



دانشگاه زنجان  
دانشکده علوم - گروه فیزیک

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد فیزیک حالت جامد (M.Sc.)

ارزیابی و صحت سنجی داده های بارندگی الگوریتم ماهواره‌ای

*PERSIANN* با استفاده از شبکه دیدبانی زمینی در ایران

الهام بارانی زاده

اساتید راهنما :

استاد راهنمای اول: دکتر یوسفعلی عابدینی

استاد راهنمای دوم: دکتر سهیلا جوانمرد

استاد مشاور: دکتر جوادبداق جمالی

زمستان ۱۳۸۹



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## چکیده

اندازه‌گیری‌های دقیق بارندگی در انواع مقیاس‌های مکانی و زمانی نه تنها برای پیش‌بینی وضع هوا و علوم اقلیمی بلکه برای گستره وسیعی از مدیریت‌ها از جمله آب‌شناسان، کشاورزان، مدیریت‌های بحران، و صنعتگران دارای اهمیت بالایی می‌باشد. با این حال، در کاربردهای مذکور کمبود صحت دیده‌بانی‌های بارندگی در نواحی دور و در حال توسعه جوامع را با چالش مهمی روبه‌رو کرده است. در بسیاری از کشورهای جهان سوم شبکه‌های دیده‌بانی زمینی به صورت پراکنده توزیع شده‌اند و تراکم توزیع آنها در نقاط مختلف متفاوت است. با این وجود برآوردهای بارش ماهواره‌ای به طور گسترده‌ای در اندازه‌گیری بارندگی جهانی در مقیاس‌های زمانی ماهانه و تقریباً واقعی برای مطالعات اقلیمی، داده‌گوری<sup>۱</sup> پیش‌بینی عددی وضع آب و هوا (NWP)<sup>۲</sup>، هشدار سیل، پتانسیل بارندگی حاره‌ای و پایش منابع آبی استفاده می‌شود. بنابراین مشابه هر داده دیدبانی بررسی محدودیت‌ها و دقت‌های این برآوردها ضروری است. در این تحقیق عملکرد الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN<sup>۳</sup>، که با استفاده از روش قدرتمند شبکه عصبی مصنوعی، داده‌های ماهواره‌ای زمین ایستا و قطبی-مداری را ترکیب می‌کند، در منطقه ایران ارزیابی و صحت‌سنجی می‌شود. قدرت تفکیک زمانی داده‌های الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN، ۳ ساعته و قدرت تفکیک مکانی آنها  $0.25^\circ$  با فرمت باینری هستند. برای صحت‌سنجی این داده‌ها از داده‌های ۷۱۰۰۳R۱ محصول زمینی داده‌های پروژه ادغام داده‌های دیدبانی بارش با قدرت تفکیک بالا در راستای ارزیابی منابع آبی (APHRODITE)<sup>۴</sup> با قدرت تفکیک مکانی  $0.25^\circ$  درجه استفاده شده است. این داده‌ها پس از پردازش‌های اولیه، توسط برنامه نویسی با فرترن ۹۰ به داده‌های ماهانه، روزانه، فصلی و سالانه تبدیل شده است. نتایج بدست آمده حاکی از این است که الگوریتم PERSIANN متأثر از فصل است. بدین صورت که در فصل پاییز و بهار بیشترین همبستگی مکانی و در نتیجه بیشترین تطابق را با داده‌های زمینی دارد و به خوبی الگوی بارشی حاکم بر فصل پاییز را شناسایی می‌کند اما مقادیر بارش را در این فصل کمتر از مشاهدات داده‌های زمینی برآورد می‌کند و در فصل بهار در بیشتر نقاط کشور عملکردی بالابراورد دارد. نمودارهای پراکندگی استخراج شده برای میانگین فصلی بارش بین دو داده PERSIANN و داده‌های زمینی نشان دادند ضرایب همبستگی مکانی بین دو داده در فصل زمستان به صورت ۰,۵۲، ۰,۴۱، ۰,۴۲ و در فصل پاییز به صورت ۰,۶۵، ۰,۶۴، ۰,۶۸ و در فصل بهار به صورت ۰,۶۸، ۰,۵۳، ۰,۵۴ به ترتیب در کل کشور، ناحیه کوه‌های زاگرس و ناحیه دریای خزر است. کمترین تطابق ( $\leq 0.4$  ضریب همبستگی) بین دو داده در فصل خشک تابستان مشاهده می‌شود.

<sup>۱</sup> Data assimilation

<sup>۲</sup> Numerical weather prediction

<sup>۳</sup> Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks

<sup>۴</sup> Asian Precipitation Highly-Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation of Water Resources



تقدیم به

وجودم

مادرم

مهربانم

پدرم

استادم

آقای دکتر یوسفعلی عابدینی



## تقدیر و تشکر

قبل از همه لطف های بیکران همیشه نزدیکترینم به من خدایم را سپاس می گویم. لازم می دانم سپاس صمیمانه خود را از همه کسانی که مرا در طول انجام این پایان نامه از کمک و راهنمایی های ارزنده شان بهره مند نمودند به جا آورم: از استاد راهنمایم جناب آقای دکتر عابدینی که براستی کردار، گفتار و پندار نیک ایشان تقدس واژه استاد را در ذهن من دو چندان نمود. خداوند را سپاس می گویم که افتخار شاگردی ایشان را به من عطا نمود.

