

دکتر بهروز ساری صراف<sup>۱</sup> - دکتر سعید جهانبخش اصل<sup>۲</sup>  
دکتر احمد فاخری فرد<sup>۳</sup> - مهرناز قره‌باغی<sup>۴</sup>

## طبقه بندی محدوده‌های آگروتوپو کلیماتیک حوضه‌های آبریز رودخانه ارس و دریاچه ارومیه با استفاده از عناصر رطوبت و بارندگی

### چکیده:

در این مطالعه اثرات آب و هوایی ناشی از توپوگرافی محلی و کاربرد  
مدلهای خطی و غیرخطی در مطالعه آب و هوای حوضه‌های آبریز رودخانه ارس  
و دریاچه ارومیه توأمآ مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج این پژوهش با تحلیل

- 
- ۱- گروه جغرافیای طبیعی دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.
  - ۲- گروه جغرافیای طبیعی دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.
  - ۳- گروه مهندسی آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
  - ۴- مرکز پژوهش‌های جغرافیایی دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.

عنصر رطوبت و بارندگی، میزان همبستگی هر یک از عنصر اقلیمی را با عوامل جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع) در منطقه مطالعاتی به صورت نمودار نشان داده و تغییرات ماکرو و میکروناشی از توزیع عمودی عناصر آگروکلیمایی فوق را در نواحی کوهستانی مشخص کرده و شرایط لازم برای تعیین و ترسیم ساختار عمودی محدوده «آگرو توپوکلیماتیک» و طبقه‌بندی آب و هوای کشاورزی را فراهم نموده است.

واژه‌های کلیدی: آگروتوپوکلیماتیک، تأثیر آب و هوایی میکروتوپوگرافی، طبقه‌بندی آب و هوایی.

#### مقدمه:

یکی از عوامل مهم و تعیین کننده در زندگی انسان «آب و هوا» است. از این رو جغرافیدانان همواره به عنوان یکی از اجزای اصلی چشم انداز جغرافیایی\بدان نگریسته و مطالعه ویژگیهای آب و هوا را بصورت علمی دنبال کرده‌اند تا جایی که امروزه آب و هواشناسی بصورت یک رشته کاملاً مجزا و علمی درآمده است. در واقع آب و هواشناسی، کیفیت و عوامل پدید آورنده آب و هوا را توصیف و بیان می‌کند (علیخانی، کاویانی، ۱۳۷۱).

برای مطالعه دقیق آب و هوای یک مکان و متمایز ساختن آن از آب و هوای مکانهای مجاور، به جهت برنامه‌ریزی در شاخه‌های مختلف کشاورزی و اتخاذ روشهای مناسب از جمله انتخاب گونه‌های زراعی و گزینش تکنیک‌های مناسب با اقلیم و عوامل طبیعی منطقه، ضرورت طبقه‌بندی احساس می‌شود. تقسیم بندی‌های آب و هوایی بطور کلی به سه طریق توصیفی، ژنتیکی و کاربردی صورت می‌گیرد (علیخانی، کاویانی، ۱۳۷۱).

در تقسیم بندی توصیفی، نواحی که در یک یا چندین ویژگی مشابه باشند در یک گروه قرار می گیرند. در تقسیم بندی ژنتیکی، مناطق آب و هوایی براساس عوامل پدید آورنده آنها تعیین می شوند. اما دیدگاه تقسیم بندی کاربردی درست در جهت عکس است؛ یعنی آب و هوا را براساس آثار ظاهری آن بر روی پدیده های دیگر تقسیم می کنند. از این رو طبقه بندی محدوده آگروتوپوکلیماتیک نیز متأثر از نگرش تقسیم بندی کاربردی در طبقه بندی های اقلیمی است.

