بسم الله الرحمن الرحيم

دانـــشگاه یـــزد

دانشکده مهندسی صنایع

گروه مهندسی صنایع

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی صنایع گرایش مدیریت سیستم و بهره وری

استفاده از سری های زمانی نا ایستا برای تخمین احتمال سرما زدگی در رفسنجان

استاد راهنما: دکتر محمد صابر فلاح نژاد

استاد مشاور: دکتر یحیی زارع مهرجردی

پژوهش و نگارش: علیرضا حسینی

شهریور ماه ۱۳۹۱

تقدیم

به پدر، مادر و همسر مهربانم،

برادر بزرگوارم،

و خواهر دوست داشتیم.

قدردانی

در این مطالعه از راهنمایی های ارزشمند آقای دکتر محمد صابر فلاح نژاد استفاده شد که این شانس بزرگی محسوب می شد. همچنین راهنمایی ها و مشاوره های ارزشمند آقای دکتر محمدرضا حسینی و آقای دکتر یحیی زارع مهرجردی به بهبود و روشن شدن روند کار کمک فراوانی نمود.

چکیده

این مطالعه چند مدل آماری را برای مدل کردن کمینه/بیشینه دما توسعه می‌دهد که برای ارزیابی رویداد های مختلف از جمله ریسک یخ زدگی/گرمازدگی در صنعت کشاورزی رفسنجان می-توانند به کار روند. رفسنجان یکی از بزرگترین مناطق تولید کننده پسته در جهان می باشد. این مدل ها می‌توانند برای تخمین زدن احتمال رویداد هایی مانند: وقوع یخ زدگی/گرمازدگی در یک بازه داده شده در طول سال، یخ زدگی/گرمازدگی بعد از ده روز گرم در فصل رشد به کار روند. تخمین زدن احتمال چنین رویداد هایی می‌توانند برای: ارزیابی ریسک هواشناسی کشاورزی برای سرمایه گذاری در این صنعت از تولید تا توزیع و صادرات و قیمت گذاری مشتقات آب و هوایی استفاده شود. مدل‌های اتورگرسیو زیادی از جمله مدل هایی با ضرایب ثابت و ضرایب وابسته به زمان برای اولین بار ایجاد و با معیارهای AIC/BIC/AICc و اعتبار سنجی ضربدری مقایسه شدند. مدل مناسب، مدل AR(۱) با هر دوی عرض از مبدا و ضرایب اتو رگرسیو وابسته به زمان شناخته شد. روند درازمدت نیز با توجه به شکل داده‌ها محاسبه شد. در نهایت از مدل‌های نهایی با کمک شبیه سازی به پیش بینی رفتار دما و همچنین احتمال یخ زدگی در بازه های خطر استفاده شد. مطالعات شبیه سازی برای دو رویداد انجام شد. رویداد اول یخ زدگی در بازه‌ی خطر (فصل رشد گیاه) معرفی شده توسط اداره‌ی کشاورزی و رویداد دوم یخ زدگی در فصل رشد گیاه بر اساس تعریف علمی فصل رشد(نزول دما به زیر صفر درجه سانتی گراد بعد از ۵ روز متوالی با کمینه‌ی دمای بالای ۵ درجه سانتی گراد). نتایج مطالعات شبیه سازی احتمال این که حداقل یک بار رویداد اول اتفاق بیفتد را حدود ۹ درصد و احتمال وقوع رویداد دوم را ۲۱ درصد نشان می‌داد. تفاوت در نتایج دو رویداد نشان می‌هد فصل رشد گیاه به خوبی توسط اداره‌ی کشاورزی شناسایی نشده و شامل بازه های بزرگتری در سال می‌شود. این دسته از نتایج می‌توانند برای ارزیابی ریسک سرمایه گذاری، پیش بینی تولید، قیمت گذاری مشتقات آب و هوایی و مسائل مربوط به بیمه کاربرد داشته باشند.

کلمات کلیدی: صنعت کشاورزی، یخ زدگی، گرمازدگی، کمینه دما، مشتقات آب و هوایی، ضرایب اتو رگرسیو وابسته به زمان.