از استاد راهنمای دوم خانم دکتر جوانمرد پژوهشکده هواشناسی و علوم جو تهران.

از آقای دکتر هوشنگ قائمی پژوهشکده هواشناسی و علوم جو تهران.

از آقای دکتر آقا کوچک دانشگاه Irvine کالیفرنیا و پرو فسور سروشیان به دلیل معرفی ایشان.

از آقای دکتر حجت سیدی دانشجوی دکتری دانشگاه Connecticut آمریکا.

از آقای دکتر رامین کیامهر داور ممتحن.

همچنین سپاس بیکران خود را از خانواده ام به ویژه از محبوبانم پدر و مادر عزیزم و برادرم محسن دارم که حمایت هایشان در همه حال مایه دلگرمی من می باشد. از تمام معلمانم از مقطع ابتدایی تا مقطع کارشناسی ارشد نهایت تشکر را دارم.



## فهرست مطالب

iii	چکیده.....
v	تقدیر و تشکر.....
vi	فهرست مطالب.....
ix	لیست جداول.....
۱	۱- فصل اول : کلیات.....
۲	۱-۱ طرح مسئله.....
۳	۲-۱ هدف تحقیق.....
۳	۱-۲-۱ هدف کلی.....
۳	۳-۱ سوال های تحقیق.....
۳	۴-۱ فرضیه های تحقیق.....
۵	۲- فصل دوم : مفاهیم و سوابق تحقیق.....
۶	۱-۲ داده های باران سنجی.....
۷	۲-۲ مقدمه ای بر کاربرد ماهواره ها برای برآورد بارش.....
۷	۱-۲-۲ سکوهای سنجنده.....
۸	۲-۲-۲ باندهای طیفی.....
۹	۳-۲ روش های برآورد بارش با استفاده از ماهواره.....



۹	..... ۱-۳-۲ مری و فرورسرخ
۱۰	..... ۲-۳-۲ میکرو موج غیر فعال
۱۱	..... ۳-۳-۲ سنجنده‌های فعال
۱۲	..... ۴-۳-۲ ترکیب داده
۱۳	..... ۱-۴-۳-۲ شبکه عصبی مصنوعی و معرفی الگوریتم PERSIANN
۱۵	..... ۱-۱-۴-۳-۲ توضیح هسته اولیه PERSIANN
۲۳	..... ۲-۱-۴-۳-۲ توضیح سیستم PERSIANN توسعه یافته
۲۴	..... ۳-۱-۴-۳-۲ معرفی برخی از ماهواره‌های استفاده شده در الگوریتم PERSIANN
۲۸	..... ۴-۲ ارزیابی و صحت سنجی داده‌های برآورد ماهواره
۲۹	..... ۱-۴-۲ روش‌های آماری برای ارزیابی بارش برآورد شده توسط ماهواره‌ها
۲۹	..... ۱-۱-۴-۲ کمیت‌های آماری صحت سنجی برای ارزیابی خطا در بزرگی
۳۰	..... ۲-۱-۴-۲ بررسی آماری قیاسی برای ارزیابی خطاها در توزیع مکانی بارش
۳۲	..... ۵-۲ مروری بر تحقیقات انجام شده جهت ارزیابی عملکرد الگوریتم PERSIANN
۳۶	..... ۶-۲ مروری بر ارزیابی‌های انجام شده در ایران
۳۷	..... ۳- فصل سوم : مواد و روش تحقیق
۳۸	..... ۱-۳ منطقه مورد مطالعه
۳۹	..... ۲-۳ مجموعه داده‌ها
۳۹	..... ۱-۲-۳ توضیح داده‌های PERSIANN
۴۱	..... ۲-۲-۳ توضیح داده های زمینی
۴۳	..... ۳-۳ روش تحقیق
۴۵	..... ۴- فصل چهارم : نتایج
۴۶	..... ۱-۴ ارزیابی در مقیاس ماهانه
۴۶	..... ۱-۱-۴ مقایسه چشمی
۵۲	..... ۲-۱-۴ مقایسه از طریق کمیت‌های آماری
۵۵	..... ۲-۴ ارزیابی در مقیاس ماهانه
۵۵	..... ۱-۲-۴ مقایسه چشمی
۶۱	..... ۲-۲-۴ مقایسه از طریق کمیت‌های آماری
۶۶	..... ۳-۴ ارزیابی برآوردهای میانگین ماهانه به تفکیک ۱۲ ماه سال
۶۶	..... ۱-۳-۴ مقایسه چشمی
۷۳	..... ۲-۳-۴ مقایسه از طریق کمیت‌های آماری
۸۱	..... ۴-۴ ارزیابی در مقیاس میانگین فصلی



