٩٣٩٧٢

دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

دانشکده مهندسی شیمی

تخمین بار مصرف گاز شهر تهران با استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی

نگارنده: احمد آذری

استاد راهنما: دکتر مجتبی شریعتی نیاسر

استاد مشاور: دکتر محمود البرزی

۱۳۸۷ /۴/ ۳

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در

رشته مهندسی شیمی

خرداد ۱۳۸۷

۴۳۹۷۲

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب **احمد آذری** تائید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشکده فنی دانشگاه تهران می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو : احمد آذری

امضای دانشجو :

۱۳۸۷ /۲/ ۳

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می‌دانم از زحمات عزیزانی که ما را در راستای انجام پروژه یاری نمودند تقدیر و تشکر کنم. قبل از هر چیز از جناب آقای دکتر مجتبی شریعتی نیاسر، جناب آقای دکتر محمود البرزی و هم چنین جناب آقای مهندس افشین بختیاری مدیر عامل شرکت طراحان نفتون آریا که نقش بسزایی در تحقق اهداف پروژه داشته‌اند تقدیر و تشکر می‌کنم و برای آن عزیزان آرزوی سلامتی و سرافرازی را در تمام شئونات زندگی خواستارم.

این مجموعه را تقدیم می کنم به شهیدانی که برای حفظ حق، دلاورانه در مقابل باطل ایستادند و با خون خود درخت اسلام را زنده نگاه داشتند. امید است این مجموعه ناچیز کاری بوده باشد در تحقق اهداف این بزرگواران.

احمد آذری

چکیده

با توجه به اهمیت ویژه‌ای که گاز به عنوان یکی از منابع تامین انرژی گرمایشی و سوخت در مصارف خانگی و صنعتی دارد، هر گونه عدم هماهنگی در توزیع آن خصوصاً در فصول سرد سال (اوج مصرف) می‌تواند باعث اختلال در زندگی روزمره مردم گردد و در صورتی که این وضعیت برای چند روز ادامه پیدا کند می تواند تبعات جبران ناپذیری بر اقتصاد و امنیت کشور داشته باشد. در سال‌های اخیر، با فرا رسیدن فصل سرما و افزایش تقاضا برای مصرف گاز، شاهد قطع گاز در برخی از مناطق کشور بوده‌ایم. این در حالی است که کشور ما با داشتن مقام دوم ذخایر گازی دنیا و بهره‌برداری از ظرفیت بالای تصفیه گاز، در زمینه تولید گاز دچار کمبود نبوده و قطع گاز در فصول سرد، عمدتاً ناشی از عدم پیش‌بینی تقاضا می‌باشد.

هم چنین با توجه به وجود پالایشگاه‌های گاز در مناطق جنوبی کشور و با عنایت به اینکه گاز رسانی به شهرهای مختلف از طریق انشعابات خطوط اصلی انتقال انجام می‌شود، فاصله زمانی انتقال گاز از مبدا پالایش تا تهران بیش از ۴۲ ساعت به طول می‌انجامد. همچنین به دلیل اهمیت تاثیر پارامترهای هواشناسی در مصرف گاز شهرها و نیز امکان کاهش ناگهانی دما و در نتیجه افزایش میزان گاز مصرفی شهرها، ضرورت اطلاع و پیش‌بینی مصرف گاز برای حداقل چندین زوز معین، امری اجتناب‌ناپذیر است.

بنابراین در این پروژه از شبکه های عصبی مصنوعی به دلیل قابلیت فوق العاده آن در استخراج ساختار غیر خطی حاکم بر داده‌ها، جهت تخمین مصرف ساعتی و روزانه و ماهانه گاز استفاده شده است. مدل های استخراج شده جهت تخمین مصرف گاز شهر تهران عبارت اند از:

الف- مدل ساعتی مصرف گاز : برای تخمین مصرف گاز ساعتی

ب- مدل روزانه مصرف گاز: برای تخمین مصرف گاز روزانه

ج- مدل ماهانه مصرف گاز: برای تخمین مصرف ماهانه گاز

فهرست عناوین

فصل اول: پیش‌گفتار ۱

فصل دوم: بررسی مطالعاتی روش های غیر کلاسیک پیش بینی ۴
۲-۱- فاکتورهای موثر بر پیش بینی ۴
۲-۲- روش های مختلف پیش بینی ۵
۲-۲-۱- روش های آماری ۵
۲-۲-۱-۱- رگرسیون ۵
۲-۲-۱-۱-۱- رگرسیون خطی ساده ۶
۲-۲-۱-۱-۲- رگرسیون خطی چندگانه ۷
۲-۲-۱-۱-۳- ضریب همبستگی چندگانه ۸
۲-۲-۱-۱-۴- باقیمانده ها ۸
۲-۲-۱-۱-۵- رگرسیون غیرخطی ۹
۲-۲-۱-۲- سری های زمانی ۹
۲-۲-۱-۲-۱- تبدیل ها در سری زمانی ۱۱
۲-۲-۱-۲-۲- مدل خود بازگشت ۱۳
۲-۲-۱-۲-۳- روش باکس- جنکینز ۱۳
۲-۲-۲- روش های هوشمند ۱۴
۲-۳- مبانی نظری در مدل‌سازی شبکه های عصبی ۱۵
۲-۳-۱- جنبه های تاریخی و سیستم های شبکه های عصبی ۱۵
۲-۳-۲- نرون بیولوژیکی ۱۵
۲-۳-۳- مدل نرون مک کولو و پیتز ۱۶
۲-۴- پرسپترون چند لایه ای ۱۹
۲-۵- توابع انتقال ۲۰
۲-۶- الگوریتم پرسپترون چند لایه ای ۲۳
۲-۷- شبکه های خود تنظیم کوهونن ۲۴
۲-۷-۱- الگوریتم کوهونن ۲۵
۲-۸- نرمال کردن داده ها ۲۶
۲-۹- تعامل بین شبکه های عصبی و روش های آماری ۲۷