از دانشمندانی است که زمینه ناحیه بندی اقلیمی از «روش آگروتوپوکلیما» استفاده نموده و تحقیقات و پژوهش های متعددی را به انجام رسانیده اند، می توان از پروفسور کیو- لو، پروفسور جی- یو و پرفسوری- فو نام برد. کیو- لو در سال ۱۹۸۴ تحقیقی را با عنوان طبقه بندی آگروکلیمایی براساس توزیع عمودی حرارت در نواحی کوهستانی در رودخانه «یانگ تسه» و همچنین در سال ۱۹۸۵ پژوهشی را با عنوان «طبقه بندی نواحی حرارتی براساس زیانهای ناشی از افت دما در مرکبات مناطق کوهستانی چین» منتشر ساخت. با عنایت به تحقیقات و متدهای پروفسور لو، مطالعه حاضر در حوضه های آبریز رودخانه ارس و دریاچه ارومیه صورت پذیرفته است (لو، ۱۹۸۴).

### مواد و روشها:

مطالعه آب و هوای حوضه های ارس و دریاچه ارومیه با استفاده از روش محاسباتی «آگروتوپوکلیما»، داده های مربوط به عناصر رطوبت و بارندگی در ۱۴ ایستگاه سینوپتیکی از جمله اهر، اردبیل، جلفا، خوی، ماکو، مهاباد، ارومیه، مراغه، پارس آباد مغان، سراب، پیرانشهر، سردشت، تبریز و تکاب را در بر می گیرد. شکل ۱ (الف و ب) موقعیت ایستگاههای مذکور را در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد (ساری صراف، ۱۳۷۷).

داده‌های اخذ شده از ایستگاههای هواشناسی، میانگین رطوبت نسبی سالانه و میانگین بارش سالانه در طی سالهای ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۶ می‌باشد. محاسبه میانگین عناصر رطوبت نسبی و بارش سالانه با استفاده از «روش آگروتوپوکلیما» در برنامه آماری SPSS کامپیوتر تحت سیستم Windows انجام یافته است (ابریشمی، محمدی، ۱۳۷۴).

برای محاسبه میانگین رطوبت نسبی ماهانه یا سالانه و میانگین بارش فصلی یا سالانه از معادله های شماره ۱، ۲ استفاده شده است.

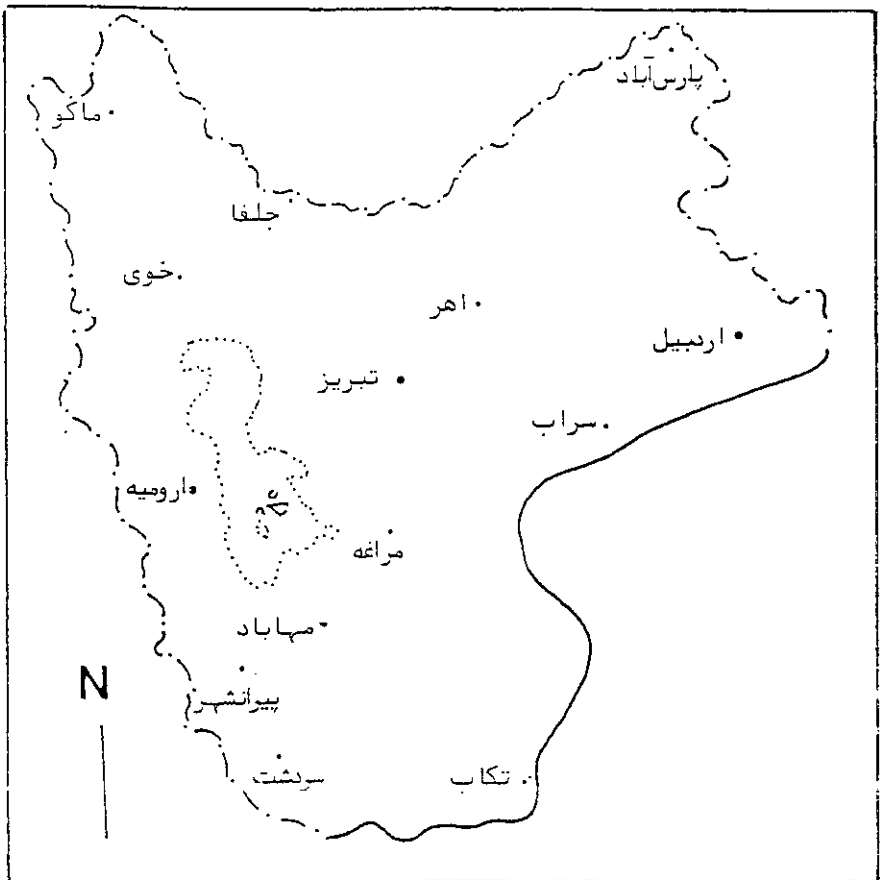
$$R = (a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i) + (b_1 + b_2 Z)Z + \Delta R_m \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$P = (a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i) + (b_1 + b_2 Z)Z + \Delta P_m \quad \dots\dots\dots (2)$$