فهرست مطالب

۱ مقدمه ۱

۲ مروری بر ادبیات ۶

۲-۱ روش‌های آماری پیش بینی ۸

۲-۲ سایر روش‌های پیش بینی(یادگیری کامپیوتری، شبکه عصبی) ۲۸

۲-۳ ماهواره‌ها و سنجنده های هواشناسی ۳۰

۲-۴ سرما زدگی در صنعت کشاورزی پسته ۳۴

۲-۵ خلاصه ۳۶

۳ روش ۳۸

۳-۱ مطالعه اکتشافی داده‌ها ۴۰

۳-۱-۱ خود همبستگی داده ها ۴۴

۳-۲ مدل سازی ۴۹

۳-۳ تخمین پارامتر ها: تئوری درست نمایی بیشینه جزیی ۵۳

۳-۴ انتخاب مدل ۵۵

۳-۵ کاربرد ها ۶۶

۳-۶ خلاصه ۶۹

۴ بحث ۷۲

۵ مطالعات آینده ۷۳

۶ ضمائم ۷۴

۵-۱ موقعیت ایستگاه هواشناسی رفسنجان..... ۷۵
۵-۱-۱ نمونه‌ای از داده‌های مورد استفاده..... ۷۶
۵-۲ شکل رفتار کمینه دما به تفکیک ماه های مختلف..... ۷۷
۵-۳ شکل رفتار کمینه دما به تفکیک فصل های مختلف..... ۸۸
۵-۴ سایر مقایسه های بین مدل‌های مختلف..... ۹۱
۶ واژه نامه ۹۲
۷ منابع ۹۶
چکیده(انگلیسی) ۱۰۰
شناسنامه(انگلیسی) ۱۰۱

فهرست جداول

جدول۲-۱-۱: احتمال تخمین صحیح طول تاخیر از فرایند AR،(P=٤) ۱۴

جدول۲-۱-۲: مقادیر AIC و BIC برای مدلهای مختلف وقوع بارندگی. ۱۸

جدول۲-۱-۳: مقایسه مدل‌های مختلف با کمک معیارهای مختلف. ۲۳

جدول۳-۴-۱: انتخاب مدل برای جملات فصلی. ۵۷

جدول۳-۴-۲: انتخاب مدل با جملات فصلی و زنجیره های مارکوف. ۵۸

جدول۳-۴-۳: انتخاب مدل با جملات فصلی و زنجیره های مارکوف. ۵۹

جدول۳-۴-۴: انتخاب مدل با جملات فصلی، زنجیره مارکوف و روند خطی دراز مدت. ۶۰

جدول۳-۴-۵: انتخاب مدل با جملات فصلی، زنجیره مارکوف و روند غیر خطی دراز مدت. ۶۲

جدول۳-۴-۶: اضافه کردن ضرایب مارکوف فصلی به مدل نهایی. ۶۲

جدول۳-۴-۷: مقایسه بهترین های AIC و BIC با کمک CVEو CVR^2. ..... ۶۳

جدول۳-۴-۸: جدول مقایسه سه خانواده مختلف از مدلهای سری زمانی پیش‌بینی. ۶۵

جدول۵-۴-۱: سایر ترکیبات مدل ها. ۹۱

فهرست اشکال

شکل۱: نمودار فرایند تحقیق. ۵

شکل۲-۱-۱: (a) کمینه ماهیانه دما و (b) باکس پلات کمینه ماهیانه دما. ۹

شکل۲-۱-۲: پیش بینی ۱۲ ماه آینده، دایره‌ها مقادیر پیش‌بینی شده و ستاره‌ها مقادیر واقعی. ۱۱

شکل۲-۱-۳: عملکرد معیارهای مختلف در انتخاب طول تاخیر صحیح. ۱۴

شکل۲-۱-۴: خطهای پر: مقادیر واقعی مشاهده شده،خطهای قرمز مقادیر فیت شده از ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶، خطوط سبز مقادیر پیش بینی شده برای سال ۲۰۰۷ و خطوط آبی بازه اطمینان ۹۵ درصدی. ۱۵