۲-۹-۱- شبکه های عصبی چارچوب نمادی مناسبی را برای بسیاری از ساختارهای آماری آشنا فراهم می کنند..... ۲۷
۲-۹-۲- بسیاری از مسائل مدل سازی را می توان به طریق آماری و شبکه های عصبی، مورد مطالعه قرار داد..... ۲۷
۲-۹-۳- فنون آمار را گاه می توان با استفاده از فنون شبکه های عصبی به کار گرفت..... ۲۹
۲-۹-۴- بعضی از شبکه های عصبی دارای عناصر احتمالاتی هستند..... ۲۹
۲-۹-۵- پیوسته تلاش می شود شبکه های عصبی در چارچوب های معمول آماری گنجانده شود..... ۲۹
۲-۱۰- مقایسه شبکه های عصبی و روش های آماری در پاره ای از زمینه های عمده..... ۳۰
۲-۱۰-۱- طبقه بندی و تفکیک..... ۳۰

فصل سوم: نرم افزارهای پیش بینی کننده مصرف گاز..... ۳۱
۳-۱- نرم افزار LFS ۳۱
۳-۱-۱- رابط گرافیکی نرم افزار..... ۳۴
۳-۲- نرم افزارANNSTLF ۳۵

فصل چهارم: داده های هواشناسی و مصرف گاز در تهران بزرگ..... ۳۷
۴-۱- دریافت داده های مصرف گاز..... ۳۷
۴-۲- دریافت داده های هواشناسی..... ۳۷
۴-۲-۱- مشخصات جغرافیایی مرکز هواشناسی..... ۳۷
۴-۲-۲- وزش باد..... ۳۸
۴-۲-۳- دمای هوا..... ۳۸
۴-۲-۴- رطوبت هوا..... ۳۸
۴-۲-۵- ابرناکی و پدیده های هواشناسی..... ۳۸

فصل پنجم: تشریح آماری متغیرهای پروژه..... ۴۰
۵-۱- متغیر مصرف گاز..... ۴۰
۵-۲- متغیر متوسط دمای روزانه..... ۴۲
۵-۳- متغیر درصد رطوبت نسبی..... ۴۴
۵-۴- متغیر ابرناکی آسمان..... ۴۵

۵-۵- متغیر سرعت باد ۴۵
۵-۶- متغیر ایام تعطیل ۴۶
۵-۷- نتیجه بررسی همبستگی متغیرهای هواشناسی با متغیر پاسخ ۴۶

فصل ششم: طراحی و بهینه سازی مدل های شبکه های عصبی مصنوعی ۴۷
۶-۱-مقدمه ۴۷
۶-۲- طراحی و بهینه سازی مدل شبکه های عصبی جهت پیش بینی دمای ساعتی ۵۰
۶-۲-۱- مقدمه ۵۰
۶-۲-۲- بررسی استفاده از تابع logsig به جای تابع pureline در لایه خروجی و تغییر تعداد نودهای لایه مخفی ۵۲
۶-۲-۳- بررسی اثرحذف پارامتر میزان بارندگی درخطای شبکه با حذف این پارامتر از ورودی شبکه (در تعداد متفاوت از نودهای لایه مخفی) ۵۲
۶-۲-۴- بررسی اثر حذف پارامترهای میزان بارندگی و سرعت باد در خطای شبکه با حذف این پارامترها از ورودی شبکه (در تعداد متفاوت از نودهای لایه مخفی) ۵۳
۶-۲-۵- بررسی اثر حذف پارامترهای میزان بارندگی، سرعت باد و ابرناکی در خطای شبکه با حذف این پارامترها از ورودی شبکه (در تعداد متفاوت از نودهای لایه مخفی) ۵۴
۶-۲-۶- بررسی اثر حذف داده هایی که خطای زیاد ایجاد می کنند ۵۴
۶-۲-۷- صحت مدل (Testing) ۵۷
۶-۲-۸- اطمینان مجدد از عدم تأثیر پارامترهای ابرناکی، بارندگی، سرعت باد بر روی عملکرد شبکه ۵۹
۶-۲-۹- حذف مجدد داده‌های با خطای زیاد (داده های غیر معتبر درجه دوم) ۶۱
۶-۲-۱۰- نتیجه مدل تخمین دمای ساعتی ۶۲
۶-۳- طراحی و بهینه‌سازی مدل شبکه‌های عصبی به منظور پیش‌بینی مصرف گاز ساعتی ۶۵
۶-۳-۱- مقدمه ۶۵
۶-۳-۲- تعیین مناسب‌ترین تعریف برای پارامتر ورودی شبکه (دما) ۶۷
۶-۳-۳- تغییر توابع مورد استفاده در لایه مخفی و لایه خروجی و هم‌چنین تغییر تعداد نودهای لایه مخفی ۶۹
۶-۳-۴- بررسی تأثیر نوع ماه در کاهش خطای شبکه ۶۹
۶-۳-۵- بررسی تأثیر فصل سال در کاهش خطای شبکه ۷۰
۶-۳-۶- افزایش تعداد لایه های مخفی ۷۱