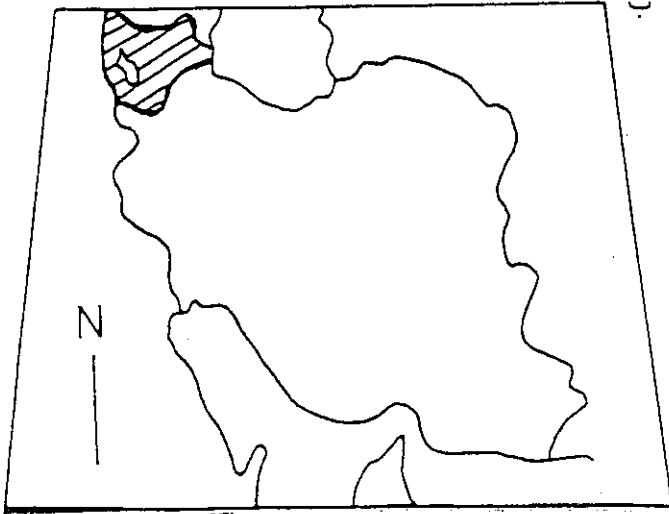
در معادله های ۱، ۲  $a_0$  ثابت معادله و  $a_i$  ضریب همبستگی جزئی عوامل جغرافیایی (ضریب دگرسیون جزئی) است. « $b_2, b_1, a_i, a_0$ » ثابتهای تجربی هستند. تعیین مقدار  $n$  بسته به توزیع افقی عناصر در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. جدول شماره ۱، مقادیر ثابتهای تجربی را در معادلات محاسباتی مؤلفه‌های «آگروکلیمایی» (رطوبت نسبی و بارش) منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

در معادله ۱، ۲ با استفاده از معادله رگرسیون غیرخطی با سه متغیر (عوامل جغرافیایی)  $X_1 = \lambda$  (طول جغرافیایی به درجه) و  $X_2 = \phi$  (عرض جغرافیایی به درجه) و  $X_3 = Z$  (ارتفاع به درصد) محاسبه شده اند. پارامترهای  $\Delta P_m$  و  $\Delta R_m$  بترتیب اثرات میکروتوپوگرافی هستند که به عناصر آب و هوایی در منطقه مورد مطالعه مربوط می‌شوند (لو و همکاران، ۱۹۸۸).

برای گروه بندی ایستگاهها بر مبنای عناصر رطوبت و بارش، از برنامه خوشه بندی سلسله مراتبی در spss استفاده شده است و گزینه دندوگرام (Dendrogram) نموداری از مشاهدات ترکیبی و مقادیر ضرایب خوشه بندی را در هر خوشه نشان می دهد.



شکل ۱ (الف) نقشه موقت ایستگاههای مورد بررسی (مأخذ: ساری صراف، ۱۳۷۷).



شکل ۱ (ب) نقشه موقت ایستگاههای مورد بررسی (مأخذ: ساری صراف، ۱۳۷۷).