۸۱	..... ۱-۴-۴ مقایسه چشمی
۸۳	..... ۲-۴-۴ مقایسه از طریق کمیت‌های آماری
۹۰	..... ۵-۴ ارزیابی در مقیاس سالانه
۹۰	..... ۱-۵-۴ مقایسه چشمی
۹۵	..... ۲-۵-۴ ارزیابی در مقیاس میانگین سالانه
۹۵	..... ۱-۲-۵-۴ مقایسه چشمی
۹۵	..... ۲-۲-۵-۴ مقایسه از طریق کمیت‌های آماری
۹۹	..... ۵- فصل پنجم : خلاصه و نتیجه‌گیری
۱۰۰	..... ۱-۵ بحث
۱۰۱	..... ۲-۵ نتیجه‌گیری
۱۰۱	..... ۳-۵ توصیه‌ها
۱۰۲	..... منابع و مراجع
۱۰۵	..... سایت‌های استفاده شده
۱۰۶	..... ضمیمه ۱
۱۰۷	..... ضمیمه ۲
۱۰۸	..... ضمیمه ۳





## لیست جدول ها :

شماره صفحه	توضیح	عنوان
۱۸	سنجنده‌های عملیاتی رایج برای برآورد بارش تا نوامبر سال ۱۹۹۵	جدول ۱
۴۲	ویژگی های تابش سنج NOAA	جدول ۲
۴۳	ویژگی های تابش سنج AVHRR	جدول ۳
۴۵	ویژگی های ماهواره های DMSP	جدول ۴
۴۶	ویژگی های ماهواره F-۱۳ و F-۱۴	جدول ۵
۵۰	جدول ۲×۲ احتمال وقوع	جدول ۶
۶۴	ویژگی داده‌های ماهواره‌ای الگوریتم PERSIANN	جدول ۷
۶۸	مشخصات داده‌های زمینی پروژه APHRODITE استفاده شده در این تحقیق	جدول ۸
۸۹	مشخصات پارامتر های استخراج شده مربوط به شکل ۲۸	جدول ۹
۹۰	مشخصات پارامتر های استخراج شده مربوط به شکل ۲۹	جدول ۱۰
۹۱	میانگین بالا و پایین برآوردهای ماهانه مربوط به شکل های ۲۸ و ۲۹	جدول ۱۱
۹۳	همبستگی های مکانی بین دو داده بارش در سه ماه آوریل، می و اکتبر از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷	جدول ۱۲
۱۰۸	کمیت های آماری مربوط به ارزیابی برآورد میانگین ماهانه بارش PERSIANN بر حسب داده‌های زمینی در کل کشور	جدول ۱۳
۱۱۲	کمیت های آماری مربوط به ارزیابی برآورد میانگین ماهانه بارش PERSIANN بر حسب داده زمینی در ناحیه کوه های زاگرس	جدول ۱۴
۱۱۵	کمیت های آماری مربوط به ارزیابی برآورد میانگین ماهانه بارش PERSIANN بر حسب داده زمینی در ناحیه دریای خزر	جدول ۱۵
۱۲۴	کمیت‌های آماری برای مقایسه برآورد های PERSIANN و مشاهدات داده‌های زمینی مربوط به میانگین بارش زمستانه	جدول ۱۶
۱۲۵	کمیت‌های آماری برای مقایسه برآورد های PERSIANN و مشاهدات داده‌های زمینی مربوط به میانگین بارش بهار.	جدول ۱۷
۱۲۶	کمیت‌های آماری برای مقایسه برآورد های PERSIANN و مشاهدات داده‌های زمینی مربوط به میانگین بارش تابستانه.	جدول ۱۸
۱۲۷	کمیت‌های آماری برای مقایسه برآورد های PERSIANN و مشاهدات داده‌های زمینی مربوط به میانگین بارش پاییزه.	جدول ۱۹
۱۳۷	کمیت‌های آماری مقایسه برآورد های PERSIANN از میانگین سالانه بارندگی در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۱ بر حسب مشاهدات زمینی در سه ناحیه کل کشور، ناحیه دریای خزر و ناحیه کوه‌های زاگرس	جدول ۲۰
۱۴۰	RMSE در بعد مکانی X و Y در برآورد بارش سالانه PERSIANN نسبت به داده زمینی در دوره زمانی ۲۰۰۱ تا دسامبر ۲۰۰۷.	جدول ۲۱