۶-۳-۷- متوسط‌گیری از مقادیر مصرف گاز در دماهای یکسان ۷۲
۶-۳-۸- تغییر تعریف دمای موثر ۷۳
۶-۳-۹- حذف داده‌های غیر معتبر ۷۴
۶-۳-۱۰- حذف اثر روزهای تعطیلی بر روی شبکه ۷۴
۶-۳-۱۱- حذف تأثیر رشد شبکه گازرسانی ۷۵
۶-۳-۱۲- استفاده از داده های سال ۸۱ وحذف همزمان داده های غیر معتبر و داده‌های مربوط به ایام تعطیل ۷۵
۶-۳-۱۳- نتیجه مدل مصرف گاز ساعتی ۷۶
۶-۴- طراحی و بهینه‌سازی مدل شبکه‌های عصبی جهت پیش‌بینی مصرف روزانه گاز ۷۹
۶-۴-۱- مقدمه ۷۹
۶-۴-۲- تغییر تعداد نودهای لایه مخفی و هم چنین توابع مورد استفاده در لایه های مخفی و خروجی ۸۱
۶-۴-۳- افزایش تعداد لایه‌های مخفی ۸۲
۶-۴-۴- بررسی تاثیر نوع روز (تعطیلی، نیمه تعطیلی و کاری) در میزان مصرف گاز ۸۲
۶-۴-۵- تاثیر نوع ماه در میزان مصرف ۸۴
۶-۴-۶- تاثیر نوع فصل در میزان مصرف ۸۶
۶-۴-۷- استفاده از خروجی های غیر نرمال شبکه ۸۷
۶-۴-۸- استفاده از نصف داده‌ها (داده‌های دو سال) برای آموزش شبکه ۸۸
۶-۴-۹- استفاده از داده های یک سال(۱۳۸۰) برای آموزش شبکه ۸۹
۶-۴-۱۰- کاهش اثر روزهای قبل در آموزش شبکه ۸۹
۶-۴-۱۱- لحاظ پارامتر مصرف گاز برای ۵ روز گذشته ۹۰
۶-۴-۱۲- در نظر گرفتن اختلاف پارامترهای هواشناسی(نسبت به روز گذشته) به عنوان ورودی به شبکه ۹۲
۶-۴-۱۳- نتیجه مدل مصرف روزانه گاز ۹۳
۶-۵- طراحی و بهینه سازی مدل شبکه های عصبی جهت پیش بینی مصرف گاز ماهانه ۹۶
۶-۵-۱- مقدمه ۹۶
۶-۵-۲-تغییر تعداد نودهای لایه مخفی ۹۸
۶-۵-۳- بررسی تاثیر استفاده از ۲ لایه مخفی ۹۸
۶-۵-۴- استفاده از متوسط ماهانه دمای متوسط روزانه به‌عنوان تنها ورودی شبکه ۹۹
۶-۵-۵- استفاده از متوسط ماهانه دمای موثر روزانه بعنوان تنها ورودی شبکه ۹۹
۶-۵-۶- استفاده از بسته های ۳۰ روزه داده‌ها مستقل از تاریخ آنها ۱۰۰

۶-۵-۶-۱- استفاده از دمای ماکزیمم موثر ماهانه بعنوان تنها ورودی شبکه ۱۰۰
۶-۵-۶-۲- استفاده از دمای ماکزیمم ماهانه بعنوان تنها ورودی شبکه ۱۰۱
۶-۵-۶-۳- استفاده از متوسط ماهانه دمای موثر روزانه ۱۰۱
۶-۵-۶-۴- استفاده از متوسط ماهانه دمای ماکزیمم بعنوان تنها ورودی شبکه ۱۰۱
۶-۵-۶-۵- استفاده از متوسط ماهانه دمای متوسط بعنوان تنها ورودی شبکه ۱۰۱
۶-۵-۶-۶- استفاده از دمای مینیمم موثر ماهانه بعنوان تنها ورودی شبکه ۱۰۲
۶-۵-۶-۷- استفاده از متوسط ماهانه دمای مینیمم روزانه بعنوان تنها ورودی شبکه ۱۰۲
۶-۵-۶-۸- استفاده از دمای مینیمم ماهانه بعنوان تنها ورودی شبکه ۱۰۲
۶-۵-۷- استفاده از ۳ پارامتر (متوسط ماهانه دمای موثر روزانه ماه جاری و ماه قبل و نیز مصرف گاز ماه قبل) بعنوان ورودی شبکه ۱۰۳
۶-۵-۸- نتیجه مدل مصرف ماهانه گاز ۱۰۳

