

شماره ۱۵۳: ۱۳۸۶/۱۵۳۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمه از ریاضیات برداری هوش محاسباتی در پیش بینی (مطالعه موردی قیمت فولاد)

محمد محبوب

(دانشیار و عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه تهران)



مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی

WWW.ITSR.IR

سرشناسه	: محبوب، محمد، ۱۳۳۹، پدیدآورنده
عنوان و نام پدیدآور	: مقدمه‌ای بر کاربردهای هوش محاسباتی در پیش‌بینی (مطالعه موردی قیمت فولاد) / پدیدآورنده محمد محبوب؛ ناظر علمی مسعود موحدی.
مشخصات نشر	: تهران: موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ث، ۳۱۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۹-۴۲۸-۸ ریال: ۱۱۰۰۰۰
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: فولاد -- ایران -- صنعت و تجارت
موضوع	: فولاد -- صنعت و تجارت -- ایران -- قیمت‌ها
موضوع	: هوش کامپیوتری
موضوع	: سهام -- ایران -- قیمت‌ها -- پیش‌بینی
شناسه افزوده	: موحدی، مسعود، ۱۳۳۷ -- ویراستار
شناسه افزوده	: موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی
رده‌بندی کنگ	: HD ۱۳۹۳/۹۵۱۰ م۳۲۷/
رده‌بندی ربی	: ۴۷۶۶۹۱۴۲/۳۳۸
شماره کتابشناسی ملم	: ۳۵۰۷۹۹

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۹-۴۲۸-۸

نام کتاب: مقدمه‌ای بر کاربردهای هوش محاسباتی در پیش‌بینی
(مطالعه موردی قیمت فولاد)

پدیدآورنده: محمد محبوب (دانیال و عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی مکانیک
دانشگاه تهران)

ناظر علمی: مسعود موحدی (استادیار، دستگاه امام حسین (ع))

همکار طرح: مجید عبدالزاده

اصلاح و صفحه‌آرایی: سولماز دمندانی

نسخه‌پردازی: فرهاد یونسی

طراحی جلد: شاهرخ بهاری

چاپ اول: ۱۳۹۳

شمارگان: ۴۰۰ نسخه

قیمت: ۱۱۰۰۰۰ ریال

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: شرکت چاپ و نشر بازرگانی

ناشر: مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی

تمام حقوق برای ناشر محفوظ است.

نشانی: تهران، خیابان کارگر شمالی، بالاتر از بلوار کشاورز، شماره ۱۲۰۴، تلفن: ۶۶۹۳۹۳۲۹

وبسایت: www.itsr.ir

پست الکترونیکی: info@itsr.ir

پیشگفتار

صنعت آهن و فولاد، علت اهمیت فراوان و تأثیر مستقیم بر توسعه صنعتی کشورها، به عنوان صنعت مادر شناخته می شود. به عبارت دیگر این صنعت زیربنای توسعه بخش عظیمی از زمینه های صنعتی در هر کشوری است و مدنیت جدید بر مبنای گسترش صنعت آهن و فولاد استوار گردیده است و توسعه این صنعت از مهمترین بخش های برنامه توسعه صنعتی کشورها به شمار می رود. با توجه به نقش راهبردی فولاد در صنعت کشورمان، بررسی چشم انداز اقتصادی و به طور مشخص شبیه سازی و پیش بینی متغیرهای مربوط به آن هم چون قیمت انواع محصولات از ابعاد مختلف حائز اهمیت است. اهداف و دستاوردهای اصلی در این راستا عبارتند از: شناسایی تبعات و دینامیک پدیده های اقتصادی به منظور داشتن دیدی از آینده، مدل سازی و شبیه سازی سیستم های دینامیکی پیچیده اقتصادی، تنظیم بازار کالا، مرتفع نمودن بحران های احتمالی تصمیم سازی های کوتاه مدت به منظور کارآیی برنامه ها و همچنین افزایش توانمندی در تصمیم سازی های بلند مدت و اتخاذ تصمیمات راهبردی توسعه ای.

بنابراین استفاده از ابزارهای نوین محاسباتی که قادر به استخراج ویژگی ها و ارائه چشم انداز مناسب باشند، حائز اهمیت فراوان می باشد. در این کتاب سعی شده است که با ارائه مقدمات به بررسی تفصیلی روش های نوین محاسباتی و همچنین ارائه چارچوب های کافی به منظور توسعه مدل های پیش بین بپردازد.

در پایان لازم است از آقای محمد محبوب مجری و آقای مجید عبدالله‌زاده همکار ایشان و همچنین داور محترم کتاب دکتر سیدحسین ایرانمنش و همکاران شرکت چاپ و نشر بازرگانی که موجبات انتشار این اثر را فراهم نموده‌اند، تقدیر و تشکر به عمل آید.

مهدی فتح‌اله

رییس موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی

www.ketab.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	ش
فصل اول: کلیات	۱
۱-۱. تعاریف	۲
۲-۱. اهمیت پیش بینی	۳
۳-۱. دلایل و انگیزه های پیش بینی قیمت یک کالا	۳
۴-۱. دلایل و انگیزه های پیش بینی قیمت در بورس فارسی	۴
۵-۱. کاربرد شبیه سازی و پیش بینی قیمت یک کالا	۵
۶-۱. اصول رایج در پیش بینی قیمت یک کالا	۵
۷-۱. افق زمانی پیش بینی	۶
۸-۱. انتخاب صحیح مدل پیش بینی	۷
۹-۱. فرایند پیش بینی قیمت	۸
۱۰-۱. انواع روش های پیش بینی	۹
۱-۱۰-۱. روش های پیش بینی کیفی	۹
۱-۱۰-۲. روش های پیش بینی کمی	۱۱
۱۱-۱. روش های غیرخطی شهودی	۱۳
منابع و مراجع	۱۶