## لیست شکل‌ها :

شماره	توضیح	عنوان
۱۹	طیف الکترومغناطیسی از پرتوهای گاما تا امواج رادیویی ، در تصاویر ماهواره‌ای	شکل ۱
۲۵	نمودار نشان دهنده الگوریتم زمان واقعی (RT) و الگوریتم محصول تحقیق که داده های ورودی (سمت چپ) ، پردازش (مرکز)، داده های خروجی (سمت راست)، جریان داده ها (پیکان های نازک) و کنترل پردازش (پیکان های ضخیم) را نشان می دهد.	شکل ۲
۲۷	ساختار یک شبکه عصبی مصنوعی پیش رونده سه لایه و جزئیات هر عنصر پردازش داخلی ( Hsu et al., ۱۹۹۶)	شکل ۳
۳۰	ساختار مدل ANN پس رونده بهینه شده (MCPN) و متغیر های ورودی-خروجی آن	شکل ۴
۳۲	برآورد های توزیع بارندگی ماهانه برای سه مورد مطالعه: شکل Ia-Id: ژاپن، ژوئن ۱۹۸۹، بارندگی جبهه ای شکل. IIa-IIId: ژاپن، ۱۵ جولای تا ۱۵ آگوست ۱۹۸۹ ، بارندگی همرفتی حاره ای. شکل IIIa-IIIId: شبه جزیره فلوریدا ژانویه ۱۹۹۶	شکل ۵
۳۴	نمودارهای مقایسه توزیع بارندگی ماهانه مشاهده شده با برآوردهای مدل برای سه مورد مطالعه : (نمودارهای Ia-Ic) (مورد ۱-ژاپن، ژوئن ۱۹۸۹ ، بارندگی جبهه‌ای. (نمودارهای IIa- IIc) مورد ۲- ژاپن، ۱۵ جولای تا ۱۵ آگوست ۱۹۸۹ ، بارندگی همرت حاره‌ای. (نمودارهای IIIa-IIIc) مورد ۳- شبه جزیره فلوریدا، ژانویه ۱۹۹۶ . در همه موارد a مقایسه با برآوردهای روش GPI، b مقایسه با برآوردهای مدل پارامتر-ثابت شبکه عصبی مصنوعی و c مقایسه با برآوردهای مدل پارامتر- سازگار شبکه عصبی مصنوعی است.	شکل ۶
۳۶	ناحیه مطالعه در تحقیق Hsu و همکارانش: جزایر ژاپنی	شکل ۷
۳۷	مقایسه برآورد های مدل MCPN سازگار و غیر سازگار (ثابت شده) سری های زمانی بارندگی ساعتی در ۵ مکان واقع در جزایر ژاپنی برای دوره زمانی ۷ روزه ۱۴ تا ۲۰ ژوئن ۱۹۸۹	شکل ۸
۳۸	ناحیه مطالعه در تحقیق Hsu و همکارانش : شبه جزیره فلوریدا	شکل ۹
۳۸	همانند شکل ۸ برای ژانویه ۱۹۹۶ دو مکان از شبه جزیره فلوریدا	شکل ۱۰
۴۰	اجرای عملیاتی جاری محصولات سیستم PERSIANN که محصولات بارش جهانی در زمانی تقریباً واقعی با قدرت تفکیک زمانی ۳ ساعته و قدرت تفکیک مکانی $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ را توزیع می کند.	شکل ۱۱
۵۴	نمودارهای داده‌های PERSIANN-GT بر حسب بارندگی متوسط باران سنج‌ها در سلول‌های شبکه $(5^{\circ} \times 5^{\circ})$ (a) برای جعبه شبکه ای که بیشتر از ۵ سنج دارد (b) برای جعبه شبکه ای بیشتر از ۸ سنج دارد (c) برای جعبه شبکه ای که بیشتر از ۱۰ شبکه دارد.	شکل ۱۲
۵۶	ارزیابی داده های روزانه بارش الگوریتم PERSIANN روی استرالیا	شکل ۱۳
۶۰	الگوریتم روش انجام تحقیق	شکل ۱۴



