌تر برگردیم، وزن‌ها به صورت نمایی کاهش می‌یابند. در این روش تمام دوره‌ها در محاسبه پیش‌بینی در نظر گرفته می‌شوند. در روش هموارسازی نمایی داریم:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

$$F_{t+1} = \alpha A_t + (1-\alpha) F_t \qquad (۳)$$

که در آن:

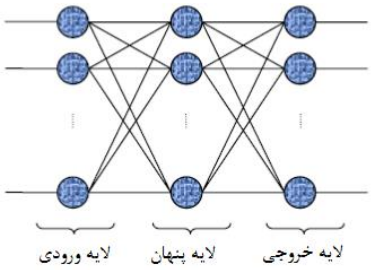
A_t: t مقدار واقعی تقاضا در دور

F_t: t مقدار پیش‌بینی تقاضا در دور

α : $0 < \alpha < 1$ و مقدار ثابت

۳-٤ پیش‌بینی با استفاده از روش شبکه عصبی

یکی از ساده‌ترین و در عین حال کارآمدترین چیدمان‌های پیشنهادی برای استفاده در مدل‌سازی عصب‌های واقعی، مدل پرسپترون چندلایه می‌باشد که از یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی تشکیل یافته است. در این ساختار، تمام نرون‌های یک لایه به تمام نرون‌های لایه بعد متصلند. این چیدمان اصطلاحاً یک شبکه با اتصالات کامل را تشکیل می‌دهد. شکل ۱ شمای یک شبکه پرسپترون چند لایه را نشان می‌دهد. به سادگی می‌توان استنباط نمود که تعداد نرون‌های هر لایه، مستقل از تعداد نرون‌های دیگر لایه‌ها می‌باشد. به طور معمول این شبکه‌ها شامل مجموعه‌ای از نرون‌های پایه می‌باشند که تشکیل‌دهنده لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی می‌باشند [۲۰]. ثابت شده است که هر تابع می‌تواند حداکثر با سه لایه پنهان تقریب زده شود [۲۱].



شکل ۱. پرسپترون چند لایه با اتصالات کامل

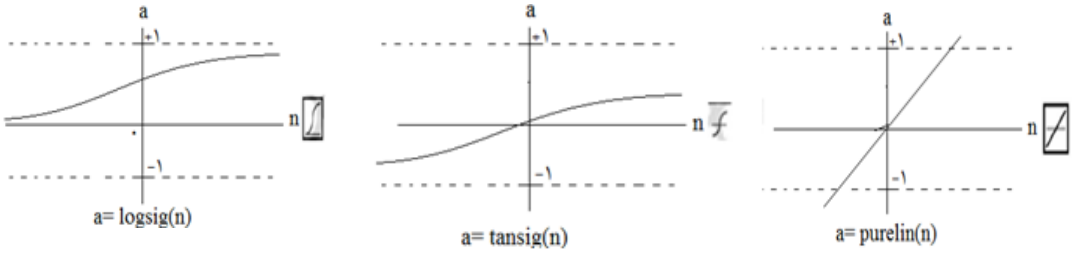
از میان روش‌های مختلف آموزش، الگوریتم لونبرگ- مارکوارت، به دلیل همگرایی سریع‌تر در آموزش شبکه‌های با اندازه متوسط، کاربرد بیش‌تری دارد. این روش سریع‌ترین روش شبکه‌های عصبی پیش‌رونده با اندازه متوسط به بالا تا چند صد وزن می‌باشد. الگوریتم پس انتشار خطا، وزن‌های شبکه و مقادیر بایاس را در جهتی تغییر می‌دهد که تابع عملکرد با سرعت بیش‌تری کاهش یابد [۲۲].

نرون‌ها می‌توانند از توابع محرک متفاوتی برای تولید خروجی استفاده کنند. از رایج‌ترین آن‌ها می‌توان به توابع لگاریتم سیگموئیدی، تانژانت سیگموئیدی و تابع محرک خطی اشاره کرد. شکل این توابع در شکل‌های ۲ تا ۴ آمده است. این توابع در لایه‌های مختلف شبکه عصبی استفاده می‌شوند.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

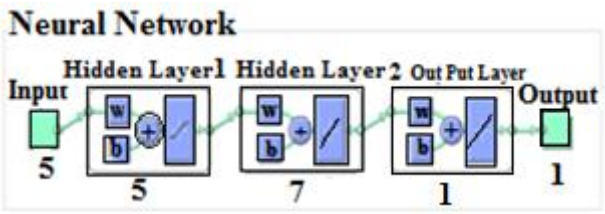
[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

در این مقاله با استفاده از روش شبکه عصبی پرسپترن چندلایه پیش‌بینی تقاضای تولید کننده انجام شد. برای مدل‌سازی داده‌ها از یک شبکه پرسپترون چندلایه با مشخصات دو لایه پنهان استفاده شد.



شکل ۲. تابع محرک خطی **شکل ۳.** تابع محرک تانژانت **شکل ٤.** تابع محرک لگاریتم

با استفاده از کدنویسی در نرم‌افزار MATLAB، داده‌های سری زمانی با توجه به حدس‌های هوشمندانه و تاخیرهای زمانی و وقفه بهینه تعیین‌شده، آرایش یافتند. برای آموزش شبکه عصبی از الگوریتم لونبرگ – مارکوارات استفاده شد. همچنین از تابع فعالیت تانژانت سیگموئیدی در لایه پنهانی اول و از تابع محرک خطی در لایه پنهانی دوم و لایه خروجی استفاده شد. شکل ۵ این توابع را در لایه‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۵. شبکه عصبی مورد استفاده

٤-٤ پیش‌بینی با استفاده از روش میانگین متحرک

این تکنیک حد ما بین روش‌های تقاضای واقعی دور قبل و میانگین ساده است. در روش میانگین متحرک، میانگین یک تعداد از داده‌های واقعی آخرین دوره‌های گذشته، مبنای محاسبه پیش‌بینی خواهد بود. به عبارت دیگر، میانگینی که با استفاده از اطلاعات جدید مرتبا به روز در آورده می‌شود، میانگین متحرک نامیده می‌شود. در این روش داریم:

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + \ldots + A_{t-n}}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} A_{t-i} \qquad (۴)$$

که در آن:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

t : شماره دور

A_{t-i} : $t-i$ تقاضای واقعی دور

n : تعداد دور برای میانگین‌گیری (دوره تناوب)