شکل۲-۱-۵: احتمال بارندگی به شرط این که دیروز بارندگی رخ دهد(P۱۱) و احتمال بارش به شرط این که دیروز باران نبارد(P۰۱) ۱۶

شکل۲-۱-۶: P۱۱۱،P۰۱۱وP۰۰۱،P۱۰۱ را نمایش می‌دهد. ۱۷

شکل۲-۱-۷: متوسط بارش سالانه باران که با کمک داده های تاریخی محاسبه شده است. ۱۷

شکل۲-۱-۸: دایره ها نماینده P۱۱(احتمال بارش به شرط آنکه دیروز باران ببارد) و ستاره ها نماینده P۰۱(احتمال بارش به شرط آنکه دیروز باران نبارد) و خطوط رنگی مدل برازش شده توسط $(1, Y^1, COS, SIN)$ ۱۹

شکل۲-۲-۱: مدل شبکه عصبی برای سرما زدگی بهاره. ۲۹

شکل۲-۳-۱: منیترینگ طغیان رودخانه های میسوری و می سی سی پی توسط مودیس. ۳۳

شکل۲-۴-۱: از بین رفتن خوشه های گل و سرشاخه ها در اثر سرمای بهاره. ۳۶

شکل۲-۵-۱: نمودار سابقه تحقیق. ۳۷

شکل۳-۱-۱: رفتار کمینه دمای روزانه در رفسنجان طی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۹. ۴۰

شکل۳-۱-۲: رفتار کمینه دما در فصل‌های زمستان، بهار، تابستان، پاییز با استفاده از داده‌های تاریخی. . . ۴۱

شکل۳-۱-۳: رفتار کمینه دما در فصل زمستان با استفاده از داده های تاریخی. ۴۲

شکل۳-۱-۴: رفتار کمینه دما برای ماه‌های مختلف سال با استفاده از داده‌های تاریخی. ۴۳

شکل۳-۱-۵: رفتار کمینه دما در ماه مارچ میلادی(اواسط اسفند تا اواسط فروردین هجری شمسی) با استفاده از داده‌های تاریخی. ۴۴

شکل ۳-۱-۱-۱: شکل خود همبستگی برای فصول مختلف. ۴۵

شکل ۳-۱-۱-۲: شکل خود همبستگی برای داده های دو ماهه. ۴۷

شکل۳-۲-۱: یک زنجیره مارکوف مرتبه اول. ۵۰

شکل۳-۲-۲: یک زنجیره مارکوف مرتبه دوم. ۵۰

شکل۳-۴-۱: روند دراز مدت کمینه دما طی ۲۰ سال اخیر در رفسنجان. ۶۱

شکل۳-۴-۲: مدل برازش شده برای کمینه دما، نقطه های سیاه رنگ مقادیر مشاهده شده و خطوط قرمز رنگ مدل برازش شده روی داده ها. ۶۴

شکل۳-۵-۱: پیش‌بینی رفتار کمینه دما برای دو سال آتی. ۶۶

شکل۳-۵-۲: تخمین احتمال سرما زدگی برای دو سال آینده. ۶۷

شکل۳-۵-۳: توزیع روزهای سرما زدگی در دوره خطر سرما زدگی از ۲۷ مارچ تا۲۰ آوریل(۸ فروردین تا ۱ اردیبهشت). ۶۸

شکل۳-۶-۱: فلوچارت فرایند مدل‌سازی. ۷۰

شکل۵-۱-۱: موقعیت ایستگاه هواشناسی فرودگاه رفسنجان واقع در جنوب شهرستان. ۷۵

شکل ۵-۱-۱-۱: اطلاعات دمایی هر ۳ ساعت یکبار شهرستان رفسنجان، ژانویه ۲۰۰۵. . . . . ۷۶