- شکل ۱۵ الف) بارش سالانه میانگین در ایران از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ (ب) توپوگرافی ۶۱
- شکل ۱۶ سرویس داده‌های PERSIANN از طریق سامانه HyDIS ۶۳
- شکل ۱۷ محدوده محصولات (داده‌های بارش) پروژه APHRODITE ۶۵
- شکل ۱۸ کسر سلول‌های شبکه ۰,۰۵ درجه که شامل اسپتگاه یا ایستگاه‌های باران سنجی هستند (به درصد). ۶۷
- شکل ۱۹ نمودار متوسط پهنه‌ای بارندگی روزانه از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ (رنگ قرمز) برآورد الگوریتم PERSIANN (رنگ آبی) داده زمینی APHRODITE. ۷۱
- شکل ۲۰ ۲۰ نمودارهای میانگین ناحیه‌ای بارش روزانه (الف) سال ۲۰۰۳ (ب) سال ۲۰۰۴ (پ) سال ۲۰۰۵ (ت) سال ۲۰۰۶ (ث) سال ۲۰۰۷. در همه نمودارها رنگ قرمز برآوردهای PERSIANN و رنگ آبی مشاهدات داده زمینی APHRODITE را نشان می‌دهد. ۷۵
- شکل ۲۱ نقشه‌های توزیع مکانی بارش روزانه از ۷ ژانویه ۲۰۰۴ تا ۱۱ ژانویه ۲۰۰۴. (تصاویر سمت چپ) PERSIANN (تصاویر سمت راست) داده زمینی ۷۷
- شکل ۲۲ توزیع مکانی همبستگی زمانی داده‌های بارندگی روزانه PERSIANN و داده‌های زمینی APHRODITE. ۷۸
- شکل ۲۳ ۲۳ نمودار سری زمانی ضریب همبستگی مکانی بین داده‌های روزانه PERSIANN و داده‌های زمینی APHRODITE در دوره زمانی سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷. ۷۹
- شکل ۲۴ نمودار سری زمانی ضریب همبستگی مکانی بین داده‌های روزانه PERSIANN و داده‌های زمینی APHRODITE به تفکیک سال در دوره زمانی سال ۲۰۰۱ (الف) تا ۲۰۰۷ (چ). ۸۳
- شکل ۲۵ نمودار متوسط ناحیه‌ای بارندگی ماهانه در ناحیه کل کشور از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ (رنگ قرمز) برآورد الگوریتم PERSIANN (رنگ آبی) داده زمینی APHRODITE. ۸۴
- شکل ۲۶ نمودارهای متوسط پهنه‌ای بارندگی ماهانه از سال ۲۰۰۱ (الف) تا ۲۰۰۷ (چ). در این نمودارها رنگ قرمز برآورد الگوریتم PERSIANN و رنگ آبی داده زمینی APHRODITE هستند. ۸۷
- شکل ۲۷ نمودار متوسط پهنه‌ای بارندگی ماهانه در ناحیه دریای خزر از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ (رنگ قرمز) برآورد الگوریتم PERSIANN (رنگ آبی) داده زمینی APHRODITE. ۸۸
- شکل ۲۸ نمودار سری زمانی اختلاف برآورد بارش ماهانه در کل کشور به وسیله PERSIANN با مقدار مشاهده شده توسط داده زمینی APHRODITE. محور X زمان و محور Y مقدار اختلاف بارش (PERSIANN-APHRODITE) را نشان می‌دهند. ۸۹
- شکل ۲۹ نقشه توزیع مکانی همبستگی زمانی بارش ماهانه برآورد شده توسط الگوریتم ماهواره‌ای و بارش ماهانه مشاهده شده توسط داده زمینی از مارس ۲۰۰۰ تا دسامبر ۲۰۰۷. ۹۰
- شکل ۳۰ نمودار سری زمانی همبستگی مکانی بین دو داده ماهواره‌ای PERSIANN و داده زمینی APHRODITE در برآورد و دیده بانی بارش ماهانه از مارس ۲۰۰۰ تا دسامبر ۲۰۰۷. ۹۲



- شکل ۳۱ نمایش مقادیر جذر میانگین مربع خطا در هر نقطه یا سلول شبکه در کل کشور و دریای خزر. ۹۳
- شکل ۳۲ نقشه توزیع مکانی جذرمیانگین مربع خطای (RMSE) زمانی در برآورد بارش ماهانه از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷. ۹۵
- شکل ۳۳ نمودار های سری زمانی RMSE در بعد مکانی X و Y در برآورد بارش ماهانه PERSIANN نسبت به داده زمینی در دوره زمانی مارس ۲۰۰۰ تا دسامبر ۲۰۰۷. (الف) کل کشور (ب) دریای خزر (پ) کوه‌های زاگرس. ۹۶
- شکل ۳۴ مقایسه میانگین ماهانه بارش از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ به تفکیک ماه های سال. (ستون اول) PERSIANN (ستون دوم) APHRODITE (ستون سوم) اختلاف بین دو داده. ۹۷
- شکل ۳۵ نمودارهای پراکندگی میانگین داده‌های بارش ماهانه بارندگی الگوریتم PERSIANN بر حسب داده-های زمینی APHRODITE به تفکیک ماه‌های سال در کل منطقه ایران. (الف) ژانویه (ب) فوریه (پ) مارس (ت) آوریل (ث) می (ج) ژوئن (چ) جولای (ح) آگوست (خ) سپتامبر (د) اکتبر (ذ) نوامبر (ر) دسامبر. ۱۰۴
- شکل ۳۶ نمودارهای پراکندگی میانگین ماهانه بارندگی الگوریتم PERSIANN بر حسب داده های زمینی APHRODITE به تفکیک ماه های سال در کل منطقه ایران. (الف) ژانویه (ب) فوریه (پ) مارس (ت) آوریل (ث) می (ج) ژوئن (چ) جولای (ح) آگوست (خ) سپتامبر (د) اکتبر (ذ) نوامبر (ر) دسامبر. ۱۰۷
- شکل ۳۷ نمودارهای پراکندگی میانگین ماهانه بارندگی الگوریتم PERSIANN بر حسب داده های زمینی APHRODITE به تفکیک ماه های سال در ناحیه دریای خزر. (الف) ژانویه (ب) فوریه (پ) مارس (ت) آوریل (ث) می (ج) ژوئن (چ) جولای (ح) آگوست (خ) سپتامبر (د) اکتبر (ذ) نوامبر (ر) دسامبر. ۱۱۱
- شکل ۳۸ نقشه های توزیع مکانی میانگین فصلی بارش در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷. (ستون اول) الگوریتم PERSIANN (ستون دوم) داده زمینی APHRODITE (ستون سوم) اختلاف بین دو داده (PERSIANN-APHRODITE). ۱۱۴
- شکل ۳۹ نمودارهای پراکندگی میانگین فصلی (میلادی) بارندگی الگوریتم PERSIANN بر حسب داده های زمینی APHRODITE به تفکیک مربوط به کل کشور. (الف) فصل DJF ( زمستان ) (ب) MAM (بهار ) (پ) JJA (تابستان) (ت) SON (پاییز). ۱۱۹
- شکل ۴۰ نمودارهای پراکندگی میانگین فصلی (میلادی) بارندگی الگوریتم PERSIANN بر حسب داده های زمینی APHRODITE به تفکیک مربوط ناحیه کوه‌های زاگرس. (الف) فصل DJF ( زمستان ) (ب) MAM (بهار ) (پ) JJA (تابستان) (ت) SON (پاییز). ۱۲۲
- شکل ۴۱ نمودارهای پراکندگی میانگین فصلی (میلادی) بارندگی الگوریتم PERSIANN بر حسب داده های زمینی APHRODITE به تفکیک مربوط ناحیه دریای خزر. (الف) فصل DJF ( زمستان ) (ب) MAM (بهار ) (پ) JJA (تابستان) (ت) SON (پاییز). ۱۲۳
- شکل ۴۲ نقشه های توزیع بارش سالانه از سال ۲۰۰۱ (الف) تا ۲۰۰۷ (چ) بر حسب میلی متر بر روز در هر سال. (ستون اول) مشاهدات داده زمینی APHRODITE (ستون دوم) برآوردهای داده‌های PERSIANN (ستون سوم) اختلاف بین دو داده ماهواره‌ای و زمینی (PERSIANN-). ۱۳۱