F_t : t پیش‌بینی تقاضای دور

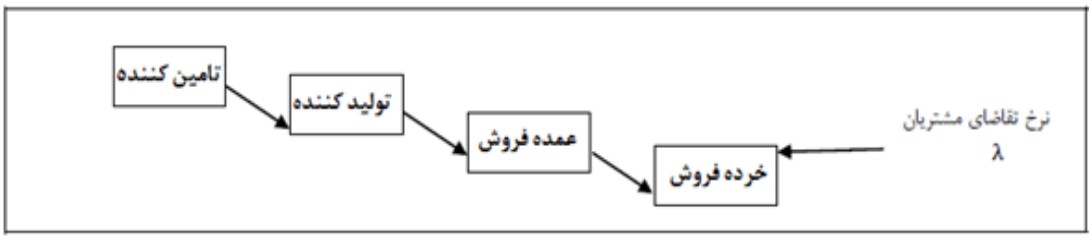
۵ روش‌شناسی و فرضیات تحقیق

تحقیق حاضر به بررسی تاثیر کاربرد روش‌های مختلف پیش‌بینی در یک زنجیره‌تامین چند سطحی بر اثر شلاق چرمی می‌پردازد. این موضوع در بسیاری از تحقیقات پیشین بررسی شده است؛ لیکن در این تحقیق تاثیر کاربرد ترکیبی روش‌های مختلف پیش‌بینی بر اثر شلاقی بررسی شده است که با توجه به ماهیت مستقل اجزای زنجیره‌تامین انطباق بیش‌تری با واقعیت دارد. برای این منظور، یک زنجیره‌تامین چهار سطحی شامل یک خرده‌فروش، یک عمده‌فروش، یک تولیدکننده و یک تامین‌کننده مدنظر قرار گرفته است. تقاضای چهار سطح زنجیره‌تامین بدین ترتیب محاسبه شد که در سنایورهای پیش‌بینی هیچ کدام از سطوح زنجیره مجاز به انتخاب روش مشابهی برای پیش‌بینی نبودند. با احتساب این فرض ۲۴ (چهار فاکتوریل حالت) سناریوی پیش‌بینی شکل گرفت که سطوح زنجیره با روش‌های میانگین متحرک، رگرسیون خطی، هموارسازی نمایی و شبکه عصبی پرسپکترون چندلایه تقاضای هر سطح زنجیره را پیش‌بینی کردند. تحقیق حاضر نقش اثرات شلاق چرمی را بر زنجیره‌تامین چهار سطحی مورد بررسی قرار می‌دهد. برای این منظور یک زنجیره‌تامین چهار سطحی شامل خرده‌فروش، عمده‌فروش، تولیدکننده و تامین‌کننده شبیه‌سازی شده است. برای شبیه‌سازی زنجیره‌تامین، در واقع با نگاهی به فرایند ورود مشتریان به سیستم و ثبت تقاضای آن‌ها، که نشان‌دهنده این واقعیت است، فرایند تقاضای کالا فرایندی شمارشی است به خوبی توسط توزیع پواسون نشان داده می‌شود همین ویژگی نیز باعث شده است تا بیش از نیمی از تحقیقات مرتبط با سیستم‌های چند سطحی، این توزیع را به عنوان الگوی تقاضا به کار برند. انتخاب این توزیع با توجه به تحقیقات متعدد دیگری صورت گرفته است که از این توزیع به عنوان الگوی تقاضا در زنجیره‌تامین استفاده کرده‌اند. این انتخاب ریشه در ماهیت و ویژگی توزیع پواسون در به تصویر کشیدن فرایندهای شمارشی دارد [۱۵].

با توجه به شکل ۶ می‌توان دریافت که تنها خرده‌فروش تقاضای خود را بر اساس سفارش‌های مشتری نهایی پیش‌بینی می‌کند و هر یک از سطوح بالاتر، بر اساس میزان سفارش سطح بعدی به پیش‌بینی اقدام می‌کنند از این رو سیاست سفارش‌دهی اجزای زنجیره نیز می‌تواند بر اثر شلاق چرمی آن تاثیر داشته باشد [۱۷]. به دلیل اینکه خرده فروش پایین‌ترین سطح زنجیره می‌باشد، با تقاضای واقعی مشتریان در ارتباط است؛ لذا پیش‌بینی این سطح از زنجیره بر اساس تقاضای واقعی مشتریان انجام می‌گیرد. در سطح دوم از زنجیره، عمده‌فروش با خرده‌فروش در ارتباط است، از این رو میزان سفارش خرده فروش که با استفاده از روش نقطه سفارش انجام می‌گیرد به عنوان تقاضای عمده فروش محسوب می‌گردد. در سطح سوم از زنجیره، تولیدکننده با عمده‌فروش در ارتباط می‌باشد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]



شکل ٦. زنجیره‌تامین چهار سطحی مورد بررسی

در واقع عمده فروش به عنوان تقاضای این سطح از زنجیره محسوب می‌گردد. در هر دور شبیه‌سازی، تقاضای تصادفی برای ۵۰ دوره از طریق نرم‌افزار متلب ایجاد شده است. شایان ذکر است که در تحقیق حاضر بحث نمونه‌گیری به معنای عام آن در نظر نبوده است و تنها با توجه به روش تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس تحلیل واریانس، این تعداد بر بهره‌گیری از قضیه حد مرکزی به عنوان یک نمونه بزرگ در نظر گرفته شده است. داده‌های مربوط به تقاضای تصادفی خرده‌فروش در اولین دور شبیه‌سازی در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به تعریف اثر شلاقی به صورت نسبت واریانس‌ها و برای افزایش واریانس تقاضاها، نرخ تقاضا فرض شده است. همچنین سیاست سفارش‌دهی نیز، به عنوان یک متغیر کنترل، برای کلیه سطوح در نظر گرفته شده است. در کلیه روش‌ها، موجودی ابتدای دوره برابر صفر، زنجیره یکسان و به صورت واحد در نظر گرفته شده و کمبود نیز مجاز است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی مساله تحت حالات گوناگون در ادامه ارایه شده است. در بالاترین سطح از زنجیره مورد مطالعه، تولیدکننده با تامین‌کننده در ارتباط است. به عبارتی میزان سفارش تولید کننده به عنوان تقاضای این سطح از زنجیره محسوب می‌گردد؛ بنابراین تامین‌کننده نیز بر اساس سفارش‌های قبلی تولیدکننده سعی در پیش‌بینی تقاضای دور آینده دارد و در همه سطوح زنجیره‌تامین سیاست سفارش‌دهی نقطه سفارش در نظر گرفته شد.

۵-۱ سیستم نقطه سفارش و مفروضات آن

در مدل نقطه سفارش، با توجه به اینکه هزینه‌ی سفارش‌ها قابل توجه است می‌توان سیاست را بر این اساس بنا نهاد که در شروع هر دوره، در صورتی که موجودی در لحظه صدور سفارش که آن را با Q_e نشان می‌دهیم از حد معینی بیش‌تر باشد از صدور سفارش خودداری نموده و بررسی مجدد امر را به ابتدای دور بعد موکول کنیم. این حد معین را که در این تحلیل به دنبال آن هستیم، q می‌نامیم؛ بنابراین، در هر دوره برای مقدار سفارش Q خواهیم داشت:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

$$\begin{cases} Q = Q_m - Q_e & Q_e \le q_. \\ Q = ۰ & Q_e > q_. \end{cases} \quad (۵)$$

در این رابطه Q_m حداکثر موجودی است. ابتدا با توجه به تحقیقاتی که از تعداد زیادی خرده‌فروش مبنی بر فروش لبنیات شرکت «مانیزان» به عمل آمد، کران بالا و پایین متوسط مصرف روزانه بر حسب کیلوگرم بازه‌ی [۲۳و۵] انتخاب شد که بر این اساس، اعداد تصادفی تولید شده با پارامتر متغیر در بازه‌ی [۲۳و۵] تولید شدند. هم چنین برای محاسبه‌ی Q_m و $q_.$ نیاز به مفروضاتی است که در زیر آمده است:

زمان تحویل کالا $L = ۰$ و متوسط تقاضای روزانه (میانگین تقاضا) $\overline{D} = ۱۴$

هزینه مواجهه با کسری بر حسب واحد پول $S = ۳$ و فاصله زمانی بین سفارش‌ها $T = ۱$

هزینه سفارش‌دهی بر حسب واحد پول $C = ۴$ و هزینه نگهداری بر حسب واحد پول $h = ۱$

انحراف معیار مصرف $\sigma = ۹$

هم چنین:

(۷) مقدار اقتصادی هر بار سفارش $Q^* = \sqrt{\frac{۲C \times \overline{D}}{h}} \times \sqrt{\frac{h+s}{s}}$ (۶) و $\mu_{T+L} = \overline{D}(L+T)$

$$Q_s = Q^* \times \frac{h}{h+s} \quad (۸) \quad \text{و} \quad I(\gamma) = \frac{Q_s}{\sigma} \quad (۹)$$

$$q_. = \gamma \times \sigma + \frac{\overline{D} \times T}{۲} + \mu \quad (۱۰) \quad \text{و} \quad Q_m = Q^* + \left(q_. - \frac{\overline{D} \times T}{۲} \right) \quad (۱۱)$$