شکل۵-۲-۱: رفتار کمینه دما در ماه ژانویه میلادی با استفاده از داده‌های تاریخی. ۷۷

شکل۵-۲-۲: رفتار کمینه دما در ماه فوریه میلادی با استفاده از داده‌های تاریخی. ۷۸

شکل۵-۲-۳: رفتار کمینه دما در ماه آوریل میلادی با استفاده از داده‌های تاریخی. ۷۹

شکل۵-۲-۴: رفتار کمینه دما در ماه آوریل میلادی با استفاده از داده‌های تاریخی. ۸۰

شکل۵-۲-۵: رفتار کمینه دما در ماه جون میلادی با استفاده از داده‌های تاریخی. ۸۱

شکل۵-۲-۶: رفتار کمینه دما در ماه جولای میلادی با استفاده از داده‌های تاریخی. ۸۲

شکل۵-۲-۷: رفتار کمینه دما در ماه آگوست میلادی با استفاده از داده‌های تاریخی. ۸۳

شکل۵-۲-۸: رفتار کمینه دما در ماه سپتامبر میلادی با استفاده از داده‌های تاریخی. ۸۴

شکل۵-۲-۹: رفتار کمینه دما در ماه اکتبر میلادی با استفاده از داده‌های تاریخی. ۸۵

شکل۵-۲-۱۰: رفتار کمینه دما در ماه نوامبر میلادی با استفاده از داده‌های تاریخی. ۸۶

شکل۵-۲-۱۱: رفتار کمینه دما در ماه دسامبر میلادی با استفاده از داده‌های تاریخی. ۸۷

شکل۵-۳-۱: رفتار کمینه دما در فصل پاییز با استفاده از داده‌های تاریخی. ۸۸

شکل۵-۳-۲: رفتار کمینه دما در فصل تابستان با استفاده از داده‌های تاریخی. ۸۹

شکل۵-۳-۳: رفتار کمینه دما در فصل بهار با استفاده از داده‌های تاریخی. ۹۰

فصل اول

مقدمه

۱. مقدمه

رویدادهای هواشناسی طی دهه های اخیر بطور چشمگیری افزایش یافته‌اند و محققین بسیاری بر این باورند که این امر تحت تاثیر تغییرات آب و هوایی می باشد (Meinke and Stone,۲۰۰۵; Tena and Gómez,۲۰۱۱; Primack et al,۲۰۰۹). برخی از این رویداد ها مانند سرما زدگی که بطور گسترده بر تولیدات کشاورزی و مدیریت ریسک تاثیر میگذارند، حیاتی هستند (Tena and Gómez,۲۰۱۱). نشان دادن شیوه مدل-سازی پیش بینی دقیق در کشاورزی و هواشناسی کاربردهای زیادی دارد (سرمازدگی، بارندگی،طوفان های شدیدو...). پیش‌بینی سرمازدگی در سیستم‌های کشاورزی همچنین در سازمان خواروبار جهانی و انجمن هواشناسی جهانی همیشه یک موضوع جالب برای بحث بوده است(Ghielmi and Eccel,۲۰۰٦). آمار نشان می-دهد که نزدیک به ۴۰درصد زیان وارده به محصول پسته‌ی کشور ناشی از سرمازدگی است و هر ساله حجم عظیمی از درآمدهای ناشی از تولید پسته در اثر سرمازدگی از بین می‌رود که در بعضی از سالها تا ۲۵ درصد از درآمد پسته کاری کشور را تشکیل میدهد (عزت آبادی،۱۳۸۸). وقوع سرمازدگی در دودهه‌ی اخیر در رفسنجان (یکی از مهمترین مناطق تولید پسته در دنیا) نشان می‌دهد که اگر قبلاً سرمازدگی بهاره بطورمحدود، در بعضی از سال‌ها اتفاق می‌افتاد امروزه بواسطه‌ی تغییرات اقلیمی در دنیا و از جمله در ایران، سرمازدگی بهاره به یک پدیده‌ی مکرر تبدیل شده است (سرمازدگی گسترده در سال‌های ۸۴ ، ۸۵ و ۸۷ و سرمازدگی موردی در سال-های ۸۱ ، ۸۲ و ۸۸ (انجمن پسته ایران،۱۳۸۸). این مطالعه یک استراتژی مدل سازی برای کمینه دما توسعه می‌دهد که در مدیریت ریسک و تصمیم گیری در کشاورزی کاربرد دارد. روش مشابه می‌تواند برای رویدادهای دیگر مانند درجه حرارت شدید استفاده شود.