. (APHRODITE)

- شکل ۴۳ مقایسه نمودارهای سری زمانی متوسط پهنه ای بارش سالانه برآوردهای PERSIANN و مشاهدات داده‌های زمینی APHRODITE از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ مربوط به سه ناحیه کل کشور بر حسب میلی متر بر روز (الف) کل کشور (ب) کوه‌های زاگرس (پ) ناحیه دریای خزر .
- شکل ۴۴ نقشه های توزیع بارش سالانه میانگین در دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ بر حسب میلی متر بر روز. (الف) داده زمینی APHRODITE (ب) برآوردهای ماهواره‌ای PERSIAN (ج) اختلاف داده ماهواره‌ای از زمینی (PERSIANN-APHRODITE) .
- شکل ۴۵ توزیع مکانی همبستگی زمانی میانگین بارش سالانه داده‌های زمینی و داده‌های PERSIANN از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ .



# فصل اول :

## کلیات

## ۱-۱ طرح مسئله

اندازه گیری دقیق بارندگی در مقیاس‌های مکانی و زمانی متنوع نه تنها برای پیش بینی وضع هوا و علوم اقلیمی، بلکه برای گستره وسیعی از مدیریت‌ها از جمله آب شناختی، کشاورزان، مدیریت‌های بحران، و صنعتگران دارای اهمیت بالایی است. پایش بارندگی اطلاعات مهمی درباره چرخه آب جهانی و توزیع گرمای نهان زمین که تاثیر مستقیمی بر گردش جو زمین سیاره زمین دارد، بدست می دهد[۱]. با این حال، در کاربردهای مذکور کمبود صحت دیدبانی‌های بارندگی در نواحی دور و کشورهای در حال توسعه جوامع را با چالش مهمی روبه رو کرده است[۲]. در بسیاری از کشورهای جهان سوم شبکه‌های دیدبانی زمینی به صورت پراکنده توزیع شده‌اند و تراکم توزیع آنها در نقاط مختلف متفاوت و در حال کاهش است. در نتیجه صحت داده‌های بارش نیز در حال کاهش و تعداد داده‌های از دست رفته رو به افزایش است[۳]. لذا پوشش داده‌های دیدبانی بارندگی در سطح زمین یکنواخت نیست. در نتیجه اطلاعات دقیقی از بارندگی در مناطق فاقد ایستگاه‌های زمینی نداریم. ابزار مرسوم و در عین حال ساده که برای اندازه گیری بارش ورودی به زمین به کار می رود باران سنج‌ها هستند که اندازه گیری‌های نسبتاً دقیقی از میزان و عمق بارش نقاط انجام می دهد. با این حال این ابزار دارای محدودیت‌هایی است. این ابزار اندازه گیری بارندگی را در نقاط خاص و مشخصی انجام می‌دهند در حالی که می دانیم بارندگی در سطح زمین هم با زمان و هم در مکان تغییر می کند. اگر چه تعداد بسیار زیادی از باران سنج‌ها در سراسر جهان وجود دارد ولی برای مشخص کردن باران ورودی به زمین کافی نیستند، در نتیجه بارندگی برای نواحی کوچک توسط شبکه ای از باران سنج‌ها می تواند با دقت بالایی اندازه گیری شود ولی این رویکرد برای نواحی بزرگ مقیاس و نواحی دور افتاده و کوهستان‌ها و اقیانوس‌ها عملی نیست[۲]. با شناسایی محدودیت‌های دیدبانی‌های زمینی، دانشمندان برای رسیدن به پایش کاملی از بارندگی تلاش کردند از ابزار سنجش از دور از جمله سنجنده‌های ماهواره‌ها به عنوان مکملی برای دیده‌بانی‌های زمینی و نه جایگزینی برای آنها، استفاده کنند. پیشرفت‌های اخیر تکنولوژی‌های سنجش از دور ماهواره‌ای پتانسیل جدیدی برای برآورد بهتر و دقیق‌تر بارندگی در نواحی که اندازه گیری‌ها و دیدبانی‌های زمینی محدود هستند، ایجاد کرده است[۴]. بنابراین شناسایی عملکرد ماهواره‌های مختلف در سنجش باران در کشوری مانند ایران ضروری است. در این تحقیق داده‌های الگوریتم ماهواره-ای PERSIANN که بر اساس ترکیب داده‌های چند ماهواره است، جهت دستیابی به پایش کاملتری از بارندگی در منطقه ایران ارزیابی می‌شود.