بنابراین با توجه به فرمول‌های (۶) تا (۱۱) که در بالا ذکر گردید و با داشتن مقادیر داده شده خواهیم داشت:

$$\mu_{T+L} = ۱۴ \ , \ Q^* \simeq ۱۳ \ , \ Q_s = ۳/۰۵ \ , \ I_{(\gamma)} = ۰/۳۳۸$$

با توجه به جدول نرمال لاس، خواهیم داشت: $\gamma = ۰/۱۳$

$$q_. \simeq ۲۲ \quad , \quad Q_m \simeq ۲۸$$

بنابراین می‌توان سیستم نقطه سفارش (۲۸و۲۲) را در نظر گرفت. برای این منظور، ۳۶ عدد تصادفی با توزیع پواسون با پارامتر [۲۳و۵] در نظر گرفته شد و سیستم نقطه سفارش (۲۸و۲۲) استفاده شد. انتخاب نمونه ۳۶ تایی به این دلیل صورت گرفت که اگر $n > ۳۰$ باشد، طبق قضیه حد مرکزی از توزیع نرمال پیروی می‌کند. چون روش تجزیه و تحلیل در این پژوهش تحلیل واریانس است. سپس اثر شلاق چرمی طبق رابطه (۱۲) محاسبه خواهد شد:

$$\text{اثر شلاق چرمی} = \frac{\text{واریانس سفارش تامین کننده}}{\text{واریانس تقاضای خرده فروش}} \quad (۱۲)$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

بنابراین، Q_m و $q_.$ به ترتیب برابر ۲۸ و ۲۲ در نظر گرفته می‌شود. در دور اول، موجودی ابتدای دوره برابر میزان تقاضای این دور است. هم چنین موجودی انتهای دوه‌ی i برابر موجودی ابتدای دوره‌ی $i+1$ می‌باشد؛ بنابراین دو حالت ممکن است رخ دهد:

الف) اگر حاصل تفاضل موجودی ابتدای دوره و تقاضا بزرگ‌تر یا مساوی $q_.$ باشد، در این حالت سفارشی داده نمی‌شود و موجودی انتهای دوره برابر است با تفاضل موجودی ابتدای دوره با تقاضا. به عنوان نمونه در دور دوم از جدول ۴ تقاضای خرده‌فروش برابر ۳/۶۹ است و چون موجودی ابتدای دوره برابر ۲۸ است؛ بنابراین داریم:

$q_. > ۲۴/۳۱ = ۳/۶۹ - ۲۸$ در چنین شرایطی سفارشی داده نمی‌شود.

ب) اگر حاصل تفاضل موجودی ابتدای دوره و تقاضا کم‌تر از $q_.$ باشد، در این صورت سفارش برابر $Q_m - Q_e$ خواهد بود. به عنوان نمونه در دور سوم تقاضای خرده فروش از جدول ۴ داریم:

$q_. > ۲۰/۴۹ = ۲۴/۳۱ - ۳/۸۲$ بنابراین به اندازه‌ی $۲۸ - ۲۰/۴۹ = ۷/۵۱$ سفارش داده می‌شود. بقیه‌ی ستون‌ها نیز به همین شکل محاسبه شده‌اند.

۳۶ عدد تصادفی با توزیع پواسون با پارامتر متغیر که از توزیع یکنواخت در بازه‌ی[۲۳و۵] پیروی می‌کند، تولید شده است. مقادیر اعداد تصادفی تولید شده در جدول ۳ آورده شده است.

در ادامه بررسی اثر شلاق چرمی در زنجیره‌ی تامین ۴ سطحی خواهیم پرداخت. سناریوی ۱ برای نمونه ارایه می‌شود و از بیان نحوه محاسبات مربوط به سایر سناریوها صرف‌نظر می‌گردد. در جدول ۸ نتایج مقادیر مختلف اثر شلاق چرمی ۲۴ سناریو نشان داده شده است.

جدول۳. داده‌های تقاضای تصادفی برای تقاضای متغیر

تقاضای تصادفی	دوره	تقاضای تصادفی	دوره	تقاضای تصادفی	دوره
۱۱	۲۵	۴	۱۳	۳	۱
۵	۲۶	۴	۱۴	۲	۲
۱۰	۲۷	۳	۱۵	۳	۳
۷	۲۸	۲	۱۶	۳	۴
۶	۲۹	۲	۱۷	۶	۵
۴	۳۰	۴	۱۸	۴	۶
۱۰	۳۱	۷	۱۹	۳	۷
۹	۳۲	۸	۲۰	۲	۸
۷	۳۳	۷	۲۱	۷	۹
۸	۳۴	۹	۲۲	۱۰	۱۰
۴	۳۵	۱۰	۲۳	۷	۱۱
۸	۳۶	۶	۲۴	۷	۱۲

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

۵-۲ بررسی اثر شلاق چرمی در زنجیره‌ی‌تامین چهار سطحی در سناریوی ۱

همان‌طور که در جدول ۲ ذکر شده است، در این سناریو خرده‌فروش، عمده‌فروش، تولیدکننده و تامین‌کننده به ترتیب از روش‌های رگرسیون، هموارسازی نمایی، شبکه عصبی و میانگین متحرک، برای پیش‌بینی استفاده می‌کنند.

۵-۲-۱ پیش‌بینی تقاضای سطح خرده فروش با استفاده از روش رگرسیون

با توجه به داده‌های تقاضای تصادفی، ابتدا تقاضای خرده‌فروش با استفاده از رگرسیون پیش‌بینی می‌شود سپس با توجه به مدل ارایه شده، میزان سفارش و انبار محاسبه می‌گردد.

جدول٤. تقاضا، سفارش و انبار خرده فروش با روش رگرسیون

موجودی انتهای دوره	سفارش	تقاضا	موجودی ابتدای دوره	دور	موجودی انتهای دوره	سفارش	تقاضا	موجودی ابتدای دوره	دور
۲۸/۰۰	۱۱/۷۸	۵/۹۶	۲۲/۱۸	۱۹	۲۸/۰۰	۲۸	۳/۵۶	۳/۵۶	۱
۲۸/۰۰	۶/۰۹	۶/۰۹	۲۸/۰۰	۲۰	۲۴/۳۱	۰/۰۰	۳/۶۹	۲۸	۲
۲۸/۰۰	۶/۲۲	۶/۲۲	۲۸/۰۰	۲۱	۲۸/۰۰	۷/۵۱	۳/۸۲	۲۴/۳۱	۳
۲۸/۰۰	۶/۳۶	۶/۳۶	۲۸/۰۰	۲۲	۲۴/۰۴	۰/۰۰	۳/۹۶	۲۸	۴
۲۸/۰۰	۶/۴۹	۶/۴۹	۲۸/۰۰	۲۳	۲۸/۰۰	۸/۰۴	۴/۰۹	۲۴/۰۴	۵
۲۸/۰۰	۶/۶۲	۶/۶۲	۲۸/۰۰	۲۴	۲۳/۷۸	۰/۰۰	۴/۲۲	۲۸	۶
۲۸/۰۰	۶/۷۶	۶/۷۶	۲۸/۰۰	۲۵	۲۸/۰۰	۸/۵۸	۴/۳۶	۲۳/۷۸	۷
۲۸/۰۰	۶/۸۹	۶/۸۹	۲۸/۰۰	۲۶	۲۳/۵۱	۰/۰۰	۴/۴۹	۲۸/۰۰	۸
۲۸/۰۰	۷/۰۲	۷/۰۲	۲۸/۰۰	۲۷	۲۸/۰۰	۹/۱۱	۴/۶۲	۲۳/۵۱	۹
۲۸/۰۰	۷/۱۶	۷/۱۶	۲۸/۰۰	۲۸	۲۳/۲۴	۰/۰۰	۴/۷۶	۲۸/۰۰	۱۰
۲۸/۰۰	۷/۲۹	۷/۲۹	۲۸/۰۰	۲۹	۲۸/۰۰	۹/۶۴	۴/۸۹	۲۳/۲۴	۱۱
۲۸/۰۰	۷/۴۲	۷/۴۲	۲۸/۰۰	۳۰	۲۲/۹۸	۰/۰۰	۵/۰۲	۲۸/۰۰	۱۲
۲۸/۰۰	۷/۵۶	۷/۵۶	۲۸/۰۰	۳۱	۲۸/۰۰	۱۰/۱۸	۵/۱۶	۲۲/۹۸	۱۳
۲۸/۰۰	۷/۶۹	۷/۶۹	۲۸/۰۰	۳۲	۲۲/۷۱	۰/۰۰	۵/۲۹	۲۸/۰۰	۱۴
۲۸/۰۰	۷/۸۲	۷/۸۲	۲۸/۰۰	۳۳	۲۸/۰۰	۱۰/۷۱	۵/۴۲	۲۲/۷۱	۱۵
۲۸/۰۰	۷/۹۶	۷/۹۶	۲۸/۰۰	۳۴	۲۲/۴۴	۰/۰۰	۵/۵۶	۲۸/۰۰	۱۶
۲۸/۰۰	۸/۰۹	۸/۰۹	۲۸/۰۰	۳۵	۲۸/۰۰	۱۱/۲۴	۵/۶۹	۲۲/۴۴	۱۷
۲۸/۰۰	۸/۲۲	۸/۲۲	۲۸/۰۰	۳۶	۲۲/۱۸	۰/۰۰	۵/۸۲	۲۸/۰۰	۱۸