فصل دوم: پیشینه پیش‌بینی ۱۷

- ۱-۲. سابقه تحقیق پیش‌بینی سری‌های زمانی به لحاظ روش پیش‌بینی ۱۸
- ۲-۲. سابقه تحقیق در پیش‌بینی سری‌های زمانی به لحاظ کاربردی ۲۳
- ۱-۲-۲. سری‌های زمانی در حوزه پدیده‌های طبیعی ۲۳
- ۱-۲-۲. سری‌های زمانی مرتبط با آلودگی محیط زیست و آلودگی هوا ۲۳
- ۳-۲-۲. سری‌های زمانی در حوزه فرایندها و عوامل زیست‌محیطی ۲۵
- ۴-۲-۲. سری‌های زمانی حوزه حمل و نقل و ترافیک ۲۵
- ۵-۲-۲. علوم و فناوری‌های جدید ۲۶
- ۶-۲-۲. سری‌های زمانی اقتصادی ۲۷
- ۷-۲-۲. سری‌های زمانی مربوط به میزان تقاضای بار ۲۸
- ۳-۲. پیشینه تحقیق در پیش‌بینی قیمت ۳۲
- ۳-۲. پیش‌بینی قیمت نفت خام ۳۰
- ۲-۳-۲. پیش‌بینی قیمت انرژی ۳۰
- ۳-۳-۲. پیش‌بینی قیمت فلزات گران بها ۳۱
- ۴-۳-۲. پیش‌بینی قیمت برنج ۳۳
- ۵-۳-۲. پیش‌بینی قیمت سهام بورس‌های اوراق بهادار ۳۹
- ۶-۳-۲. پیش‌بینی قیمت کالاهای اساسی ۴۴
- ۴-۲. پیشینه تحقیق در پیش‌بینی قیمت فلزات ۴۴
- ۵-۲. نمونه‌های تحقیقاتی راجع به پیش‌بینی قیمت فلزات ۵۱
- منابع و مراجع ۵۹

فصل سوم: فلزات و بورس فلزات ۷۵

- ۱-۳. نقش و اهمیت بررسی و توسعه فلزات ۷۵
- ۲-۳. نقش و اهمیت بررسی و توسعه فولاد ۷۷
- ۳-۳. کاربرد انواع مختلف فولاد ۸۴
- ۴-۳. بررسی بورس فلزات ۸۴
- ۱-۴-۳. تاریخچه تشکیل بورس ۸۵
- ۲-۴-۳. بورس کالا و ویژگی‌های آن ۸۶
- ۳-۴-۳. اهداف بورس‌های کالا ۸۸
- ۴-۴-۳. راه‌اندازی بورس فلزات در ایران ۸۹
- ۵-۴-۳. کالاهای قابل معامله در بورس کالای ایران ۹۰

۹۱.....	۳-۴-۶. بورس‌های فلزات در سایر کشورها
۹۳.....	۳-۵. شناخت جامعه آماری و آمار معاملات تالار بورس فلزات
۹۳.....	۳-۵-۱. ورق گرم گروه A
۹۴.....	۳-۵-۲. ورق گرم گروه B
۹۵.....	۳-۵-۳. ورق سرد گروه B
۹۶.....	۳-۵-۴. ورق گرم گروه D
۹۷.....	۳-۵-۵. مقایسه قیمت‌ها در بورس فلزات
۹۸.....	منابع و مراجع
۱۰۱.....	فصل چهارم: مدل‌های دینامیکی خطی
۱۰۱.....	۴-۱. ساختار کلی مدل‌های گرسبیونی
۱۰۴.....	۴-۲. کلاس‌های مختلف مدل‌های خطی
۱۰۷.....	۴-۲-۱. ساختار مدل $(A \times M)$
۱۰۸.....	۴-۲-۲. ساختار مدل $(A \times X)$
۱۰۹.....	۴-۲-۳. ساختار مدل (OE)
۱۰۹.....	۴-۲-۴. ساختار مدل (Box-Jenkins)
۱۱۰.....	۴-۳. روش خطای پیش‌بینی
۱۱۲.....	۴-۴. تخمین پارامترها با استفاده از تخمین زن پهنه در مدل‌های مختلف
۱۱۳.....	منابع و مراجع
۱۱۵.....	فصل پنجم: مدل‌های هوش محاسباتی
۱۱۵.....	۵-۱. هوش محاسباتی: پیدایش پارادایم جدید محاسباتی
۱۱۸.....	۵-۲. سیستم‌های فازی
۱۲۰.....	۵-۲-۱. تاریخچه فازی
۱۲۴.....	۵-۲-۲. بررسی سیستم‌های فازی
۱۲۴.....	۵-۲-۳. تعریف سیستم‌های فازی
۱۲۵.....	۵-۲-۴. کاربردهای مدل سازی و کنترل فازی
۱۲۶.....	۵-۲-۵. انواع سیستم‌های فازی
۱۲۷.....	۵-۲-۶. دلایل استفاده از سیستم‌های فازی
۱۲۷.....	۵-۲-۷. مقدمه‌ای بر ریاضیات فازی و سیستم‌های استنتاج فازی
۱۳۰.....	۵-۲-۸. مفاهیم مجموعه‌های فازی
۱۳۱.....	۵-۲-۹. بایگانه قواعد و سیستم استنتاج فازی