فصل هفتم: نتیجه‌گیری و جمع‌بندی ۱۰۶
۷-۱- پیشنهادات ۱۰۸

فهرست منابع ۱۰۹

ضمائم: مقالات استخراج شده از پایان نامه ۱۱۲

فهرست جدول ها

جدول ۲-۱- مقایسهٔ مدل نرون مک کولو و پیتز با مدل نرون بیولوژیکی ۱۷
جدول ۶-۱- نتایج حاصل از اجرای اولیه مدل دمای ساعتی ۵۲
جدول ۶-۲- تغییر تعداد نرون های لایه مخفی ۵۲
جدول ۶-۳- حذف اثر میزان بارندگی با تعداد متفاوت نرون های لایه مخفی ۵۳
جدول ۶-۴- حذف پارامترهای میزان بارندگی و سرعت باد ۵۳
جدول ۶-۵- حذف پارامترهای میزان بارندگی و سرعت باد و ابرناکی ۵۴
جدول ۶-۶- حذف داده های غیر معتبر ۵۵
جدول ۶-۷- حذف داده‌های غیر معتبر و پارامتر میزان بارندگی ۵۵
جدول ۶-۸- حذف داده های غیر معتبر و پارامترهای بارندگی و سرعت باد ۵۶
جدول ۶-۹- حذف داده های غیر معتبر و پارامترهای بارندگی و سرعت باد و ابرناکی ۵۷
جدول ۶-۱۰- تعیین صحت مدل با وجود داده‌های غیرمعتبر ۵۷
جدول ۶-۱۱- تعیین صحت مدل با وجود داده های غیرمعتبر و افزایش تعداد لایه‌های مخفی ۵۸
جدول ۶-۱۲- تعیین صحت مدل با حذف داده‌های غیرمعتبر ۵۸
جدول ۶-۱۳- تعیین صحت مدل با حذف داده‌های غیرمعتبر و افزایش تعداد لایه های مخفی ۵۸
جدول ۶-۱۴- حساسیت شبکه نسبت به پارامترهای ابرناکی، سرعت باد و بارندگی ۵۹
جدول ۶-۱۵- حساسیت شبکه نسبت به پارامترهای ابرناکی، سرعت باد و بارندگی ۵۹
جدول ۶-۱۶- حساسیت شبکه نسبت به پارامترهای دمای ماکزیمم و مینیمم ۶۰
جدول ۶-۱۷- حساسیت شبکه نسبت به پارامترهای دمای ماکزیمم و مینیمم ۶۱
جدول ۶-۱۸- حذف داده‌های غیر معتبر درجه دوم ۶۱
جدول ۶-۱۹- حذف داده‌های غیر معتبر درجه دوم ۶۲
جدول ۶-۲۰- ماتریس بایاس‌های لایه پنهان ۶۴
جدول ۶-۲۱- ماتریس بایاس های لایه خروجی ۶۴
جدول ۶-۲۲- ماتریس مقادیر وزن های بین لایه ورودی و لایه مخفی ۶۴
جدول ۶-۲۳- ترانهاده ماتریس مقادیر وزن های بین لایه خروجی و لایه مخفی ۶۴
جدول ۶-۲۴- نتایج حاصل از اجرای مدل اولیه مصرف گاز ساعتی ۶۶
جدول ۶-۲۵- تغییر توابع نرون ها و تعداد نرون های لایه مخفی ۶۹
جدول ۶-۲۶- استفاده از دمای موثر و عدد ماه به عنوان ورودی شبکه ۷۰
جدول ۶-۲۷- استفاده از دمای موثر و نوع ماه به عنوان ورودی شبکه ۷۰
جدول ۶-۲۸- استفاده از دمای موثر و عدد فصل به عنوان ورودی شبکه ۷۱

جدول ۶-۲۹- استفاده از دمای موثر و نوع فصل به عنوان ورودی شبکه ۷۱
جدول ۶-۳۰- افزایش تعداد لایه های مخفی و استفاده از توابع مختلف ۷۲
جدول ۶-۳۱- نتایج میانگین گیری از مقادیر مصرف گاز ۷۲
جدول ۶-۳۲- تغییر تعریف دمای موثر و بدون متوسط گیری از مصرف گاز ۷۳
جدول ۶-۳۳- تغییر تعریف دمای موثر همراه با متوسط گیری از مصرف گاز ۷۳
جدول ۶-۳۴- نتایج حذف داده های غیر معتبر ۷۴
جدول ۶-۳۵- نتایج حذف اثر روزهای تعطیل ۷۴
جدول ۶-۳۶- نتایج حذف تاثیر رشد شبکه گازرسانی ۷۵
جدول ۶-۳۷- حذف اثر داده های غیر معتبر و روزهای تعطیل ۷۵
جدول ۶-۳۸- مقایسه نتایج حاصل از اجرای مدل با مقادیر واقعی ۷۶
جدول ۶-۳۹- وزن ها و بایاس های مدل پروفایل مصرف گاز ۷۸
جدول ۶-۴۰- نتایج حاصل از اجرای اولیه مدل مصرف گاز ۸۱
جدول ۶-۴۱- تغییر تعداد نودهای لایه مخفی و توابع مورد استفاده ۸۱
جدول ۶-۴۲- نتایج افزایش تعداد لایه های مخفی ۸۲
جدول ۶-۴۳- تاثیر نوع روز به صورت دسته بندی شده ۸۳
جدول ۶-۴۴- تاثیر نوع روز به صورت غیر دسته بندی شده ۸۴
جدول ۶-۴۵- تاثیر نوع ماه به صورت دسته بندی شده ۸۵
جدول ۶-۴۶- تاثیر نوع ماه به صورت غیر دسته بندی شده ۸۵
جدول ۶-۴۷- تاثیر نوع فصل به صورت دسته بندی شده ۸۶
جدول ۶-۴۸- تاثیر نوع فصل به صورت غیر دسته بندی شده ۸۶
جدول ۶-۴۹- نتایج استفاده از خروجی های غیر نرمال شبکه ۸۷
جدول ۶-۵۰- نتایج استفاده از نیمی از داده ها ۸۸
جدول ۶-۵۱- نتایج استفاده از داده های یک سال ۸۹
جدول ۶-۵۲- نتایج کاهش اثر روزهای قبل ۹۰
جدول ۶-۵۳- استفاده از مصرف گاز ۵ روز گذشته ۹۰
جدول ۶-۵۴- استفاده از مصرف گاز ۵ روز گذشته ۹۱
جدول ۶-۵۵- در نظر گرفتن اختلاف پارامترهای هواشناسی نسبت به روز گذشته ۹۲
جدول ۶-۵۶- ماتریس بایاس ها ۹۴
جدول ۶-۵۷- ترانهاده ماتریس وزن های بین لایه ورودی و لایه مخفی ۹۵
جدول ۶-۵۸- ماتریس وزن های بین لایه مخفی و لایه خروجی ۹۵
جدول ۶-۵۹- نتایج حاصل از اجرای اولیه مدل مصرف گاز ماهیانه ۹۸