نحوه محاسبه اعداد جدول ۴ به این صورت است که ابتدا با توجه به داده‌های تقاضای تصادفی جدول ۳، معادله رگرسیون خطی $Y=۳/۴۴۲+۰/۱۳۳۳X$ به‌دست می‌آید. حال به عنوان نمونه، دور ۱۶ جدول ۴ را حل می‌کنیم: تقاضا از معادله رگرسیون و با جایگزینی $X=۱۶$ عدد ۵/۵۶ به‌دست می‌آید. با توجه به اینکه موجودی دور قبل (دور ۱۵) برابر ۲۸ می‌باشد اگر تقاضا (۵/۵۶) را از موجودی کم کنیم، موجودی انتهای دوره به‌دست می‌آید که برابر است با ۲۲/۴۴ و چون از q بزرگ‌تر است؛ بنابراین سفارشی نخواهیم داشت.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

۵-۲-۲ پیش‌بینی تقاضای سطح عمده فروش با استفاده از روش هموارسازی نمایی

با استفاده از سفارش خرده‌فروش، تقاضای عمده‌فروش از روش هموارسازی نمایی و ضریب $\alpha = ۰/۳۳$ پیش‌بینی می‌شود. سپس میزان سفارش و انبار با توجه به مدل ارایه شده محاسبه می‌گردد.

جدول۵. تقاضا، سفارش و انبار عمده فروش با روش هموارسازی نمایی

دور	موجودی ابتدای دوره	تقاضا	سفارش	موجودی انتهای دوره	دور	موجودی ابتدای دوره	تقاضا	سفارش	موجودی انتهای دوره
۱	۷/۲۶	۷/۲۶	۲۸/۰۰	۲۸/۰۰	۱۹	۲۸/۰۰	۴/۳۵	۰/۰۰	۲۳/۶۵
۲	۲۸/۰۰	۱۴/۱۰	۱۴/۱۰	۲۸/۰۰	۲۰	۲۳/۶۵	۶/۸۰	۱۱/۱۵	۲۸/۰۰
۳	۲۸/۰۰	۹/۴۵	۹/۴۵	۲۸/۰۰	۲۱	۲۸/۰۰	۶/۵۷	۶/۵۷	۲۸/۰۰
۴	۲۸/۰۰	۸/۸۱	۸/۸۱	۲۸/۰۰	۲۲	۲۸/۰۰	۶/۴۵	۶/۴۵	۲۸/۰۰
۵	۲۸/۰۰	۵/۹۰	۰/۰۰	۲۲/۱۰	۲۳	۲۸/۰۰	۶/۴۲	۶/۴۲	۲۸/۰۰
۶	۲۲/۱۰	۶/۶۱	۱۲/۵۱	۲۸/۰۰	۲۴	۲۸/۰۰	۶/۴۴	۶/۴۴	۲۸/۰۰
۷	۲۸/۰۰	۴/۴۳	۰/۰۰	۲۳/۵۷	۲۵	۲۸/۰۰	۶/۵۰	۶/۵۰	۲۸/۰۰
۸	۲۳/۵۷	۵/۸۰	۱۰/۲۳	۲۸/۰۰	۲۶	۲۸/۰۰	۶/۵۹	۶/۵۹	۲۸/۰۰
۹	۲۸/۰۰	۳/۸۸	۰/۰۰	۲۴/۱۲	۲۷	۲۸/۰۰	۶/۶۹	۶/۶۹	۲۸/۰۰
۱۰	۲۴/۱۲	۵/۶۱	۹/۴۹	۲۸/۰۰	۲۸	۲۸/۰۰	۶/۸۰	۶/۸۰	۲۸/۰۰
۱۱	۲۸/۰۰	۳/۷۶	۰/۰۰	۲۴/۲۴	۲۹	۲۸/۰۰	۶/۹۲	۶/۹۲	۲۸/۰۰
۱۲	۲۴/۲۴	۵/۷۰	۹/۴۶	۲۸/۰۰	۳۰	۲۸/۰۰	۷/۰۴	۷/۰۴	۲۸/۰۰
۱۳	۲۸/۰۰	۳/۸۲	۰/۰۰	۲۴/۱۸	۳۱	۲۸/۰۰	۷/۱۷	۷/۱۷	۲۸/۰۰
۱۴	۲۴/۱۸	۵/۹۲	۹/۷۴	۲۸/۰۰	۳۲	۲۸/۰۰	۷/۲۹	۷/۲۹	۲۸/۰۰
۱۵	۲۸/۰۰	۳/۹۶	۰/۰۰	۲۴/۰۴	۳۳	۲۸/۰۰	۷/۴۲	۷/۴۲	۲۸/۰۰
۱۶	۲۴/۰۴	۶/۱۹	۱۰/۱۶	۲۸/۰۰	۳۴	۲۸/۰۰	۷/۵۶	۷/۵۶	۲۸/۰۰
۱۷	۲۸/۰۰	۴/۱۵	۰/۰۰	۲۳/۸۵	۳۵	۲۸/۰۰	۷/۶۹	۷/۶۹	۲۸/۰۰
۱۸	۲۳/۸۵	۶/۴۹	۱۰/۶۴	۲۸/۰۰	۳۶	۲۸/۰۰	۷/۸۲	۷/۸۲	۲۸/۰۰

اعداد جدول با توجه به توضیحات قسمت قبلی و توضیحات بخش (۳-۱-۲) به‌دست آمد. به عنوان نمونه تقاضای دور ۱۶ به این صورت است که اعداد سفارش دور ۱۵ جدول (۴) یعنی سفارش خرده فروش و تقاضای دور ۱۵ عمده فروش را در نظر گرفته و با توجه به مقدار ضریب $\alpha = ۰/۳۳$ داریم:

$$Exponential\ Smoothing\ (۱۶) = (۰/۳۳ \times ۱۰/۷۱) + ((۱ - ۰/۳۳) \times ۳/۹۶) = ۶/۱۹$$

۵-۲-۳ پیش‌بینی تقاضای سطح تولیدکننده با استفاده از روش شبکه عصبی

در این پژوهش با استفاده از روش شبکه عصبی پرسپترن چندلایه، پیش‌بینی تقاضای تولیدکننده انجام شد. برای مدل‌سازی داده‌ها از یک شبکه پرسپترون چندلایه با مشخصات دو لایه پنهان استفاده شد. با استفاده از کدنویسی در نرم افزار متلب، داده‌های سری زمانی با توجه به حدس‌های هوشمندانه و تاخیرهای زمانی و وقفه بهینه تعیین

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

شده، آرایش یافتند. برای آموزش شبکه عصبی از الگوریتم لونبرگ- مارکوارات استفاده شد. همچنین از تابع فعالیت تانژانت سیگموئیدی در لایه پنهانی اول و از تابع محرک خطی در لایه پنهانی دوم و لایه خروجی استفاده شد.