جدول شماره ۱: ثابتهای تجربی در معادلات ۲،۱ با استفاده از مدل رگرسیون غیرخطی برای ارزیابی عناصر آگروکلیمایی (رطوبت نسبی و بارش) ایستگاههای سینوپتیکی منطقه مطالعاتی

E.C. ثابتهای تجربی	R میانگین رطوبت نسبی سالانه	P میانگین بارش سالانه
a <sub>0</sub>	-۱۵۱/۴۳۹	۵۵۱۸/۷۹۰
a <sub>1</sub>	۲/۵۴۰	-۲۶/۹۰۳
a <sub>2</sub>	۱/۵۲۴	-۱۰۰/۸۶۴
b <sub>1</sub>	۰/۳۰۰	-۳۶/۰۸۳
b <sub>2</sub>	۰/۰۰۷	۱/۹۲

### رده بندی مشاهدات:

منظور از رده بندی، تقسیم مشاهدات به گروههای متجانس است؛ به گونه‌ای که مشاهدات هر گروه به یکدیگر شبیه باشند و مشاهدات گروههای مختلف نسبت به یکدیگر کمترین شباهت را داشته باشند.

### خوشه بندی سلسله مراتبی:

به منظور گروه بندی ایستگاههای منتخب مطالعاتی بر مبنای عناصر رطوبت و بارش و ارائه آنها در یک نمودار، به نام دندوگرام، از روشهای حرفه‌ای آماری، یعنی رده‌بندی مشاهدات، استفاده گردیده و گروه‌بندی عناصر آب و هوایی ایستگاههای متجانس منطقه مطالعاتی، با استفاده از متدهای مختلف خوشه بندی، از جمله روش (Ward)، در نمودار دندوگرام (شکل ۱۰) نشان داده شده است (مقدم و همکاران، ۱۳۷۳).

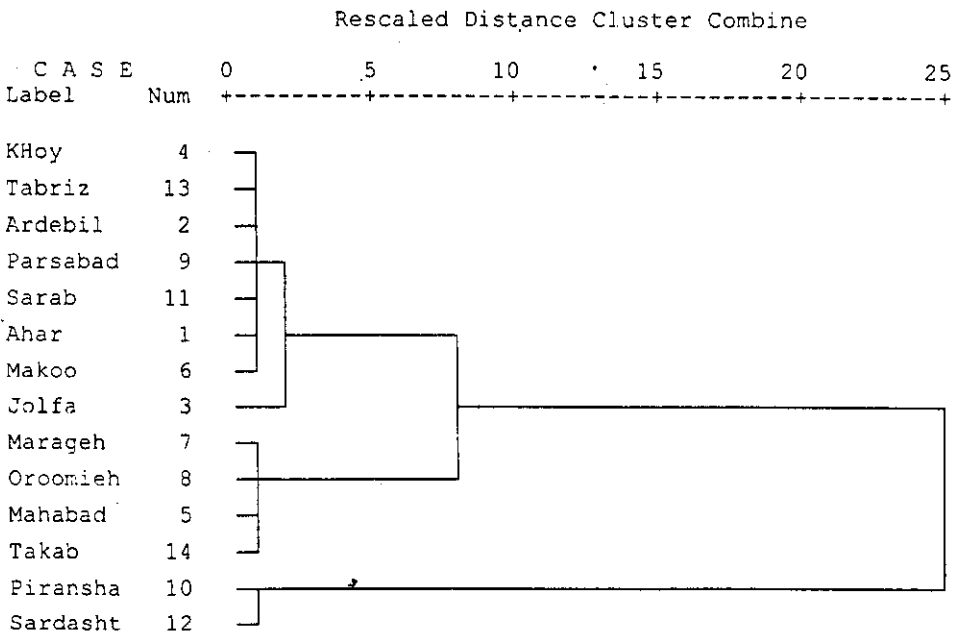
استفاده از روش (Ward) تحت فاصله اتصال برابر ۲، چهار گروه با مشاهدات (۱۳،۴)، (۹،۲)، (۱۱،۱)، (۶،۱)، (۳)، (۷،۸،۵،۱۴) و (۱۰،۱۲) را نشان می‌دهد و کلیه ایستگاهها تحت فاصله حداکثر ۲۵ در یک کلاستر قرار می‌گیرند.