۱۳۲	۳-۵. شبکه‌های عصبی مصنوعی
۱۳۳	۱-۳-۵. تاریخچه شبکه‌های عصبی
۱۳۶	۲-۳-۵. تک نرون به عنوان دسته‌بندی کننده
۱۳۹	۳-۳-۵. آموزش پرسپترون
۱۴۲	۴-۳-۵. پرسپترون تک و چند لایه
۱۴۴	۵-۳-۵. آموزش شبکه‌های عصبی (MLP)
۱۴۵	۶-۳-۵. الگوریتم پس انتشار خطا
۱۴۶	۷-۳-۵. دلایل استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی
۱۴۷	۸-۳-۵. مدل‌های پیش بین عصبی - فازی
۱۴۷	۱-۳-۵. دلایل حرکت به سمت مدل‌های جدیدتر
۱۴۸	۲-۳-۵. ساختار شبکه‌های عصبی - فازی
۱۴۹	۳-۳-۵. سیستم‌های استنباط فازی بر پایه شبکه‌های تطبیقی
۱۵۰	۴-۳-۵. سیستم‌های استنباط فازی (ANFIS)
۱۵۳	۵-۳-۵. یادگیری در مدل انجیس
۱۵۵	۶-۳-۵. یادگیری در کسب
۱۵۶	۷-۳-۵. مدل نوروفازی خطی معی
۱۶۱	۸-۳-۵. یادگیری در مدل نوروفازی خطی محلی
۱۶۵	منابع و مراجع
۱۶۷	فصل ششم: پیاده‌سازی محاسباتی مدل‌های پیش بین در بازار فلزات
۱۶۸	۱-۶. انتخاب متغیرها و ورودی‌های مدل‌های پیش بین
۱۶۸	۲-۶. معیارهای ارزیابی مدل
۱۶۹	۳-۶. پیش‌بینی قیمت روزانه ورق گرم A در بورس ایران
۱۷۵	۱-۳-۶. نتایج پیش‌بینی‌های تاریخی
۱۷۷	۲-۳-۶. نتایج پیش‌بینی‌های (Ex-Post)
۱۸۱	۳-۳-۶. نتایج پیش‌بینی‌های (Ex-Ante)
۱۸۲	۴-۶. پیش‌بینی قیمت روزانه ورق گرم B در بورس ایران
۱۸۶	۱-۴-۶. نتایج پیش‌بینی‌های تاریخی
۱۸۸	۲-۴-۶. نتایج پیش‌بینی‌های (Ex-Post)
۱۹۱	۳-۴-۶. نتایج پیش‌بینی‌های (Ex-Ante)
۱۹۳	۵-۶. پیش‌بینی قیمت روزانه ورق سرد B در بورس ایران
۱۹۸	۱-۵-۶. نتایج پیش‌بینی‌های تاریخی

۲۰۲.....	۳-۵-۶. نتایج پیش‌بینی‌های (Ex-Ante).....
۲۰۴.....	۶-۶. پیش‌بینی قیمت روزانه ورق گرم D در بورس ایران.....
۲۰۹.....	۶-۶-۱. نتایج پیش‌بینی‌های تاریخی.....
۲۱۰.....	۶-۶-۲. نتایج پیش‌بینی‌های (Ex-Post).....
۲۱۳.....	۶-۶-۳. نتایج پیش‌بینی‌های (Ex-Ante).....
۲۱۵.....	۶-۷. پیش‌بینی ماهانه قیمت جهانی بیلت.....
۲۱۶.....	۶-۷-۱. نتایج پیش‌بینی‌های تاریخی.....
۲۱۸.....	۶-۷-۲. نتایج پیش‌بینی‌های (Ex-Post).....
۲۱۸.....	۶-۷-۳. نتایج پیش‌بینی‌های (Ex-Ante).....
۲۱۹.....	۶-۸. پیش‌بینی قیمت ماهانه ورق سرد در بازارهای جهانی.....
۲۱۹.....	۶-۸-۱. پیش‌بینی‌های تاریخی.....
۲۲۴.....	۶-۸-۲. نتایج پیش‌بینی‌های (Ex-Post).....
۲۲۵.....	۶-۸-۳. نتایج پیش‌بینی‌های (Ex-Ante).....
۲۲۵.....	۶-۹. پیش‌بینی قیمت ماهانه ورق گرم A در بورس ایران.....
۲۲۸.....	۶-۹-۱. پیش‌بینی‌های تاریخی و (Ex-Post).....
۲۲۹.....	۶-۹-۲. نتایج پیش‌بینی‌های (Ex-Ante).....
۲۳۰.....	۶-۱۰. پیش‌بینی قیمت ماهانه جهانی اسلد.....
۲۳۰.....	۶-۱۰-۱. نتایج پیش‌بینی‌های تاریخی و (Ex-Post).....
۲۳۵.....	۶-۱۰-۲. نتایج پیش‌بینی‌های (Ex-Ante).....
۲۳۶.....	۶-۱۱. نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....
۲۳۹.....	منابع و مراجع.....
۲۴۱.....	پیوست ۱: تعاریف و اصطلاحات در بورس فلزات تهران.....
۲۴۵.....	پیوست ۲: ساختار و ویژگی‌های بورس کالا.....
۲۵۹.....	پیوست ۳: مقررات و دستورالعمل‌های عمومی.....
۲۶۹.....	پیوست ۴: بررسی قراردادهای آتی.....
۲۸۱.....	پیوست ۵: شرکت‌های پذیرفته شده در بورس فلزات.....
۲۸۳.....	پیوست ۶: سایت‌های مفید و مرتبط.....