پس از اینکه داده‌های ورودی تاریخی را به نرم افزار متلب داده شد، با استفاده از توابع و تاخیرهای زمانی داده شده نرم افزارمتلب ۶۰ درصد داده‌ها را برای آموزش، ۲۰ درصد برای اعتبارسنجی حین آموزش می‌گیرد و برای ۲۰ درصد مابقی آزمون تست را انجام می‌دهد و در نهایت خروجی پیش‌بینی شده را با خروجی مورد انتظار با شاخص میانگین مربعات خطا، مقایسه می‌کند.

جدول٦. تقاضا، سفارش و انبار تولیدکننده با روش شبکه عصبی

موجودی انتهای دوره	سفارش	تقاضا	موجودی ابتدای دوره	دور	موجودی انتهای دوره	سفارش	تقاضا	موجودی ابتدای دوره	دور
۲۳/۰۶	۰/۰۰	۰/۰۷	۲۳/۱۳	۱۹	۲۸/۰۰	۲۸/۰۰	۲/۹۵	۲/۹۵	۱
۲۲/۱۷	۰/۰۰	۰/۸۹	۲۳/۰۶	۲۰	۲۸/۰۰	۱۱/۵۹	۱۱/۵۹	۲۸/۰۰	۲
۲۸/۰۰	۶/۳۹	۰/۵۶	۲۲/۱۷	۲۱	۲۳/۱۴	۰/۰۰	۴/۸۶	۲۸/۰۰	۳
۲۶/۹۹	۰/۰۰	۱/۰۱	۲۸/۰۰	۲۲	۲۸/۰۰	۱۵/۳۳	۱۰/۴۸	۲۳/۱۴	۴
۲۵/۴۱	۰/۰۰	۱/۵۹	۲۶/۹۹	۲۳	۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۸/۰۰	۵
۲۳/۱۷	۰/۰۰	۲/۲۴	۲۵/۴۱	۲۴	۲۸/۰۰	۱۰/۶۳	۱۰/۶۳	۲۸/۰۰	۶
۲۸/۰۰	۷/۷۵	۲/۹۲	۲۳/۱۷	۲۵	۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۸/۰۰	۷
۲۴/۴۳	۰/۰۰	۳/۵۷	۲۸/۰۰	۲۶	۲۸/۰۰	۱۰/۴۸	۱۰/۴۸	۲۸/۰۰	۸
۲۸/۰۰	۷/۷۵	۴/۱۸	۲۴/۴۳	۲۷	۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۸/۰۰	۹
۲۳/۲۹	۰/۰۰	۴/۷۱	۲۸/۰۰	۲۸	۲۸/۰۰	۱۰/۴۷	۱۰/۴۷	۲۸/۰۰	۱۰
۲۸/۰۰	۹/۸۷	۵/۱۷	۲۳/۲۹	۲۹	۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۸/۰۰	۱۱
۲۲/۴۵	۰/۰۰	۵/۵۵	۲۸/۰۰	۳۰	۲۸/۰۰	۱۰/۵۰	۱۰/۵۰	۲۸/۰۰	۱۲
۲۲/۴۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۲/۴۵	۳۱	۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۸/۰۰	۱۳
۲۲/۳۸	۰/۰۰	۰/۰۷	۲۲/۴۵	۳۲	۲۸/۰۰	۱۰/۵۴	۱۰/۵۴	۲۸/۰۰	۱۴
۲۸/۰۰	۶/۵۱	۰/۸۹	۲۲/۳۸	۳۳	۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۸/۰۰	۱۵
۲۶/۴۱	۰/۰۰	۱/۵۹	۲۸/۰۰	۳۴	۲۲/۶۱	۰/۰۰	۵/۳۹	۲۸/۰۰	۱۶
۲۲/۸۴	۰/۰۰	۳/۵۷	۲۶/۴۱	۳۵	۲۸/۰۰	۸/۵۸	۳/۱۹	۲۲/۶۱	۱۷
۲۸/۰۰	۹/۳۴	۴/۱۸	۲۲/۸۴	۳۶	۲۳/۱۳	۰/۰۰	۴/۸۷	۲۸/۰۰	۱۸

۵-۲-٤ پیش‌بینی تقاضای سطح تامین‌کننده با استفاده از روش میانگین متحرک

با استفاده از مقدار سفارش تولیدکننده، از روش میانگین متحرک تقاضای تامین‌کننده پیش‌بینی شد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

جدول۷. تقاضا، سفارش و انبار تامین‌کننده با روش میانگین متحرک

دور	موجودی ابتدای دوره	تقاضا	سفارش	موجودی انتهای دوره	دور	موجودی ابتدای دوره	تقاضا	سفارش	موجودی انتهای دوره
۱	۲۸	۲۸/۰۰	۲۸/۰۰	۲۸/۰۰	۱۹	۲۸/۰۰	۲/۱۴	۰/۰۰	۲۵/۸۶
۲	۲۸/۰۰	۱۱/۵۹	۱۱/۵۹	۲۸/۰۰	۲۰	۲۵/۸۶	۲/۱۴	۰/۰۰	۲۳/۷۱
۳	۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۸/۰۰	۲۱	۲۳/۷۱	۲/۱۴	۶/۴۳	۲۸/۰۰
۴	۲۸/۰۰	۱۵/۳۳	۱۵/۳۳	۲۸/۰۰	۲۲	۲۸/۰۰	۱/۶۰	۰/۰۰	۲۶/۴۰
۵	۲۸/۰۰	۱۳/۷۳	۱۳/۷۳	۲۸/۰۰	۲۳	۲۶/۴۰	۱/۶۰	۰/۰۰	۲۴/۸۱
۶	۲۸/۰۰	۶/۷۳	۶/۷۳	۲۸/۰۰	۲۴	۲۴/۸۱	۱/۶۰	۰/۰۰	۲۳/۲۱
۷	۲۸/۰۰	۶/۴۹	۶/۴۹	۲۸/۰۰	۲۵	۲۳/۲۱	۱/۶۰	۶/۳۹	۲۸/۰۰
۸	۲۸/۰۰	۶/۴۹	۶/۴۹	۲۸/۰۰	۲۶	۲۸/۰۰	۱/۹۴	۰/۰۰	۲۶/۰۶
۹	۲۸/۰۰	۵/۲۸	۰/۰۰	۲۲/۷۲	۲۷	۲۶/۰۶	۱/۹۴	۰/۰۰	۲۴/۱۲
۱۰	۲۲/۷۲	۵/۲۸	۱۰/۵۵	۲۸/۰۰	۲۸	۲۴/۱۲	۳/۸۸	۷/۷۵	۲۸/۰۰
۱۱	۲۸/۰۰	۵/۲۴	۰/۰۰	۲۲/۷۶	۲۹	۲۸/۰۰	۳/۸۸	۰/۰۰	۲۴/۱۲
۱۲	۲۲/۷۶	۵/۲۴	۱۰/۴۷	۲۸/۰۰	۳۰	۲۴/۱۲	۴/۴۱	۸/۲۸	۲۸/۰۰
۱۳	۲۸/۰۰	۵/۲۴	۰/۰۰	۲۲/۷۶	۳۱	۲۸/۰۰	۴/۴۱	۰/۰۰	۲۳/۵۹
۱۴	۲۲/۷۶	۵/۲۴	۱۰/۴۹	۲۸/۰۰	۳۲	۲۳/۵۹	۲/۴۷	۶/۸۷	۲۸/۰۰
۱۵	۲۸/۰۰	۵/۲۶	۰/۰۰	۲۲/۷۴	۳۳	۲۸/۰۰	۲/۴۷	۰/۰۰	۲۵/۵۳
۱۶	۲۲/۷۴	۵/۲۶	۱۰/۵۲	۲۸/۰۰	۳۴	۲۵/۵۳	۱/۶۳	۰/۰۰	۲۳/۹۰
۱۷	۲۸/۰۰	۲/۶۴	۰/۰۰	۲۵/۳۶	۳۵	۲۳/۹۰	۱/۶۳	۰/۰۰	۲۲/۲۸
۱۸	۲۵/۳۶	۴/۷۸	۷/۴۲	۲۸/۰۰	۳۶	۲۲/۲۸	۱/۶۳	۷/۳۵	۲۸/۰۰