جدول ۶-۶۰- تغییر تعداد نودها و توابع ۹۸
جدول ۶-۶۱- افزایش تعداد لایه های مخفی ۹۹
جدول ۶-۶۲- نتایج استفاده از متوسط ماهانه دمای متوسط روزانه ۹۹
جدول ۶-۶۳- نتایج استفاده از متوسط ماهانه دمای موثر روزانه ۱۰۰
جدول ۶-۶۴- نتایج استفاده از دمای ماکزیمم موثر ماهانه ۱۰۰
جدول ۶-۶۵- نتایج استفاده از دمای ماکزیمم ماهانه ۱۰۱
جدول ۶-۶۶- نتایج استفاده از متوسط ماهانه دمای موثر روزانه ۱۰۱
جدول ۶-۶۷- نتایج استفاده از متوسط ماهانه دمای ماکزیمم ۱۰۱
جدول ۶-۶۸- نتایج استفاده از متوسط ماهانه دمای متوسط ۱۰۲
جدول ۶-۶۹- نتایج استفاده از دمای مینیمم موثر ماهانه ۱۰۲
جدول ۶-۷۰- نتایج استفاده از متوسط ماهانه دمای مینیمم روزانه ۱۰۲
جدول ۶-۷۱- نتایج استفاده از دمای مینیمم ماهانه ۱۰۲
جدول ۶-۷۲- تاثیر استفاده از مصرف گاز ماه قبل ۱۰۳
جدول ۶-۷۳- ماتریس بایاس ها و ضرایب وزنی ۱۰۵

فهرست نمودارها

شکل ۲-۱- نرون بیولوژیک ۱۶
شکل ۲-۲- مدل نرون مک کولو و پیتز ۱۶
شکل ۲-۳- پرسپترون چندلایه ای ۱۹
شکل ۲-۴- تابع انتقال زیگموئیدی ۲۱
شکل ۲-۵- تابع انتقال تانژانت هیپربولیکی ۲۱
شکل ۲-۶- تابع انتقال آستانه ای خطی ۲۱
شکل ۲-۷- تابع انتقال آستانه ای خطی متقارن ۲۱
شکل ۲-۸- تابع انتقال خطی ۲۲
شکل ۲-۹- تابع انتقال آستانه ای دو مقداره ۲۲
شکل ۲-۱۰- تابع انتقال آستانه ای دو مقداره متقارن ۲۲
شکل ۲-۱۱- تابع انتقال خطی مثبت ۲۲
شکل ۲-۱۲- شبکه خود تنظیم کوهونن ۲۵

شکل ۳-۱- شبکه عصبی مورد استفاده در LFS ۳۲
شکل ۳-۲- حساسیت مصرف گاز نسبت به عوامل مختلف ۳۴

شکل ۵-۱- نمودار پراکندگی متغیر مصرف گاز ۴۰
شکل ۵-۲- نمودار رشته ای مصرف گاز ۴۱
شکل ۵-۳- نمودار رشته ای تفاضل مرتبه اول مصرف گاز ۴۱
شکل ۵-۴- نمودار پراکندگی دمای هوا ۴۲
شکل ۵-۵- نمودار پراکندگی دمای هوا و مصرف گاز ۴۳
شکل ۵-۶- نمودار پراکندگی داده های مصرف گاز نسبت به متغیر دمای هوا ۴۴
شکل ۵-۷- نمودار پراکندگی درصد رطوبت نسبی ۴۴
شکل ۵-۸- نمودار پراکندگی متغیر ابرناکی آسمان ۴۵
شکل ۵-۹- نمودار پراکندگی سرعت باد ۴۶

شکل ۶-۱- شماتیک اولیه مدل تخمین پروفایل دمای روزانه ۵۱
شکل ۶-۲- نمودار کاهش خطای داده های تست و آموزش شبکه نهایی تخمین پروفایل دما ۶۳

شکل ۶-۳- پروفایل دمای تخمینی توسط مدل نهایی و واقعی برای یک روز مشخص ۶۳
شکل ۶-۴- شماتیک اولیه مدل پروفایل مصرف روزانه گاز ۶۶
شکل ۶-۵- میزان مصرف گاز بر حسب متوسط دمای ماکزیمم و مینیمم روزانه ۶۸
شکل ۶-۶- میزان مصرف گاز بر حسب دمای موثر روزانه ۶۸
شکل ۶-۷- تخمین پروفایل مصرف گاز روزانه با استفاده از مدل روزانه و ساعتی ۷۷
شکل ۶-۸- تخمین پروفایل مصرف گاز روزانه با استفاده از مدل ساعتی و میزان واقعی مصرف گاز ۷۷
شکل ۶-۹- شماتیک اولیه مدل مصرف روزانه گاز ۸۰
شکل ۶-۱۰- مصرف گاز بر حسب روز برای کل داده های موجود ۹۳
شکل ۶-۱۱- مصرف گاز بر حسب روز برای داده های تست شبکه ۹۴
شکل ۶-۱۲- تخمین مصرف گاز بر حسب میزان واقعی مصرف گاز ۹۴
شکل ۶-۱۳- شماتیک اولیه مدل مصرف ماهانه گاز ۹۷
شکل ۶-۱۴- نمودار میزان مصرف گاز ماهانه کل داده های موجود ۱۰۴
شکل ۶-۱۵- نمودار میزان مصرف گاز ماهانه داده های تست شبکه ۱۰۴
شکل ۶-۱۶- نمودار میزان مصرف گاز ماهانه داده های تست شبکه ۱۰۵