یکی از مباحثی که امروزه مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است مسئله "مدل کردن و قیمت گذاری مشتقات آب و هوایی[۱]"است(Benth,۲۰۱۱). مشتقات آب و هوایی امروزه بطور فزاینده ای به عنوان بخشی از یک استراتژی مدیریت ریسک می باشد که یک نوآوری جدید در مباحث مهندسی مالی است. بسیاری از شرکت‌ها در معرض ریسک مشتقات آب و هوایی هستند، برای مثال گرمی هوا در طول تابستان شرکت را با افت ناگهانی فروش روبرو می کند. بنابراین عملکرد بسیاری از شرکت ها مانند تولید کننده گان و مصرف کننده گان انرژی، فروشگاه‌های زنجیره‌ای و صنایع کشاورزی و غیره متاثر از نوسانات مالی مشتقات آب و هوایی می باشد(Davis,۲۰۰۰). این مباحث از جمله کاربردهای این مطالعه است که از مدل‌سازی نهایی می‌توانند استخراج شوند. مباحث مربوط به دمای هوا بیشترین مباحث را از میان سایر مشتقات آب و هوایی به خود اختصاص داده است(Cao et al,۲۰۰۲). اکثر مطالعات در این زمینه تمرکز روی گرمای روزانه[۲] و سرمای روزانه[۳] دارند، برای

[۱] Weather derivatives
[۲] HDD: heating degree days
[۳] CDD: Cooling degree days

مثال(Richasrds et al,۲۰۰٤) و (Benth et al,۲۰۰۷). در این مطالعه روی تحقیق حسینی و همکاران که اخیرا در زمینه سرمازدگی صورت گرفته است تمرکز شده است(Hosseini et al,۲۰۱۲).

این مطالعه یک مدل ریاضی و آماری فرایند استوکستیسک روی زمان را با کمک سری‌های زمانی اتورگرسیو متغیر با زمان(ARTV[٤]) و زنجیره های مارکوف بطور خاص برای فرایند سرما زدگی معرفی می‌کند. این تحقیق به تحلیل رفتار دمایی سال های اخیر پرداخته و نشان می‌دهد چگونه تغییرات دما در دراز مدت و تغییرات فصلی باید به درستی در یک مدل سری زمانی دراز مدت آب و هوایی لحاظ شوند. ما اجازه دادیم جمله میانگین و ضرایب اتورگرسیو در مدل سری زمانی ARTV در طول زمان تغییر کنند، در این مطالعه خاص مدل‌سازی ها نشان می‌دهد مارکوف درجه اول بهترین نتیجه را خواهد داد و تغییر در ضرایب زنجیره مارکوف به بهبود مدل کمک می کند. در نهایت لزوم قرار دادن اجزای مختلف را در مدل با تکنیک‌های آماری و مقایسه با مدل‌های مرسوم سابق اثبات و برتری مدل پیشنهادی را نشان دادیم. این مدل برای تخمین‌زدن احتمال سرمازدگی در یک روز خاص یا یک دوره معین در سال و مشاهده تغییرات آب و هوایی کمینه دما طی دهه های اخیر و مدل کردن روند آینده کمینه دما می‌تواند استفاده شود. احتمالی که با این رویکرد محاسبه می‌شود می‌تواند نقش مهمی در تعیین قیمت بیمه و مدیریت برنامه های آبیاری که اهمیت روز افزونی در اثر تغییرات آب و هوایی پیدا کرده‌اند داشته باشد. با این همه" پیش بینی آب و هوایی حلالی برای تمام مشکلات در کشاورزی نیست ، در عوض یکی از ابزارهای مدیریت ریسک است که نقش مهمی در تصمیم گیری بازی می کند"(Meinke and Stone,۲۰۰۵).

ویژگی‌های مختلفی از روند دما در مدل‌سازی در نظر گرفته شد:

۱. روندهای فصلی در طول زمان: روند دما بیشتر توسط انرژی خورشیدی تعیین می‌شود و این انرژی به موقعیت زمین در مقایسه با خورشید بستگی دارد که در یک چرخه در طول سال تغییر می‌کند.