با توجه به اعداد ستون سفارش‌های تولیدکننده از جدول ۶ و در نظر گرفتن طول دوره تناوب ۴ ($n=۴$) بر اساس روش میانگین متحرک)، اعداد ستون تقاضای جدول ۷ محاسبه گردید. به عنوان نمونه در دور ۱۶ خواهیم داشت:

$$Moving\ Average\ (۱۶)=\frac{۱۰/۵+۰+۱۰/۵۴+۰}{۴}=۱۰/۲۶$$

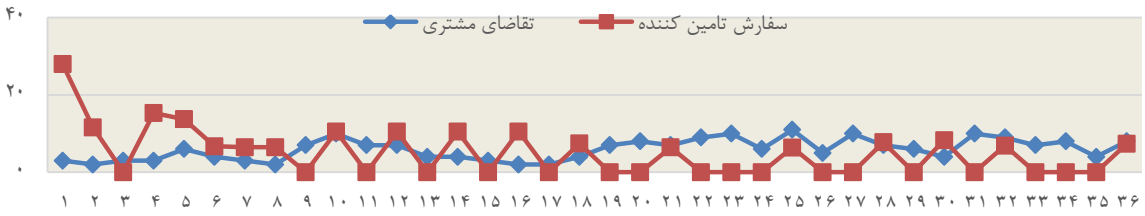
سپس اثر شلاق چرمی سناریوی ۱ محاسبه شد. برای این منظور از رابطه (۱۲) استفاده گردید:

واریانس سفارش تامین‌کننده: ۳۹/۱۸و واریانس تقاضای خرده‌فروش: ۱/۹۷و اثر شلاق چرمی سناریوی ۱: ۱۹/۸۶.

شکل ۷ روند تغییرات تقاضای پایین زنجیره و سفارش تامین‌کننده را نشان می‌دهد

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]



شکل۷. روند تغییرات تقاضای مشتری و سفارش تامین‌کننده

اثر شلاقی ۲۴ سناریو در جدول ۸ آمده است.

جدول۸. مقادیر اثر شلاق چرمی سناریوهای مختلف پیش‌بینی

سناریو	اثر شلاقی	سناریو	اثر شلاقی	سناریو	اثر شلاقی
۱	۱۹/۸۶	۹	۴۰/۹۹	۱۷	۱۵۳/۷۴
۲	۵۵/۳۱	۱۰	۷۵/۱۵	۱۸	۶۶/۷۶
۳	۴۰/۳۰	۱۱	۲۷/۷۳	۱۹	۲۸/۳۵
۴	۷۶/۷۷	۱۲	۲۶/۵۰	۲۰	۳۳/۵۱
۵	۴۰/۶۲	۱۳	۲/۲۴	۲۱	۲۳/۳۴
۶	۴۶/۹۹	۱۴	۳۶/۴۴	۲۲	۳۶/۰۰
۷	۲۷/۴۵	۱۵	۶۵/۰۰	۲۳	۱۸/۴۶
۸	۱۶/۲۷	۱۶	۴/۷۷	۲۴	۲۶/۶۵

٦ تجزیه و تحلیل نتایج و معرفی الگوی برتر

نتایج ارایه شده در قسمت قبل در واقع نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل یک مجموعه از داده‌های تصادفی تولید شده تحت سناریوهای مختلف پیش‌بینی را نشان می‌دهد. در این تحقیق و برای مقایسه اثر شلاق نسبت به چرمی حاصل از شش سناریوی مختلف، با استفاده از نرم افزارهای MATLAB و EXCEL نسبت به شبیه‌سازی فرآیند فوق در ۵۰ دور اقدام گردید. نحوه انجام شبیه‌سازی به این صورت است که از نرم افزار MATLAB برای تولید اعداد تصادفی طبق توزیع پواسون استفاده شده است. سپس منطق زنجیره‌تامین مورد نظر در نرم افزار EXCEL طراحی شده است و اعداد تصادفی در خصوص میزان تقاضا به عنوان ورودی در الگوی طراحی شده وارد شده و الگو به اجرا در آمده است. نهایتا طبق تعریف اثر شلاق چرمی نسبت محاسبه این اثر در هر یک از آزمایش ها اقدام شده است. سپس با توجه به نتایج، میانگین هر یک از ۲۴ سناریو را که هر کدام ۵۰ بار شبیه‌سازی شده‌اند، محاسبه شد که در شکل ۸ نشان داده شده است.

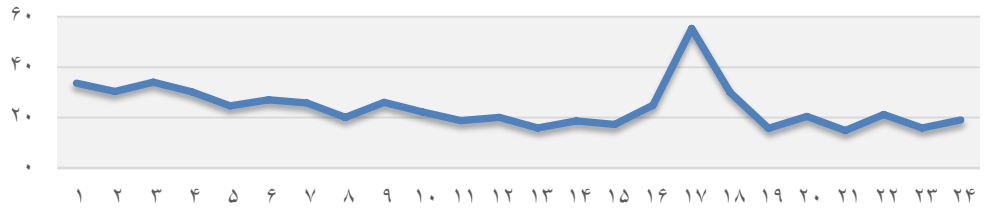
در ادامه تحقیق به آزمون این فرض پرداخته شده است که "آیا میانگین اثر شلاق چرمی سناریوهای مختلف پیش‌بینی تفاوت معنی‌دار با یکدیگر دارند یا خیر؟" در واقع این تحقیق به دنبال آزمون فرض زیر است:

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \ldots = \mu_{24} \\ H_1 : \mu_i \neq \mu_j \ , \ \forall i, j \in (1,2,3,\ldots,24), \ i \neq j \end{cases}$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

سپس میانگین هر یک از این ۲۴ سناریو که ۵۰ بار شبیه‌سازی شده‌اند، محاسبه شد که شکل ۸ میانگین اثر شلاقی ۵۰ دور شبیه‌سازی سناریوهای مختلف را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۸ مشخص است، سناریوهای شماره ۲۱ دارای کم‌ترین اثر شلاق چرمی است که بهترین سناریو می‌باشد. بیش‌ترین اثر شلاق چرمی نیز مربوط به سناریوی شماره (۱۷) می‌باشد.