## ۲-۱ هدف تحقیق

### ۱-۲-۱ هدف کلی

هدف کلی این تحقیق رسیدن به پایش کاملتری از بارندگی در ایران از طریق بررسی و ارزیابی داده‌های الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN می باشد.

### ۲-۲-۱ هدف ویژه

در راستای رسیدن به هدف کلی در این تحقیق، از میان محصولات الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN، با قدرت تفکیک های زمانی و مکانی مختلف، عملکرد داده‌های با قدرت تفکیک زمانی ۳ ساعته و قدرت تفکیک مکانی  $0.25^\circ$  آن در برآورد بارش‌های روزانه، ماهانه، فصلی و سالانه از طریق مقایسه آن‌ها با داده‌های بارندگی ارزیابی شده است.

## ۳-۱ سوال های تحقیق

۱- چه تفاوتی بین داده‌های الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN و داده‌های ایستگاه های زمینی در پایش بارندگی وجود دارد؟

۲- عملکرد الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN در برآورد بارش ماهانه در ایران چگونه است؟

۳- عملکرد الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN در برآورد بارش فصلی در ایران چگونه است؟

۴- عملکرد الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN در برآورد بارش سالانه در ایران چگونه است؟

## ۴-۱ فرضیه های تحقیق

- داده‌های ماهواره‌ای PERSIANN تکمیل کننده داده‌های دیده بانی زمینی هستند.
- داده‌های ماهواره‌ای PERSIANN نمی‌توانند تکمیل کننده داده‌های دیدبانی زمینی باشند.
- الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN بالا برآورد است.
- الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN زیر برآورد است.
- الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN بارش های سنگین را به خوبی شناسایی و برآورد می‌کند.
- الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN بارش های کم را به خوبی شناسایی و برآورد می‌کند.





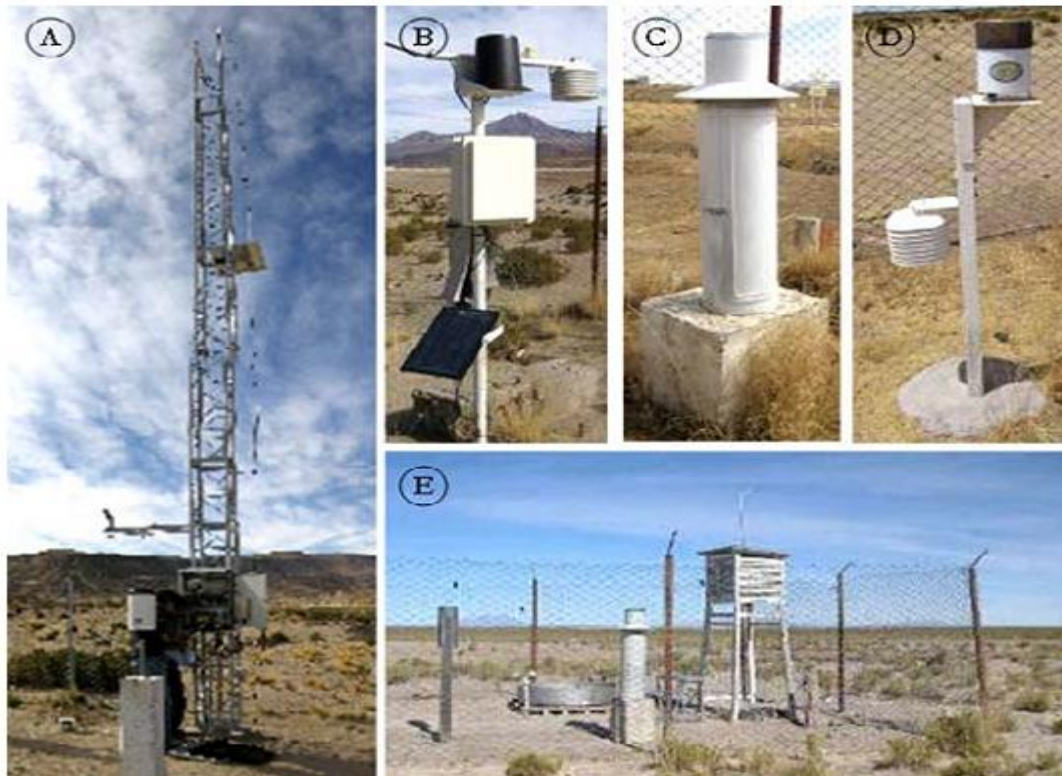
- الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN در فصل‌ها و ماه‌های خشک عملکرد دقیق‌تری دارد.
- الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN در فصل‌ها و ماه‌های تر عملکرد دقیق‌تری دارد.