فصل اول

پیش‌گفتار

مقدمه

پیش بینی بار مصرف گاز[1] یکی از کارهای مهمی است که در سیستم‌های انرژی باید مدنظر قرار گیرد. منشاء تلاش برای پیش‌بینی بار مصرف را باید در گاز طبیعی جستجو کرد زیرا گاز طبیعی پس از استخراج از چاه قابلیت ذخیره‌سازی را ندارد از این رو لازم است تا میزان تقاضای مصرف گاز در آینده پیش‌بینی گردد تا سود اقتصادی تولید و فروش آن حداکثر شود. همچنین از آن‌جا که بروز کمبود در تامین فرآورده گاز طبیعی به عنوان سوخت مورد استفاده در مصارف خانگی و صنعتی دارای تبعات سیاسی، اقتصادی و اجتماعی است، لازم است تا برآوردی از مصرف آن وجود داشته باشد. بازار توزیع و فروش گاز طبیعی در بسیاری از کشورها در حال واگذاری به بخش خصوصی است که این عامل سبب افزایش رقابت در زمینه توزیع بهینه گاز طبیعی می‌گردد.

روش‌های پیش‌بینی بار مصرف گاز را می‌توان به روش‌های آینده بسیار نزدیک، آینده نزدیک، کوتاه مدت و بلند مدت تقسیم نمود[2]. بازه زمان در روش‌های آینده بسیار نزدیک می‌تواند در حد چند دقیقه باشد و این بازه در روش‌های بلند مدت از چند سال تا چند دهه متغیر است. بازه مورد بحث ما در این گزارش پیش‌بینی کوتاه مدت است که از چند ساعت تا حدود یک ماه می‌باشد.

امروزه سیستم‌های پیش‌بینی کوتاه‌مدت[3] بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند که دلیل آن پیشرفت‌های علمی در روش‌های پیش‌بینی برای حل این گونه مسایل است. توسعه در فناوری کامپیوتر سبب گردیده است تا از این سیستم‌ها بتوان به صورت Real Time استفاده نمود. دلیل دیگر گسترش سیستم‌های پیش‌بینی کوتاه مدت، جهت‌گیری شرکت‌های توزیع گاز به رقابت در این بازار است.

با اینکه تاکنون مدل‌های زیادی برای پیش‌بینی بار مصرف گاز ارائه شده است همچنان نتایج حاصل از این مدل‌ها توام با خطا بوده و وجود خطا در این مدل‌ها امری اجتناب ناپذیر است.

اکثر STLF[3] های ارائه شده در سال‌های اخیر بر اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی بوده‌اند که استفاده از آن تاکنون نتایج رضایت‌بخشی را به همراه داشته است. امروزه علاقه فراوانی به استفاده از سیستم های هوشمند جهت پیش بینی میزان مصرف و هم چنین تخمین قیمت فرآورده‌های نفتی بوجود آمده است. همچنان که محمد رضا امین ناصری (۱۳۸۷) از یک پرسپترون با دو لایه مخفی و

---

[1] Gas Load Forecasting
[2] Karanta 1990
[3] Short-Term Load Forecasters (STLF)

مدل نهایی (۱-۸-۲-۹) جهت پیش بینی ماهانه قیمت نفت خام و همچنین از یک پرسپترون با یک لایه مخفی جهت پیش بینی ماهانه مصرف بنزین کشور استفاده کرده است.

در دهه‌های اخیر در ارتباط با پیش‌بینی مصرف فرآورده‌های نفتی مدل‌های آماری زیادی با رویکردهای متفاوت بسط و توسعه داده شده، که نتایج متفاوتی در بر داشته است[۱]. با این وجود مدلی که به طور قطع بتوان موفقیت آن را در پیش‌بینی مصارف انرژی محرز دانست وجود ندارد. اما شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به تکنیک‌های دیگر نظیر اقتصادسنجی، مدل‌های جنکینز و باکس[۲] و حتی تلفیق این تکنیک‌ها نوعاً از عملکرد بهتری برخوردار بوده است[۳]. دلیل این امر ناشی از عوامل زیر می‌باشد:

۱- عامل اصلی استفاده از روش هوشمند را باید در آموزش‌پذیری شبکه‌های عصبی جستجو کرد. زیرا مدل ارائه شده باید این قابلیت را داشته باشد تا به مرور زمان و با استفاده از داده‌های جدید به روز رسانی شوند. این کار با استفاده از شبکه عصبی به دلیل قابلیت آموزش مجدد مدل با داده‌های جدید امکان‌پذیر است در صورتی که در استفاده از روش‌های آماری، به روز رسانی مدل با استفاده از داده های جدید کار مشکلی است.