شکل۸. میانگین اثر شلاق چرمی ۵۰ دور شبیه سازی شده سناریوهای مختلف در شرایط تقاضای متغیر

برای آزمون فرض فوق با توجه به داده‌های شبیه‌سازی شده، از روش تحلیل واریانس تک عاملی با استفاده از نرم افزار SPSS 19 استفاده شده است. نتایج این آزمون در جدول ۹ نشان داده شده است:

جدول ۹. نتایج تحلیل واریانس

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	89249.056	23	3880.394	3.905	.000
Within Groups	1168736.290	1176	993.823		
Total	1257985.346	1199			

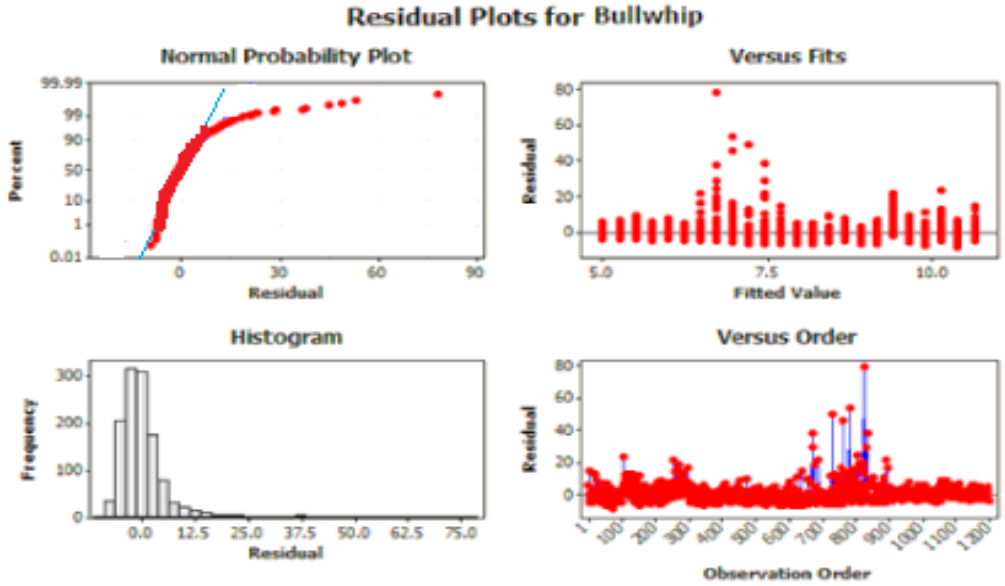
همان‌طور که نتایج تحلیل واریانس نشان می‌دهد، فرض صفر برابری میانگین اثر شلاق چرمی در ۲۴ سناریوی پیشنهادی در سطح اطمینان ۹۵٪ پذیرفته نمی‌شود و می‌توان گفت که اختلاف معناداری میان سناریوهای مختلف وجود دارد.

آخرین مساله مربوط به بررسی صحت فرضیات الگو تحلیل واریانس می‌باشد. در واقع روش تحلیل واریانس مبتنی بر فرضیاتی است که برقرار نبودن آن باعث بی‌اعتباری نتایج می‌شود. فرضیات اساسی تحلیل واریانس عبارتند از: آن که خطاهای الگو متغیرهای تصادفی مستقل برخوردار از توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس مشترک هستند. این فرضیات در شکل ۹ بررسی شده است. در این شکل، اولین نمودار (گوشه سمت چپ – بالا)، نمودار احتمال نرمال مانده‌هاست که نشان می‌دهد مانده‌ها با تقریب رضایت‌بخشی از توزیع نرمال برخوردارند. نمودار احتمال نرمال روشی ترسیمی برای بررسی نرمال بودن مجموعه‌ای از داده‌ها است که مشاهدات را در برابر فراوانی تجمعی آن‌ها در صفحه‌ای با عنوان صفحه احتمال نرمال ترسیم می‌نماید. اگر مشاهدات در این صفحه حول یک خط مستقیم متراکم باشد، نشان‌دهنده نرمال بودن مجموعه داده‌های موردنظر است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مانده‌های تحلیل واریانس با درصد بسیار خوبی حول خط مستقیم در

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

نمودار احتمال نرمال متراکم شده‌است که گواهی بر نرمال بودن مانده‌ها می‌باشد. در خصوص برابری واریانس خطاها نیز از نمودار مانده‌ها نسبت به مقادیر برازش شده (گوشه سمت راست – بالا) استفاده می‌شود. اگر این نمودار الگوی غیرتصادفی مشخصی را از خود نشان ندهد، حاکی از برابری واریانس خطاها می‌باشد. همان طور که در نمودار مورد نظر ملاحظه می‌گردد، در آزمون حاضر این نمودار گویای ثابت بودن واریانس خطاهاست. آخرین نمودار (گوشه سمت راست – پایین) نیز نمودار مانده‌ها نسبت به زمان جمع‌آوری داده‌ها را نشان می‌دهد که حاکی از الگویی تصادفی است. در واقع این نمودار نیز نباید نشان‌دهنده هیچ گونه الگوی مشخصی نظیر روند، سیکل و ... باشد که این شرایط در نمودار شکل ۹ برقرار است و نشان‌دهنده تصادفی بودن جمع‌آوری داده‌ها می‌باشد. این شیوه‌ها در کتاب مونتگومری به طور کامل ارایه شده‌است [۲۳].



شکل۹. بررسی تحلیل فرضیات واریانس

بر این اساس در تحقیق حاضر فرضیات تحلیل واریانس نیز برقرار و نتایج آن معتبر می‌باشد.

۷ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تحقیق حاضر به بررسی تاثیر کاربرد روش‌های متفاوت پیش‌بینی در سطوح مختلف زنجیره‌تامین بر اثر شلاق چرمی در شرایط تقاضای متغیر اختصاص داشت. بر این اساس در تحقیق حاضر یک زنجیره‌تامین چهار سطحی در نظر گرفته شده است که هر یک از اجزای آن یکی از روش‌های شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، میانگین متحرک، هموارسازی نمایی و رگرسیون خطی را مورد استفاده قرار می‌دادند. با توجه به فرضیات بیان شده مساله، از طریق ۵۰ شبیه‌سازی سری تقاضای تصادفی برخوردار از یک توزیع پواسون تولید و تحت سناریوهای مختلف (جدول ۲) اثر شلاق چرمی آن برآورد گردید (مجموعاً ۱۸۰۰ آزمایش شبیه‌سازی شده‌است). در نهایت مقایسه‌های انجام شده نشان داد که تحت فرضیات مساله، بهترین ترکیب روش‌های پیش‌بینی (از پایین به بالای زنجیره) شامل روش‌های میانگین متحرک، هموارسازی‌نمایی، شبکه عصبی و رگرسیون‌خطی (سناریوی ۲۱) می‌باشد؛ یعنی اگر خرده‌فروش، عمده‌فروش، تولیدکننده و تامین‌کننده به ترتیب از این روش‌ها استفاده کنند، اثر