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲: مطالعات تجربی در مدل‌های مبتنی بر (ARIMA).....	۲۱
جدول ۲-۲: مهم‌ترین بورس‌های فلزات مورد توجه در تحقیقات پیش‌بینی.....	۴۶
جدول ۳-۲: مشخصات قراردادهای سرچشمه روی در بازار بورس فلزات لندن ..	۴۷
جدول ۲-۴: مقایسه روش‌های مختلف در پیش‌بینی قیمت مس.....	۵۸
جدول ۱-۳: میزان تولید فولاد ایران در مقایسه با بدست‌آمدهای کشورهای دنیا (مقدار هزارتن).....	۸۰
جدول ۲-۳: آمار سالانه مصرف محصولات فولادی در ایران	۸۱
جدول ۳-۳: آمار سالانه واردات فولاد خام در ایران	۸۱
جدول ۴-۳: آمار سالانه واردات محصولات فولادی در ایران	۸۱
جدول ۵-۳: آمار سالانه صادرات فولاد خام در ایران	۸۲
جدول ۶-۳: آمار سالانه صادرات محصولات فولادی در ایران	۸۲
جدول ۷-۳: آمار سالانه جمع تولید فولاد خام در کشور	۸۲
جدول ۸-۳: آمار سالانه جمع تولید محصولات فولادی در کشور	۸۳

- جدول ۳-۹: آمار سالانه سرانه تولید محصولات فولادی در ایران ۸۳
- جدول ۳-۱۰: آمار سالانه مصرف سرانه محصولات فولادی در ایران ۸۳
- جدول ۴-۱: چندجمله‌ای‌های به کار رفته در مدل‌های خطی ۱۰۵
- جدول ۵-۱: برخی مفاهیم پایه مجموعه‌های فازی ۱۳۰
- جدول ۵-۲: الگوریتم آموزش ترکیبی در مدل انفیس ۱۵۶
- جدول ۶-۱: مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های (Ex-Post) قیمت روزانه ورق گرم A در بورس ایران ۱۷۸
- جدول ۶-۲: مقایسه عملکرد مدل نوروفازی در پیش‌بینی قیمت پایانی روزانه ورق گرم A در بورس ایران ۱۸۰
- جدول ۶-۳: مقادیر پیش‌بینی‌های (Ex-Ante) قیمت پایانی روزانه ورق گرم A در بورس ایران ۱۸۱
- جدول ۶-۴: مقایسه عملکرد مدل نوروفازی در پیش‌بینی قیمت پایانی روزانه ورق گرم B در بورس ایران ۱۸۸
- جدول ۶-۵: مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های قیمت پایانی روزانه ورق گرم B در بورس ایران ۱۸۹
- جدول ۶-۶: مقادیر پیش‌بینی‌های (Ex-Ante) قیمت پایانی روزانه ورق گرم B در بورس ایران ۱۹۲
- جدول ۶-۷: مقادیر قیمت واقعی پایانی روزانه ورق گرم B در بورس ایران در بازه تست ۱۹۳
- جدول ۶-۷: مقایسه عملکرد مدل نوروفازی در پیش‌بینی قیمت روزانه ورق سرد B در بورس ایران ۲۰۰
- جدول ۶-۸: مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های شده قیمت پایانی روزانه ورق سرد B در بورس ایران ۲۰۱

- جدول ۶-۹: مقادیر پیش بینی‌های (Ex-Ante) قیمت پایانی روزانه ورق سرد B در بورس ایران ۲۰۳
- جدول ۶-۱۰: مقادیر قیمت واقعی پایانی روزانه ورق سرد B در بورس ایران در بازه تست ۲۰۴
- جدول ۶-۱۱: مقایسه عملکرد مدل‌های مختلف در پیش‌بینی قیمت روزانه ورقه گرم D در بورس ایران ۲۱۱
- جدول ۶-۱۲: مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده قیمت پایانی روزانه ورق گرم D در بورس ایران ۲۱۱
- جدول ۶-۱۳: مقادیر پیش‌بینی‌های (Ex-Ante) قیمت پایانی روزانه ورق گرم D در بورس ایران ۲۱۴
- جدول ۶-۱۴: مقایسه عملکرد مدل‌ها در پیش‌بینی قیمت ماهانه بیلت جهانی ۲۱۸
- جدول ۳-۱۴: نتایج پیاده سازی مدل در پیش‌بینی سه ماه قیمت بیلت جهانی ۲۱۸
- جدول ۶-۱۵: نتایج پیاده سازی مدل (LLNF) در پیش‌بینی قیمت بیلت جهانی ۲۱۸
- جدول ۶-۱۶: مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های (Ex-Post) قیمت ماهانه ورق سرد فولادی در بازار جهانی ۲۲۴
- جدول ۶-۱۷: مقایسه عملکرد مدل‌های مختلف در پیش‌بینی قیمت ماهانه ورق سرد فولادی در بازار جهانی ۲۲۵
- جدول ۶-۱۸: نتایج پیاده سازی مدل (LLNF) در پیش‌بینی قیمت ماهانه ورق سرد فولادی در بازار جهانی ۲۲۵
- جدول ۶-۱۹: مقایسه عملکرد شبکه‌های نوروفازی در پیش‌بینی قیمت ماهانه ورق گرم فولادی در بورس ایران ۲۲۹