۲- مدل‌های غیر هوشمند دارای فرضیات محدود کننده می باشد.

۳- تهیه داده‌های مربوط به مدل‌های غیر هوشمند دشوار می‌باشد.

۴- مدل‌های غیرهوشمند در لحاظ کردن طبیعت غیرخطی مشاهدات که در دنیای واقعی وجود دارند از ناتوانی نسبی برخوردار می‌باشند، در حالی که شبکه عصبی مصنوعی قابلیت فوق‌العاده‌ای در استخراج ساختار غیر خطی حاکم بر داده‌های مشوش مصرف گاز دارند.

در خصوص فرآورده‌های نفتی می‌توان به مقاله Nasr و همکاران (۲۰۰۳) اشاره داشت که در آن از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی سالانه مصرف بنزین استفاده کرده‌اند.

پیش‌بینی رفتار سیستم‌های پیچیده، یکی از کاربردهاب گسترده شبکه‌های عصبی است. بویژه کاربردهایی نظیر پیش‌بینی وضع هوا[۴]، پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های تجاری[۵]، پیش‌بینی دبی رودخانه[۶]، پیش‌بینی نرخ ارز[۷]، پیش‌بینی قیمت سهام[۸]، پیش‌بینی تولید ناخالص داخلی و دیگر پیش‌بینی‌های اقتصادی، به صورت گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. در فرآیند پیش‌بینی توسط شبکه‌های عصبی که با استفاده از یک سری زمانی انجام می شود، معمولاً مجموعه‌ای از داده ها به عنوان ورودی در اختیار شبکه عصبی قرار می گیرد تا شبکه با تخمین رفتار سیستم مورد پیش بینی، عمل برونیابی را برای آینده انجام دهد. اغلب رویکردهای شبکه عصبی برای مسئله پیش بینی، یک

---

[1] Jebaraj & Iniyan(2004)
[2] Box & Jenkins (1976)
[3] Nasr GE, Badr EA. (2003)
[4] Pasini &Vinicio & Potesta
[5] Shah & Murtaza (2000)
[6] Atiya & El-Shoura & Shaheen (1999)
[7] Zhang (1998)
[8] Khaloozadeh, Khaki Sedigh (2001)

شبکه چند لایه پیشخور را که با استفاده از الگوریتم پس انتشار خطا یا الگوریتم‌های بهبود یافته و اصلاح شده آن، آموزش داده شده است، به کار می‌برند[۶]. در پیش‌بینی سری‌های زمانی غیر خطی، بدون شک یکی از روش‌های کارآمد، روش پیش‌بینی با شبکه‌های عصبی است. برای سری‌های زمانی تک متغیره، ورودی‌های شبکه عصبی مقادیر مشاهدات گذشته داده‌ها و خروجی‌های شبکه عصبی مقادیر آینده آنهاست و هر یک از الگوهای ورودی/خروجی از پنجره‌ای به طول ثابت در طول سری تشکیل شده است.

پروژه " برآورد میزان بار مصرف گاز طبیعی شهر تهران با استفاده از تکنولوژی شبکه‌های عصبی مصنوعی و تهیه نرم افزار TGLF [۱] " از طرف شرکت ملی گاز ایران با هدف ارائه نرم افزار پیش‌بینی کننده تقاضای مصرف گاز با نام اختصاری TGLF با شرکت مهندسی طراحان نفتون آریا منعقد گردیده که مدل‌سازی‌های هوشمند مصرف گاز (موتور محاسباتی نرم افزار) در این کار ارائه شده است. در این پروژه مدل‌های متعددی (مدل ساعتی، روزانه و ماهانه) برای پیش‌بینی میزان مصرف گاز شهر تهران با استفاده از تاریخچه مصرف و هم‌چنین داده‌های هواشناسی، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به سبب قابلیت فوق العاده آن در استخراج ساختار غیر خطی حاکم بر داده‌ها ارائه شده است.

نرم افزار TGLF به عنوان محصول نهایی پروژه، قادر است با دریافت اطلاعات هواشناسی از طریق کاربر، مقدار مصرف گاز را برای روزهایی که اطلاعات هواشناسی آن موجود است، پیش‌بینی نماید. امکانات مختلف دریافت و نمایش نتایج در این نرم افزار، کاربر را قادر می‌سازد با وارد نمودن داده‌های هواشناسی تا چند روز آینده (بسته به تعداد روزهایی که داده‌های هواشناسی آن موجود است)، مقدار پیش بینی شده برای مصرف گاز را ملاحظه نماید. همچنین کاربر می‌تواند با وارد نمودن مصرف واقعی گاز در هر روز، نتایج پیش‌بینی شده قبلی را با مصرف واقعی مقایسه نموده و نتایج پیش‌بینی شده را در قالب جداول و نمودارهای مختلف مورد ارزیابی قرار دهد.

[1] Tehran Gas Load Forecaster

فصل دوم

بررسی مطالعاتی روش های غیر کلاسیک پیش بینی

۲-۱- فاکتورهای موثر بر پیش بینی

به طور کلی گاز طبیعی در شهر تهران، توسط انواع بسیاری از مصرف کنندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد. کارگاه‌ها، کارخانجات، سازمان‌ها، منازل و دیگر مواردی که برشمردن تک‌تک آنها مشکل است، مصرف کنندگان گاز طبیعی را تشکیل می‌دهند.