۲. روند دراز مدت: به غیر از الگوهای فصلی دما، الگوهای دراز مدت آب و هوایی در روند دما تاثیر می-گذارند، برای مثال به علت انتشار گازهای گلخانه‌ای ویا در اثر تغییرات آب و هوا با علل طبیعی (فعالیت های آتشفشانی بزرگ و غیره).

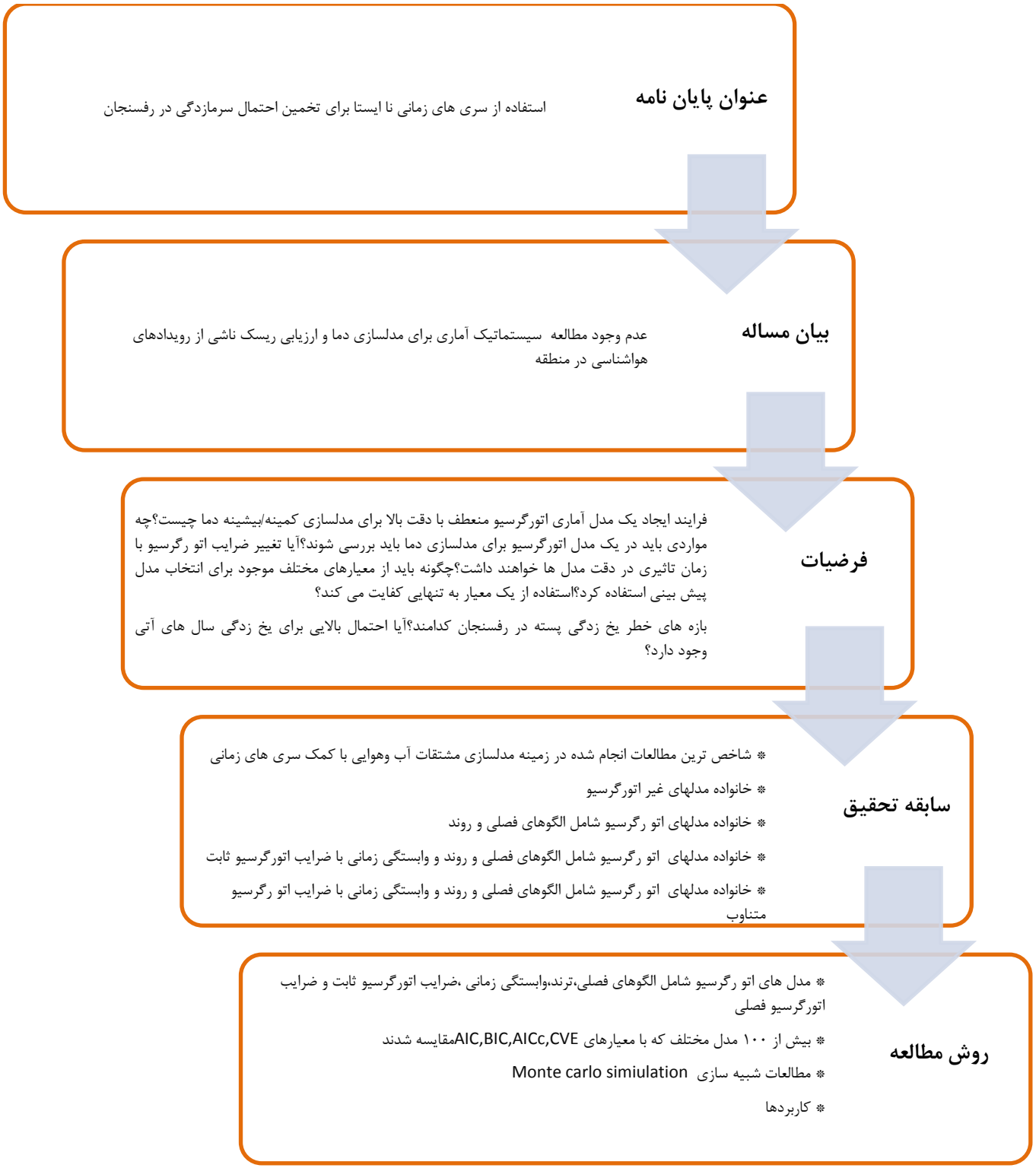
۳. وابستگی در زمان: تغییرات بصورت فصلی و تغییرات در بلند مدت به تنهایی نمی‌توانند تغییرات در مقیاس زمانی کوتاه را توضیح دهند. دمای هوا هم چنین تحت تاثیر جبهه‌های آب وهوایی قرار می‌گیرد که ممکن است تنها چند روز یا چند هفته طول بکشد. این باعث ایجاد یک وابستگی زمانی در روند دما می‌شود. این وابستگی با ربط دادن شرطی دمای یک روز به روزهای قبل می‌تواند مدل شود ، زنجیره‌های مارکوف چارچوب طبیعی آماری هستند که از احتمال شرطی برای مدل کردن این وابستگی استفاده می‌کنند (Hosseini and Zidek,۲۰۰۹). ما سه مورد بالا را در ساختن مدل خود در نظر می‌گیریم. همچنین ضرورت قراردادن اجزای