جدول ۶-۲۰: نتایج پیاده سازی مدل (LLNF) در پیش بینی (Ex-Ante) قیمت ماهانه

ورق سرد فولادی در بازار جهانی ۲۳۰

جدول ۶-۲۱: مقادیر واقعی و پیش بینی‌های (Ex-Post) قیمت ماهانه ورق سرد

فولادی در بازار جهانی ۲۳۵

جدول ۶-۲۲: مقایسه عملکرد مدل‌های مختلف در پیش بینی قیمت ماهانه اسلب

در بازار جهانی ۲۳۵

جدول ۶-۲۳: نتایج پیاده سازی مدل (ANFIS) در پیش بینی (Ex-Ante) قیمت

ماهانه جهانی اسلب ۲۳۵

www.ketab.ir

فهرست نمودارها

صفحه	عنوان
۸	نمودار ۱-۱: فرایند پیش‌بینی قیمت برق در بازار اسپانیا
۱۲	نمودار ۲-۱: دسته‌بندی روش‌های پیش‌بینی کمی
۳۲	نمودار ۱-۲: سری زمانی قیمت طلا و ارتباط آن با ارزش دلار
۳۵	نمودار ۲-۲: میانگین قیمت روزانه بازار برق اسپانیا در سال ۲۰۰۲ (یورو در هر مگاوات ساعت)
۳۵	نمودار ۳-۲: سری زمانی قیمت برق در هفته سوم در سال ۲۰۰۲ در بازار اسپانیا
۳۶	نمودار ۲-۳: سری زمانی قیمت برق در هفته اول در ماه فوریه سال ۲۰۰۰ در بازار کالیفرنیا
۴۹	نمودار ۲-۵: فراریت قیمت فلزات در مقایسه با نرخ ارز
۵۱	نمودار ۲-۶: ذخیره بالقوه کبالت از سال ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۵
۵۲	نمودار ۲-۷: پیش‌بینی میزان مصرف کبالت تا سال ۲۰۱۲
۵۲	نمودار ۲-۸: پیش‌بینی قیمت کبالت
۵۵	نمودار ۲-۹: قیمت‌های پیش‌بینی شده و واقعی برای فلز سرب

- نمودار ۲-۱: قیمت‌های پیش‌بینی شده و واقعی برای فلز روی ۵۶
- نمودار ۲-۱۱: نمودار تغییرات (MAD) در روش‌های مختلف ۵۸
- شکل ۱-۳: برخی محصولات فولادی قابل عرضه در بورس ۸۴
- نمودار ۳-۱: شاخص قیمت معاملات سلف ورق گرم A ۹۴
- نمودار ۳-۲: شاخص قیمت معاملات سلف ورق گرم B ۹۵
- نمودار ۳-۳: شاخص قیمت معاملات سلف ورق سرد B ۹۶
- نمودار ۲-۴: شاخص قیمت معاملات سلف ورق گرم گروه D ۹۷
- نمودار ۳-۵: مقایسه قیمت‌ها در بورس فلزات ۹۷
- نمودار ۴-۱: معماری کلی سیستم‌های مورد نظر به منظور مدل‌سازی ۱۰۲
- نمودار ۴-۲: مدل بازار: رابطه مابین ورودی و خروجی در مدل‌های خطی دینامیکی ۱۰۲
- نمودار ۴-۳: مدل‌سازی رابطه مابین ورودی و خروجی در حضور نویز ۱۰۳
- نمودار ۴-۴: در نظر گرفتن دینامیک برای نویز ۱۰۳
- نمودار ۴-۵: مدل‌های دینامیکی خطی در حالت کلی ۱۰۴
- نمودار ۴-۶: دسته‌بندی مدل‌های خطی مطابق با فیلترهای (FIR) و (IIR) ۱۰۶
- نمودار ۴-۷: دسته‌بندی مدل‌های خطی مطابق با نوع ۱۰۶
- نمودار ۴-۸: دسته‌بندی مدل‌های خطی مطابق با مدل ورودی - خروجی و مدل سری زمانی ۱۰۶
- نمودار ۴-۹: دسته‌بندی مدل‌های خطی مطابق با خصوصیات نویز ۱۰۷
- نمودار ۴-۱۰: ساختار مدل (AR) ۱۰۷
- نمودار ۴-۱۱: ساختار مدل (MA) ۱۰۷
- نمودار ۴-۱۲: ساختار مدل (ARMA) ۱۰۸

- نمودار ۴-۱۳: ساختار مدل (ARX) ۱۰۸
- نمودار ۴-۱۴: ساختار مدل (OE) ۱۰۹
- نمودار ۴-۱۵: ساختار مدل (BJ) ۱۱۰
- نمودار ۴-۱۶: ساختار تخمین زن خطی ۱۱۱
- نمودار ۵-۱: اجزا اصلی هوش محاسباتی ۱۱۷
- نمودار ۵-۲: ساختار اصلی سیستم فازی با فازی ساز و غیر فازی ساز ۱۲۷
- نمودار ۵-۳: نمودار تابع درجه عضویت سه مجموعه فازی جوانی، میان سالی و پیری ۱۲۸
- نمودار ۵-۴: نمودار تابع درجه عضویت گاما، S و دوزنقه ۱۳۰
- نمودار ۵-۵: دیاگرام سیستم استنتاج فازی ۱۳۲
- نمودار ۵-۶: نمایش تک نورون ۱۳۷
- نمودار ۵-۷: نمایش انواع مختلف توابع تحریک ۱۳۸
- نمودار ۵-۸: الگوریتم همگرایی پرسپترون ۱۴۱
- نمودار ۵-۹: ساختار شبکه عصبی پیش خور تک لایه ۱۴۲
- نمودار ۵-۱۰: شبکه عصبی پیش خور دو لایه ۱۴۳
- نمودار ۵-۱۱: آموزش با ناظر ۱۴۴
- نمودار ۵-۱۲: مکانیزم عملکرد سیستم استنباط فازی رسته یک (TSK) با دو ورودی، یک خروجی و دو قانون فازی ۱۵۰
- نمودار ۵-۱۳: ساختار انفیس ۱۵۱
- نمودار ۵-۱۴: ساختار شبکه (LLNF) ۱۵۷
- نمودار ۵-۱۵: رابطه بین سه مدل مختلف از توابع رادیال پایه ای ۱۶۱
- نمودار ۵-۱۶: فرایند تقسیم بندی فضای ورودی در الگوریتم (LOLIMOT) ۱۶۲