# فصل دوم:

## مفاهیم و سوابق تحقیق

## ۱-۲ داده‌های باران سنجی

ابزار مرسوم و در عین حال ساده که برای اندازه‌گیری بارش ورودی به زمین به کار می‌رود باران سنج‌ها هستند که اندازه‌گیری‌های نسبتاً دقیقی از میزان و عمق بارش نقاط انجام می‌دهند. استفاده از این ابزار برای اندازه‌گیری باران با معایب زیادی همراه است ولی با این حال مطمئن‌ترین روش برای تعیین بارش در نقاط مختلف‌اند. اگر چه تعداد بسیار زیادی از باران سنج‌ها در سراسر جهان وجود دارد ولی برای مشخص کردن باران ورودی به زمین کافی نیستند، در نتیجه بارندگی برای نواحی کوچک توسط شبکه‌ای از باران سنج‌ها می‌تواند با دقت بالایی اندازه‌گیری شود ولی این رویکرد برای نواحی بزرگ مقیاس و نواحی دور افتاده و کوهستان‌ها و اقیانوس‌ها عملی نیست [۱].



شکل ۱- ایستگاه‌های باران سنجی [۱۹]

بزرگترین نقص این روش این است که این ابزار بارندگی را در نقاط خاص و مشخصی اندازه‌گیری می‌کنند. در حالی که می‌دانیم بارندگی در سطح زمین، هم با زمان و هم در مکان تغییر می‌کند. بنابراین با وجود شبکه مترامی از

باران‌سنج‌ها دستیابی به برآوردهای دقیقی از بارندگی مشکل است. علاوه بر این، ایجاد شبکه متراکمی از باران‌سنج‌ها که قادر به اندازه‌گیری تغییرپذیری بالای توزیع مکانی متغییر باران باشد، به صرفه و عملی نیست [۵].

## ۲-۲ مقدمه‌ای بر کاربرد ماهواره‌ها برای برآورد بارش

برآورد بارش با استفاده از ماهواره که دارای قدمت طولانی می‌باشد یکی از موضوع‌های تحقیقاتی مهم در زمینه هواشناسی ماهواره‌ای است. مشکل عمده همه روش‌ها ارتباط غیر مستقیم بین بارش روی زمین و سیگنال‌های اندازه‌گیری شده توسط ماهواره است، با این حال تحقیقات گوناگونی برای رفع این مشکل انجام گرفته است.

### ۲-۲-۱ سکوهاى سنجنده

در حال حاضر همه ماهواره‌های هواشناسی از ماهواره‌های زمین ایستا و یا از ماهواره‌های قطبی-مداری خورشید-آهنگ برای برآورد بارش استفاده می‌کنند. جدول ۱ ویژگی‌های ماهواره و سنجنده‌های رایج برای برآورد بارش را به طور خلاصه توضیح می‌دهد. ماهواره‌های زمین ایستا (مانند <sup>۱</sup>GOES, <sup>۲</sup>GMS, Meteosat) تصویربردارهای مرئی (VIS) و فروسرخ (IR)، که دارای قدرت تفکیک سطحی ۱ تا ۴ کیلومتر هستند، را حمل می‌کنند. همچنین، ماهواره‌های قطبی-مداری NOAA تصویربردارهای VIS/IR با قدرت تفکیک ۱ کیلومتر و تعدادی از ماهواره‌های قطبی مداری برنامه ماهواره هواشناسی دفاعی (DMSP<sup>۳</sup>)، سنجنده ویژه تصویردار میکروموجی (SSM/I<sup>۴</sup>)، که دارای قدرت تفکیکی از مرتبه ۱۰ کیلومتر می‌باشد، را حمل می‌کنند. ماهواره‌های زمین ایستا قادر به تولید تصاویر متوالی با قدرت تفکیک‌های زمانی بالا (ساعتی و بهتر) از نواحی که تحت میدان دید خود دارد، هستند. در حالی که ماهواره‌های قطبی-مداری دو بار در روز کره زمین را پایش می‌کنند. به علاوه، چون قطبی-مداری‌ها در مدار زمینی پایینی پرواز می‌کنند، به کارگیری تصویربردارهای میکروموجی روی این نوع از سکوها مناسب‌تر است [۶].

جدول ۱: سنجنده‌های عملیاتی رایج برای برآورد بارش تا نوامبر سال ۱۹۹۵ [۶]

<sup>۱</sup> Geosynchronous satellite

<sup>۲</sup> Geostationary Meteorological Satellite

<sup>۳</sup> Defense Meteorological Satellite Program

<sup>۴</sup> Special Sensor Microwave Imager