[٤] Time Varying AR Model

مختلف را بررسی می‌کنیم. روشی که اینجا پیشنهاد می‌شود استفاده از یک سری زمانی نرمال روی زمان برای حداقل دمای روزانه است(Kedem and Fokianos,۲۰۰۲; Brockwell and Davis,۲۰۰۱).

یک سوال جالب چگونگی قرار دادن سه مورد بالا در مدل و انتخاب مرتبه زنجیره مارکوف است. روش مورد استفاده در این مطالعه برگرفته از روش حسینی و همکاران است که یک چارچوب ریاضی و آماری برای مدل کردن فرایند های تصادفی روی زمان معرفی کردند که بطور خاص مطالعه‌ی آن‌ها برای رویدادهای هواشناسی از قبیل درجه حرارت(پایین یا بالا)و وقوع بارندگی کاربرد دارد (Hosseini et al,۲۰۰۹).

در این مطالعه به منظور مدل‌کردن سرمازدگی ابتدا مدل‌های آماری مختلف زیادی با جملات فصلی معرفی و مقایسه خواهند شد. هم‌چنین ترکیب این مدل‌ها با زنجیره های مارکوف مورد بحث و بررسی قرار می-گیرد، برای مثال مدل‌هایی شامل زنجیره‌های مارکوف و بدون آن‌ها،مدل‌هایی با زنجیره‌های مارکوف با ضرایب ثابت و همچنین ترکیب با مدل‌های زنجیره مارکوف با ضرایب متغیر با زمان. در ادامه چگونگی اضافه کردن روند دراز مدت را به مدل بررسی کرده و شکل آن را مشخص می‌کنیم. پس از اتمام مدل‌سازی در بخش آخر مسائل کاربردی مورد بحث قرار خواهند گرفت. شکل ۱نمودار فرایند تحقیق را مشخص می‌کند.



شکل۱: نمودار فرایند تحقیق

فصل دوم

مروری بر ادبیات

۲. مروری بر ادبیات

۲-۰. مقدمه

در این فصل به معرفی روش‌های مدل‌سازی آماری پیش بینی پرداخته و مطالعات شاخص پیشین دسته بندی خواهد شد. هر مطالعه از نقطه نظر نوع مدل، معیارهای انتخاب مدل، دقت مدل و روش تخمین پارامترها بررسی می شود. ابتدا مطالعات پیشین با مدل‌های ساده تر و کلی تر معرفی خواهد شد. در ادامه به مدل‌های پیچیده تر و بادقت بالاتر می رسیم. در این فرایند نواقص و محاسن مطالعات پیشین اشاره و مقایسه خواهد شد تا در نهایت جزییاتی مانند عوامل تاثیر گذار در مدل‌سازی، معیارهای مناسب انتخاب مدل و روش های تخمین پارامترها (بطور مثال تئوری بیضی-روش حداکثر درستنمایی جزیی) تعیین و چرایی انتخاب آنها بیان می‌شود. در بخش ۲-۲ ماهیت مطالعات انجام شده در زمینه روش‌های شبکه عصبی و یادگیری کامپیوتری معرفی و تفاوت‌ها و شباهتهای این روش‌ها با مطالعه پیش رو معرفی خواهد شد. بخش ۲-۳ کاربردهای سنجنده های هواشناسی در پیش بینی آب و هوا همچنین چگونگی جمع آوری داده های دمایی توسط این سنجنده ها را معرفی خواهد کرد. در واقع این بخش ماهیت داده های مورد استفاده در این مطالعه وچگونگی جمع آوری آن ها را توسط سنجنده ها مشخص می‌کند. در نهایت در بخش ۳-۴ مطالعات انجام شده قبلی در زمینه های تعریف سرمازدگی و اهمیت آن_فصل رشد و بازه خطر سرمازدگی پسته_دمای بحرانی پسته بررسی خواهد شد. هدف از برررسی این بخش جنبه کاربردی مطالعه می باشد. بطور مثال در مطالعه این بخش مسائلی مانند بازه های خطر یخ زدگی، فصل رشدو دماهای بحرانی استخراج خواهند شد.