کل حجم گاز طبیعی مصرف‌شده در تهران، از جمع‌زدن حجم مصرف تک‌تک مصرف کنندگان حاصل می‌شود از این رو الگوی رفتار مصرف گاز در سطح شهر تهران بزرگ تابع الگوی مصرف هر یک از مصرف‌کنندگان خواهد بود. به طور مثال مصرف گاز در واحدهای تولیدی و صنعتی تقریباً ثابت است و با افزایش یا کاهش حجم تولید، این مقدار افزایش یا کاهش پیدا می‌کند. این در حالی است که حجم مصارف خانگی و اداری گاز، تابعیت پیچیده‌ای از شرایط محیطی دارد. بسیاری از عوامل اجتماعی همانند تعطیلات، ایام مذهبی و غیره وجود دارد که می‌تواند بر این بخش از مصرف‌کنندگان تاثیرگذار باشد.

شرایط آب و هوایی به عنوان مهمترین فاکتور تاثیرگذار، بیشترین تاثیر را بر مصارف خانگی و اداری دارد که دلیل آن استفاده از گاز به عنوان سوخت برای تولید گرما در واحدهای مسکونی و اداری است. تاثیر شرایط آب و هوا بر مصرف گاز به صورت کاملاً واضح در نمودار مصرف گاز تهران قابل ملاحظه است.

تطابق بین الگوی مصرف گاز در تهران بزرگ با الگوی مصرف خانگی و اداری موید این مطلب است که رفتار مصرف گاز در شهر تهران بزرگ تابع رفتار مصرف خانگی و اداری است و متغیرهای موثر بر مصرف گاز، متغیرهای موثر بر مصرف گاز خانگی و اداری است. از این رو برای تعیین فاکتورهای موثر بر مصرف گاز لازم است تا فاکتورهای موثر بر مصرف گاز خانگی و اداری تعیین گردد. برخی از فاکتورهای مهم تاثیرگذار بر مصرف گاز در بخش خانگی و اداری به قرار زیر است[1].

- **شرایط آب و هوا** : این عامل بیشترین تاثیر را بر مصرف گاز دارد. علاوه بر دمای هوا، عواملی چون سرعت باد، پوشش ابر (ابرناکی) و رطوبت هوا بر مصرف تاثیر گذار هستند[2].

---

[1] Gross and Galiana 1987
[2] Chow and leung, Kallio 1985, Khotanzad et al. 1996

- **فاکتور زمان** : از نقطه نظر آماری، فاکتور زمان عامل بسیار تعیین کننده‌ای است. از این دیدگاه عواملی نظیر رفتار فصلی، افزایش و کاهش مصرف در طول شبانه‌روز و همچنین تعطیلات بر مصرف گاز تاثیرگذار هستند.
- **عوامل غیر قابل پیش‌بینی**: به جز شرایط آب و هوایی و فاکتور زمان، سایر عوامل در این دسته قرار داده می‌شوند. تاثیر عوامل غیر قابل پیش‌بینی نسبت به شرایط آب و هوایی و زمان کمتر است.

۲-۲- روش‌های مختلف پیش‌بینی

همان‌طور که دیدیم، مقدار مصرف گاز ماهیتی غیر ثابت و حالت تصادفی دارد و عوامل بیشماری در برآورد مقدار دقیق آن دخیل می‌باشند. برای پیش‌بینی مصرف گاز، طیف نسبتاً وسیعی از روش‌ها موجود است. صرف نظر از نوع روش به کار برده شده، رویه کلی به این ترتیب است که با بررسی داده‌های مصرف گذشته، تلاش می‌شود تا یک الگوی رفتار مصرف گاز بر حسب شرایط محیطی استخراج شده و سپس با استفاده از این الگوی رفتاری، مقدار مصرف با وارد نمودن شرایط محیطی جدید تخمین زده شود. روش‌هایی که به این ترتیب مقدار مصرف گاز را پیش‌بینی می‌کنند را می‌توان به دو دسته آماری و غیر آماری تقسیم نمود. از میان روش‌های آماری، دو روش رگرسیون و سری‌های زمانی بیشترین کاربرد را در این زمینه دارند که در ادامه به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۲-۲-۱- روش‌های آماری

رگرسیون و سری‌های زمانی از روش‌های متداول آماری برای پیش‌بینی رویدادها می‌باشند که در ادامه این بخش مورد بررسی قرار خواهند گرفت:

۲-۲-۱-۱- رگرسیون

تحلیل رگرسیون[1] روشی است که برای مطالعهٔ رابطه بین متغیرها و به ویژه، فهم نحوهٔ وابستگی یک متغیر به متغیرهای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه تقریباً هرگونه مطالعهٔ روابط بین متغیرها از طریق تحلیل رگرسیونی صورت می‌پذیرد. واژهٔ *رگرسیون* به معنای *بازگشت* جهت رساندن مفهوم *بازگشت به مقدار متوسط یا میانگین* به کار برده می‌شود. تحلیل رگرسیونی مشخص می‌کند که آیا رابطه‌ای بین یک یا چند متغیر مستقل با یک متغیر وابسته وجود دارد یا خیر. این رابطه می‌تواند به شکل یک تابع ریاضی خطی ساده یا یک تابع خطی چند متغیره و یا به شکل‌های غیرخطی مشاهده گردد.

متغیرهای مصرف گاز، دما، رطوبت، ابرناکی آسمان، سرعت باد و متغیر گسستهٔ نوع تعطیلی را در نظر بگیرید. فرض کنید بخواهیم مقادیر متغیر مصرف گاز در آینده را به وسیلهٔ رابطه‌ای که این متغیر با

[1] Regression Analysis