- نمودار ۶-۱: تغییرات قیمت پایانی ورق گرم A به عنوان خروجی مدل ۱۷۰
- نمودار ۶-۲: تغییرات قیمت پایانی ورق گرم A در بازه مشاهدات آموزشی ۱۷۱
- نمودار ۶-۳: تغییرات کمترین قیمت روزانه ورق گرم A ۱۷۲
- نمودار ۶-۴: تغییرات متوسط قیمت روزانه ورق گرم A ۱۷۲
- نمودار ۶-۵: تغییرات حجم معاملات روزانه ورق گرم A ۱۷۳
- نمودار ۶-۶: تغییرات عرضه روزانه ورق گرم A ۱۷۳
- نمودار ۶-۷: تغییرات تقاضا معاملات روزانه ورق گرم A ۱۷۴
- نمودار ۶-۸: آموزش مدل نوروفازی به منظور پیدا کردن تعداد نورون بهینه ۱۷۵
- نمودار ۶-۹: مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های تاریخی قیمت روزانه ورق گرم A توسط مدل (LLNF) ۱۷۶
- نمودار ۶-۱۰: مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های تاریخی قیمت روزانه ورق گرم A توسط مدل فضای حالت ۱۷۶
- نمودار ۶-۱۱: مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های (Ex-Post) قیمت روزانه ورق گرم A توسط مدل فضای حالت ۱۷۷
- نمودار ۶-۱۲: مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های (Ex-Post) قیمت روزانه ورق گرم A توسط مدل فضای حالت ۱۷۸
- نمودار ۶-۱۳: مقادیر پیش‌بینی‌های (Ex-Ante) قیمت روزانه ورق گرم A توسط مدل (LLNF) ۱۸۱
- نمودار ۶-۱۴: تغییرات قیمت پایانی ورق گرم B به عنوان خروجی مدل ۱۸۲
- نمودار ۶-۱۵: تغییرات قیمت پایانی ورق گرم B در بازه مشاهدات آموزشی ۱۸۳
- نمودار ۶-۱۶: تغییرات کمترین قیمت روزانه ورق گرم B ۱۸۳
- نمودار ۶-۱۷: تغییرات متوسط قیمت روزانه ورق گرم B ۱۸۴

- نمودار ۶-۱۸: تغییرات حجم معاملات روزانه ورق گرم B ۱۸۴
- نمودار ۶-۱۹: تغییرات عرضه روزانه ورق گرم B ۱۸۵
- نمودار ۶-۲۰: تغییرات تقاضا معاملات روزانه ورق گرم B ۱۸۵
- نمودار ۶-۲۱: نمودار آموزش مدل نوروفازی به منظور پیدا کردن تعداد نورو
بینه ۱۸۶
- نمودار ۶-۲۲: مقادیر پیش بینی‌های تاریخی توسط مدل (LLNF) و واقعی قیمت
روزانه ورق گرم B ۱۸۷
- نمودار ۶-۲۳: مقادیر پیش بینی شده توسط مدل (ARX) و واقعی قیمت روزانه
ورق گرم B برای آموزش ۱۸۷
- نمودار ۶-۲۴: مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده قیمت روزانه ورق گرم B توسط
مدل (LLNF) برای داده‌های تست ۱۸۸
- نمودار ۶-۲۵: مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های (Ex-Post) قیمت روزانه ورق گرم B
توسط مدل (ARX) ۱۸۹
- نمودار ۶-۲۶: مقادیر پیش بینی‌های (Ex-Ante) قیمت روزانه ورق گرم B توسط
مدل (LLNF) ۱۹۲
- نمودار ۶-۲۷: تغییرات قیمت پایانی ورق سرد B ۱۹۴
- نمودار ۶-۲۸: تغییرات کمترین قیمت روزانه ورق سرد B ۱۹۴
- نمودار ۶-۲۹: تغییرات متوسط قیمت روزانه ورق سرد B ۱۹۵
- نمودار ۶-۳۰: تغییرات حجم معاملات روزانه ورق سرد B ۱۹۵
- نمودار ۶-۳۱: تغییرات عرضه روزانه ورق سرد B ۱۹۶
- نمودار ۶-۳۲: تغییرات تقاضا معاملات روزانه ورق سرد B ۱۹۶
- نمودار ۶-۳۳: نمودارهای آموزش مدل نوروفازی (نمودار پایین بزرگ شده
نمودار بالا است) ۱۹۷

نمودار ۶-۳۴: مقادیر پیش‌بینی‌های تاریخی توسط مدل (LLNF) و واقعی قیمت روزانه ورق سرد B ۱۹۸

نمودار ۶-۳۵: مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل (ARX) و واقعی قیمت روزانه ورق سرد B برای داده‌های آموزشی ۱۹۸

نمودار ۶-۳۶: مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده قیمت روزانه ورق سرد B توسط مدل (LLNF) برای داده‌های تست ۱۹۹

نمودار ۶-۳۷: مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های (Ex-Post) قیمت روزانه ورق سرد B توسط مدل (ARX) ۲۰۰

نمودار ۶-۳۸: مقادیر پیش‌بینی‌های (Ex-Ante) قیمت روزانه ورق سرد B توسط مدل (LLNF) ۲۰۳

نمودار ۶-۳۹: تغییرات قیمت پایانی ورق گرم D به عنوان خروجی مدل ۲۰۵

نمودار ۶-۴۰: تغییرات قیمت پایانی ورق گرم D در بازه مشاهدات آموزشی ۲۰۵

نمودار ۶-۴۱: تغییرات کمترین قیمت روزانه ورق گرم D به عنوان خروجی مدل ۲۰۶

نمودار ۶-۴۲: تغییرات متوسط قیمت روزانه ورق گرم D ۲۰۶

نمودار ۶-۴۳: تغییرات حجم معاملات روزانه ورق گرم D ۲۰۷

نمودار ۶-۴۴: تغییرات عرضه روزانه ورق گرم D ۲۰۷

نمودار ۶-۴۵: تغییرات تقاضا معاملات روزانه ورق گرم D ۲۰۸

نمودار ۶-۴۶: نمودار آموزش مدل نوروفازی به منظور پیدا کردن تعداد نرون پهنه ۲۰۸

نمودار ۶-۴۷: مقادیر پیش‌بینی‌های تاریخی توسط مدل (LLNF) و واقعی قیمت روزانه ورق گرم D ۲۰۹