۲-۱. روش‌های آماری پیش بینی

کاتفیلد در مطالعه خود فرایند مدل سازی آماری را با کمک انواع سری های زمانی و تکنیک‌های مختلف معرفی کردو روش های پیش بینی را بطور کلی در سه دسته طبقه بندی کرد(Chatfield,۲۰۰۰):

۱- پیش بینی های قضاوت گرایانه و بر اساس برداشت های ذهنی.
۲- روش‌های تک متغیره که پیش بینی ها فقط به مقادیر کنونی و گذشته از سری های تکی بستگی دارند.
۳- روش‌های چند متغیره که پیش‌بینی از یک متغیر وابسته داده شده به چند متغیر مستقل مختلف سری زمانی که به آن‌ها پیش‌بینی کننده هم می‌گویند بستگی دارد.

او به معرفی و تحلیل هر دسته از روش‌های فوق پرداخت. معروفترین روش قضاوتی را روش دلفی معرفی کرد. اما بین روش‌های موجود بطور کلی روش‌های آماری و ریاضی را در مقایسه با روش‌های تجربی و قضاوتی دارای ارجحیت دانست و بیان کرد روش‌های قضاوتی بیشتر زمانی بکار می‌روند که اطلاعات ضروری در دسترس نباشند یا یک چارچوب مدل سازی مناسب شناخته نشده باشد. او متذکر شد که نتایج روش‌های قضاوتی و آماری نباید دو مقدار بسیار متفاوت باشند حتی گاهی اوقات ادغام و مقایسه روش‌ها نیز رویکرد مناسبی است. وی پیش بینی های آماری مانند پیش‌بینی های آب و هوایی کوتاه مدت را "پیش بینی به عنوان یک هدف ارزشی" و پیش بینی های آماری مانند پیش بینی های دراز مدت آب و هوایی که بیشتر در سیاست گذاری های دولتی و سازمانی تاثیر دارد را "پیش‌بینی برای پیشنهاد اعمال کنترل" خواند. همچنین دو دسته بندی کلی دیگر را برای روشهای پیش‌بینی ممکن دانست: ۱-پیش‌بینی های *اتوماتیک*(بدون دخالت انسان) و *غیر اتوماتیک*. ۲-پیش‌بینی‌های *ساده* و *پیچیده*.

کاتفیلد بیان کرد قبل از شروع به مدل سازی آماری تحلیل‌گر باید به تجزیه تحلیل داده‌ها به عنوان بخشی از فرایند مدل سازی بپردازد که به آن تجزیه و تحلیل داده های اولیه یا تجزیه تحلیل اکتشافی می‌گویند. سپس سه گام کلی طراحی یک مدل آماری را معرفی کرد:

۱-فرموله کردن مدل: هنر و علم انتخاب یک کلاس از مدل ها توسط تحلیل‌گر(مثلا خانواده ای از سری-های زمانی ARIMA).

۲-انتخاب مدل از میان کلاس‌های مدل‌های فرموله شده از روش‌های مختلف.

۳-چک کردن مدل

در نهایت وی به معرفی و توضیح سه گام فوق پرداخت.