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

شلاق چرمی کم‌تر خواهد بود. ضمن آن که بدترین ترکیب نیزسناریویِ شماره ۱۷ می‌باشد. از این رو روش مورد استفاده در تحقیق حاضر را می‌توان به عنوان الگویی برای تصمیم‌سازی صحیح مدیران صنایع در زنجیره‌های تامین به کار برد. در واقع این الگو می‌تواند رویکردی برای تحلیل سناریوهای مختلف در زنجیره‌های تامین به شمار آید. وجود عوامل متعدد تاثیرگذار بر عملکرد زنجیره‌های‌تامین، بررسی تحلیلی آن‌ها در چارچوب الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی را دشوار می‌سازد. با وجود این تحلیل آماری و تجربی زنجیره‌های‌تامین چند سطحی در چارچوب طرح‌های آزمایشی طراحی شده است و به طور منطقی می‌تواند گزینه مناسبی برای تجزیه و تحلیل تاثیر تصمیمات بر شاخص‌های عملکرد زنجیره‌های‌تامین باشد. روش‌شناسی مورد استفاده در تحقیق حاضر یک الگوی پیشنهادی و علمی برای چنین مطالعاتی به شمار می‌رود. بهره‌گیری از مبانی طراحی آماری آزمایش‌ها در ترکیب با شبیه‌سازی و تجزیه و تحلیل نتایج با روش‌های تحلیل واریانس را می‌توان جنبه متمایز روش‌شناسی مورد استفاده در این مطالعه دانست. برخی محققان در مطالعات خود تاثیر روش‌های پیش‌بینی بر اثر شلاقی را مورد بررسی قرار داده‌اند که مواردی از آن‌ها در مرور ادبیات این مقاله اشاره شده است. برای مثال نجفی و زنجیرانی فراهانی (۱۳۸۶) در بررسی تاثیر روش‌های پیش‌بینی میانگین متحرک، هموارسازی نمایی و رگرسیون در یک زنجیره چهار سطحی با سه الگوی تقاضا، از آزمون مقایسات زوجی برای تحلیل نتایج خود استفاده نموده‌اند. هم چنین رضوی و همکاران (۱۳۹۱) و لطفی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی اثر شلاق چرمی در زنجیره‌تامین با استفاده از روش سیستم دو ظرفی پرداخته‌اند و هم چنین تقاضا را ثابت فرض کرده‌اند. به عنوان پیشنهادی برای تحقیقات آتی در مطالعه‌ای دیگر، محققان می‌توانند زنجیره‌های متفاوتی در نظر بگیرند یا به تاثیر تقاضای متغیر بر ترکیب روش‌های پیش‌بینی در زنجیره‌ی‌تامین چند سطحی با روش سفارش‌دهی متفاوتی بپردازند. در این تحقیق فرض شد که سطوح مختلف از روش‌های پیش‌بینی یکسانی استفاده نکنند که می‌توان از روش‌های یکسان در سطوح مختلف استفاده نمود. در این پژوهش از چهار روش پیش‌بینی استفاده شد که محققان می‌توانند از روش‌های پیش‌بینی دیگری استفاده کنند.

منابع

[۲] امین طهماسبی، حمزه، راهب، مائده، جعفریه، سحر (۱۳۹۷). ارایه و حل یک مدل بهینه‌سازی سبز در زنجیره‌تامین حلقه بسته باهدف افزایش سود و کاهش مشکلات زیست‌محیطی با در نظر گرفتن دوره ضمانت شده محصول. تحقیق در عملیات در کاربردهای آن . ۱۵ (۳)، ۴۴-۲۷.

[۴] جعفری اسکندری، میثم، مقدم شبیلو، ندا (۱۳۹۸). طراحی یک شبکه زنجیره‌تامین حلقه بسته چند محصولی احتمالی با در نظر گرفتن تخفیف و حل به کمک الگوریتم کرم شب تاب با رمزگشایی بر پایه اولویت، تحقیق در عملیات در کاربردهای آن . ۱۶ (۱)، ۴۹-۲۹.

[۱۳] نجفی، مهدی، زنجیرانی فراهانی، رضا (۱۳۸۶). مقایسه تاثیر روش‌های مختلف پیش‌بینی بر اثر شلاق گاوی. تهران: پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع. ۳۶-۲۴.

[۱۴] موحدی، یاسر، ذوالفقاری، روح ا ... و جولای، فریبرز (۱۳۹۰). تحلیل نقش عوامل مالی در «اثر شلاقی» در زنجیره‌ی تامین دو رده ای، نشریه‌ی مهندسی صنایع. ۴۵ (۲)، ۲۰۸-۱۹۹.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]

[۱۵] اسمعیلی، مریم، تات، رویا و اکبرزاده، مریم (۱۳۹۱). مقایسه تاثیر روش های مختلف پیش بینی بر اثر شلاقی در زنجیره‌ی تامین. تهران: هشتمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع. ۱۰۲-۸۸

[۱۶] رضوی حاجی آقا، سید حسین، اکرمی، هادی و الفت، لعیا (۱۳۹۱). بررسی تاثیر کاربرد ترکیبی روش های پیش بینی بر اثر شلاق چرمی در زنجیره های تامین چند سطحی. بهبود مدیریت. ۶ (۴).

[۱۷] عظیمی، سید علی (۱۳۹۲). پیش‌بینی تقاضا در زنجیره‌ی تامین با استفاده از الگوریتم های یادگیری ماشین (مورد مطالعه شرکت ایران خودرو). پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشگاه سمنان.

[۱۸] لطفی، محمد رضا، حامدی طبری، حبیب و حامدی طبری، فاطمه (۱۳۹۴). تاثیر روش های پیش‌بینی در کاهش اثرات شلاق گاوی، دومین همایش ملی پژوهش‌های مهندسی صنایع، تهران.

[۱۹] بدخشان، احسان، پیشوایی، میرسامان (۱۳۹۴). مدل سازی سیستم دینامیکی اثرشلاق چرمی واثر شلاق چرمی جریان نقدینگی در زنجیره‌ی تامین وارایه‌ی سیاست های بهبود برای کاهش این اثرات. تهران، دومین کنفرانس بین المللی پژوهش‌های نوین در مدیریت، اقتصاد وحسابداری.

[۲۰] گلابی، محمد رضا، آخوند علی، علی محمد و رادمنش، فریدون(۱۳۹۲). مقایسه عملکرد الگوریتم های مختلف شبکه عصبی مصنوعی در مدل سازی بارندگی فصلی مطالعه موردی؛ ایستگاههای منتخب استان خوزستان، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۱۳ (۳۰)

[۲۱] اسفندیاری، فریبا، حسینی اسد، آزادی محمد و حجازی، زهرا (۱۳۸۹). پیش‌بینی میانگین دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک سنندج با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (MLP)، جغرافیا (فصلنامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران. ۴۵-۶۵.

[۲۲] دهقانی، امیر احمد، پیری، مهدی، حسام، موسی و دهقانی، نوید (۱۳۸۹). تخمین تبخیر روزانه از تشت تبخیر با استفاده از سه شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، تابع پایه شعاعی و المانی، مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک. ۱۷ (۲).

[1] Xu, R., Li, X., Song, X., & Liu, G. (2007). The Analysis of Bullwhip Effect in Supply Chain Based on Strategic Alliance Integration and Innovation Orient to E-Society 1, (pp. 452-458): Springer.

[3] Syntetos, A. A., Babai, Z., Boylan, J. E., Kolassa, S., & Nikolopoulos, K. (2016). Supply chain forecasting: Theory, practice, their gap and the future. European Journal of Operational Research, 252(1), 1-26.

[5] Chen. Frank. Jennifer K. Ryan. David Simchi-Levi (2000). The Impact of Exponential Smoothing Forecasts on the Bullwhip Effect. NAVAL RESEARCH LOGISTICS. 47 (4), 269-286.

[6] Chen. Frank. Zvi Drezner. Jennifer K. Ryan. David Simchi-Levi (2000b). Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain: The Impact of Forecasting, Lead Times, and Information. Management Science. 46 (3), 436-443.

[7] Zhang. Xiaolong (2004). The impact of forecasting methods on the bullwhip effect. International Journal of Production Economics. 88(1), 15-27.

[8] Carbonneau. Réal. Kevin Laframboise. Rustam Vahidov (2006). Application of Machine learning technique for supply chain demand forecasting. European Journal of Operational Research. 184 (3), 1140-1154.

[9] Bayraktar. Erkan. S.C. Lenny Koh. A. Gunasekaran. Kazim Sari. Ekrem Tatoglu (2008). The role of forecasting on bullwhip effect for E-SCM applications. International Journal of Production Economics. 113 (1), 193-204.

[10] Barlas. Y. B. Gunduz (2011). Demand forecasting and sharing strategies to reduce Fluctuations and bullwhip effect in supply chains. Journal of the Operational Research Society,62, 458-473.

[11] Buchmeister, B., Friscic, D., & Palcic, I. (2014). Bullwhip effect study in a constrained supply chain. Procedia Engineering, 69, 63-71.

[12] Xun Wang. Stephen M. Disney (2016), The bullwhip effect: Progress, trends and directions, European Journal of Operational Research 250, 691–701.

[23] Montgomery, D. C. (2008). Design and analysis of experiments. John Wiley & Sons.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.4.7]