نمودار ۶-۴۸: مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل فضای حالت برای قیمت روزانه ورق گرم D ۲۰۹

- نمودار ۶-۴۹: مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده قیمت روزانه ورق گرم D توسط مدل (LLNF) برای داده‌های تست ۲۱۰
- نمودار ۶-۵۰: مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های (Ex-Post) قیمت روزانه ورق گرم D توسط مدل فضای حالت ۲۱۱
- نمودار ۶-۵۱: مقادیر پیش‌بینی‌های (Ex-Ante) قیمت روزانه ورق گرم D توسط مدل (LLNF) ۲۱۴
- نمودار ۶-۵۱: تغییرات قیمت ماهانه بیلت جهانی ۲۱۵
- نمودار ۶-۵۳: نمودار مدل همبستگی قیمت ماهانه بیلت جهانی ۲۱۶
- نمودار ۶-۵۴: مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های تاریخی قیمت ماهانه بیلت جهانی توسط مدل عصبی - فازی ۲۱۷
- نمودار ۶-۵۵: مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های تاریخی قیمت ماهانه بیلت جهانی توسط مدل (AR) ۲۱۷
- نمودار ۶-۵۶: تغییرات قیمت ماهانه ورق سرد فولادی در بازارهای جهانی ۲۱۹
- نمودار ۶-۵۷: نمودار آموزش مدل نوروفازی - محلی در پیش‌بینی قیمت ماهانه ورق سرد در بازار جهانی ۲۲۰
- نمودار ۶-۵۸: تابع عضویت اولیه انتخاب شده برای مدل (ANFIS) ۲۲۱
- نمودار ۶-۵۹: تابع عضویت نهایی در مدل (ANFIS)، (سمت راست ورودی اول - سمت چپ: ورودی دوم) ۲۲۲
- نمودار ۶-۶۰: مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های تاریخی قیمت ماهانه جهانی ورق سرد فولادی توسط مدل (LLNF) ۲۲۳
- نمودار ۶-۶۱: مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های تاریخی قیمت ماهانه جهانی ورق سرد فولادی توسط مدل (ANFIS) ۲۲۳
- نمودار ۶-۶۲: مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های تاریخی قیمت ماهانه جهانی ورق سرد فولادی توسط مدل (ARMA) ۲۲۴

- نمودار ۶-۶۳: تغییرات قیمت پایانی ماهانه ورقه فولادی در بورس ایران ۲۲۶
- نمودار ۶-۶۴: تغییرات میزان عرضه ورقه فولادی در بورس ایران ۲۲۶
- نمودار ۶-۶۵: تغییرات میزان تقاضا ورقه فولادی در بورس ایران ۲۲۷
- نمودار ۶-۶۶: تغییرات میزان حجم معاملات ورقه فولادی در بورس ایران ۲۲۷
- نمودار ۶-۶۷: مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل (LLNF) قیمت ماهانه ورق گرم فولادی در بورس ایران ۲۲۹
- نمودار ۶-۶۸: تغییرات قیمت پایانی ماهانه اسلب در بازار جهانی ۲۳۰
- نمودار ۶-۶۹: مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های تاریخی قیمت ماهانه بیلت جهانی توسط مدل (ANFIS) ۲۳۱
- نمودار ۶-۷۰: مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های تاریخی قیمت ماهانه بیلت جهانی توسط مدل (LLNF) ۲۳۱
- نمودار ۶-۷۱: مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌های تاریخی قیمت ماهانه بیلت جهانی توسط مدل (AR) ۲۳۲
- نمودار ۶-۷۲: تابع عضویت اولیه انتخاب شده برای مدل (ANFIS) ۲۳۳
- نمودار ۶-۷۳: تابع عضویت نهایی در مدل (ANFIS) (سمت راست: ورودی اول - سمت چپ: ورودی دوم) ۲۳۴
- نمودار ۳-۲: چگونگی انجام معامله در بورس فلزات ۲۵۷

مقدمه

ایران کشور دارای منابع طبیعی غنی است، بر همین اساس توسعه بر پایه استفاده صحیح از منابع طبیعی می‌تواند راهبرد مناسبی جهت توسعه اقتصادی کشور باشد. راهبردهای توسعه اقتصادی باید ر، چنانچه بر پایه زمینه‌هایی باشد که کشور در آن دارای برتری نسبی است، حائز اهمیت بیشتری است. این زمینه‌ها می‌توانند شامل نیروی کار ارزان، فناوری و نیروی کار ماهر و متخصص، منابع طبیعی و نظایر آن باشند. از میان زمینه‌های فوق الذکر، زمینه‌ای که کشور ما در آن دارای امکانات و برتری نسبی فوق‌العاده‌ای است، منابع طبیعی و مخصوصاً معدنی آن است.

بنابراین از دیدگاه توسعه کشور و بازویکرد توسعه اقتصادی که مشتمل بر جایگزینی واردات، توسعه صادرات و استفاده از منابع اولیه طبیعی است، می‌توان صنایع فلزی و بالاخص صنعت فولاد را پس از بخش انرژی در کشور حائز جایگاه ریشتر برجسته‌ای دانست. با توجه به نقش استراتژیک فلزات، تأثیر آن در اقتصاد ایران و به تبع آن اثرگذاری سیاسی اجتماعی آن در کشور، لزوم سیاست‌گذاری صحیح و علمی امری حیاتی به شمار می‌رود. در این راستا توسعه راهکارهایی که بستری مناسب جهت پیشبرد اهداف مطلوب در این صنعت و رشد و توسعه هر چه بیشتر آن را فراهم سازد، ارزشمند خواهد بود.

امروزه مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های دینامیکی پیچیده اقتصادی از دانش و فن‌آوری‌های جدید و به‌روز مهندسی است که می‌تواند کاربرد فراوانی در تحلیل سیستم‌های اقتصادی و بهبود عملکرد آن‌ها داشته باشد. به عنوان مثال، اکنون توسعه

مدل‌های کارآمد پیش‌بینی قیمت در بازارهای اقتصادی، به عنوان پایه‌ای برای تصمیم‌گیری در حوزه‌های سیاست‌گذاری و نظارت راهبردی مطرح می‌باشند. بدین ترتیب تلاش علمی در پیش‌بینی قیمت‌ها به هر نسبت و حدی که قابل حصول باشد برای مسئولین تقنین، برنامه‌ریزی و اجرا در حوزه‌های اقتصادی و بازرگانی کشور می‌تواند مفید واقع گردد. آغاز این کار در کشور ما با توجه به گذشت دوره‌های تجربه شده برنامه چندساله و نیاز به پایه‌ریزی علمی و درست برنامه آینده و تحقق چشم‌انداز ترسیم شده، اقدامی مؤثر محسوب می‌گردد.

برادری نوین هوش محاسباتی زیربنای توانمندی را جهت تحلیل مسأله پیش‌بینی قیمت فراهم آورده و حجم گسترده پژوهش‌های انجام شده و در دست اقدام در این راستا، افق‌های نوین را جهت ارائه مدل‌های قدرتمند پیش‌بین گشوده است. گذر از مدل‌های قدیمی‌تر برای تحلیل سری‌های زمانی و استفاده از ابزارهای قدرتمند نوین به منظور رسیدن به دقت بالاتر در پیش‌بینی امری اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. منطق فازی به عنوان روشی برای بکارگرفتن دانش کارشناسان خبره در متناقصین به صورت قوانین کلامی (و نیز برخورد مناسب با عدم قطعیت‌ها)، و شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز به دلیل توانایی یادگیری برپایه داده‌های پیشین (و نیز به دلیل آزادی‌های ساختاری و پارامتریک برای تقریب توابع غیر صریح در سیستم‌های چند متغیره)، ابزارهای کارآمد به شمار می‌روند. بنابراین سیستم‌های استنتاج فازی که در چهارچوب یک شبکه عصبی پیاده‌سازی شده‌اند، می‌توانند به عنوان ابزاری قدرتمند برای اهداف پیش‌بینی مطرح شوند.

با توجه به مقدمات فوق، با رشد چشمگیر صنایع فلزی از طرف به‌ویژه نیاز به پیش‌بینی قیمت فلزات در سال‌های اخیر به منظور تصمیم‌سازی از طرف دیگر، هدف اصلی این کتاب پیرامون شبیه‌سازی و پیش‌بینی قیمت فولاد با افق زمانی کوتاه مدت به صورت روزانه و ماهانه با استفاده از مدل‌های نوین عصبی-فازی ترسیم شده است. به این منظور علاوه بر بکارگیری قیمت‌های پیشین، تأثیر وارد نمودن عوامل مؤثر مختلف نیز مورد بررسی قرار گرفته است. اندیشه تدوین این کتاب با هدف آشنا نمودن دانشجویان و

متخصصین رشته‌های مختلف با مدل‌های نوین عصبی - فازی و چگونگی پیاده سازی موردی آن‌ها در نمونه‌های مطالعاتی مختلف بوده است.

کتاب حاضر در شش فصل شامل بیان تعاریف و ارائه مقدمات، سابقه پیش‌بینی، فلزات و بورس فلزات، مدل‌های دینامیکی خطی، مدل‌های هوش محاسباتی و در نهایت پیاده‌سازی محاسباتی مدل‌های پیش‌بین در بازار فلزات تدوین گردیده است. همچنین کتاب حاضر دارای شش پیوست می‌باشد که هریک حاوی اطلاعات مفیدی پیرامون موضوعات این حوزه پژوهش می‌باشند. سعی شده است تا موضوعات در هر فصل به طور کافی و وافی پوشش داده شود. همچنین مباحث حائز اهمیت هر بخش حتی المقدور با بیانی ساده تشریح و ارائه گردند.

در اینجا لازم می‌دانیم مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی و گروه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی داخلی که شرایط و زمینه انجام این تحقیق و تألیف را فراهم نموده‌اند، صمیمانه قدردانی نماییم. همچنین مراتب امتنان و سپاسگزاری خود را از معاونت برنامه‌ریزی وزارت بازرگانی اسبق، جناب آقای دکتر موحدی و معاونت پژوهشی وقت مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، جناب آقای دکتر ایرانمنش ابراز می‌نماییم.

در تدوین و تألیف این کتاب سعی بر این بوده تا ضمن تمکین مطالب از نظر محتوا و نگارش جامع و عاری از عیب و نقص باشد. با این حال اعتقاد مؤلف بر این است که این مجموعه خالی از اشکال نیست. لذا از کلیه اساتید گرامی و دانشجویان، پژوهشگران، کارشناسان، صاحب‌نظران و کلیه عزیزانی که کتاب را مطالعه می‌نمایند، صمیمانه تقاضا می‌شود با ارسال اصلاحات و پیشنهادهای ارزنده خویش ما را مرهون عنایت خود قرار دهند.

محمد محبوب - مجید عبدالله زاده

بهار ۱۳۹۰