علت انتخاب فاصله مشخص شده، بررسی و مطالعات لازم از توزیع عمودی عناصر رطوبت نسبی و بارش در ایستگاههای مشاهداتی می‌باشد. ایستگاههای مشاهداتی از لحاظ توزیع عمودی عناصر اقلیمی تحت فاصله معین شده، همگنی لازم را با سایر ایستگاهها در نمودار دندوگرام نشان می‌دهند. هر چقدر میزان فاصله بیشتر باشد، همگنی ایستگاههای مشاهداتی کمتر خواهد بود چنانکه در نهایت در یک کلاستر قرار می‌گیرند و بالعکس هر چقدر میزان فاصله کمتر باشد، تعداد کلاسترها بیشتر می‌شود؛ در نتیجه تعیین مناسبترین فاصله برای

طبقه بندی ایستگاههای مشاهداتی، نیاز به بررسی و مطالعه کافی از ایستگاههای منطقه مطالعاتی دارد.

\*\*\*\*\* H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S

Dendrogram using Ward Method



شکل شماره ۱۰ دندوگرام عناصر رطوبت نسبی و بارش حاصل از روش Ward



### رطوبت هوا (Air humidity)

«به مقدار آبی که به صورت بخار در هوا وجود دارد، رطوبت گفته می‌شود». وجود بخار آب در اتمسفر نتیجه انتقال آب از سطوح مرطوب به هواست که منبع اصلی آن سطوح مرطوب و گیاهان در سطح زمین می‌باشد. زمانیکه انرژی جنبشی مولکولها در سطح آب، زیاد شود، مولکولهای آب از مایع جدا شده و بصورت بخار وارد هوا می‌شوند. یکی از علل افزایش انرژی جنبشی مولکولی آب، درجه حرارت است. بنابراین، هر چه درجه حرارت افزایش یابد، مقدار تبخیر نیز زیاد می‌شود. در مواقع بخار آب، یکی از مهم‌ترین اجزای تشکیل دهنده اتمسفر به حساب می‌آید. بخار آب بخش ناچیزی از اتمسفر را شامل می‌شود و مقدار آن بین صفر تا ۴ درصد حجمی می‌باشد. هر چه مقدار بخار آب در هوا زیاد باشد، فشار بخار نیز متعاقباً زیاد خواهد بود. ولی هوا در یک درجه حرارت مشخص نمی‌تواند بیشتر از حد معینی بخار آب را در خود نگه دارد. این حالت را اصطلاحاً حالت اشباع و فشار بخار در این وضعیت را فشار بخار اشباع گویند (علیزاده، ۱۳۶۸).

این عامل جوئی اثرات بسیار مهمی در بیان حرارتی و رطوبتی دارد و تکمیل کننده چرخه هیدرولوژی در طبیعت می‌باشد. مانند درجه حرارت، مقدار رطوبت هوا نیز در تابستان حداکثر و در زمستان حداقل است. کاهش فشار هوا در اثر افزایش ارتفاع مهم‌ترین اثر پستی و بلندی است. بطور معمول، هر چه به سمت بالا و هوای رقیق حرکت کنیم، فشار هوا کاهش می‌یابد و هوای رقیق کوهستانهای مرتفع، سرعت تبخیر گیاهان را افزایش می‌دهد که این امر نیز متأسفانه، رشد آنها را محدود می‌کند. در ارتفاعات بسیار بالا خصوصاً از ارتفاع ۳۵۰۰ متر و بالاتر، در نتیجه فشار پایین هوا مشکلات فیزیولوژیکی و غیره، پدید

می‌آید و با وجود شرایط مناسب برای برخی از گیاهان سازگار با شرایط مزبور، فعالیت‌های کشاورزی مختل می‌گردد.

بطور کلی میزان بخار آب در یک منطقه، به سطوح مرطوب، گیاهان و شرایط فیزیکی توده هواهای مهاجم بستگی دارد؛ بعنوان مثال، در منطقه مطالعاتی، توده‌های خزری، قادر به انتقال بخار آب زیادی به دشت مغان بوده، تغییرات بسیار عمده و مهمی را در رژیم حرارتی و رطوبتی منطقه باعث می‌شوند. با توجه به اینکه مناطق کوهستانی مرتفع، در مسیر این گونه توده هواهای مرطوب قرار دارند، بخار آب کمتری به منطقه نفوذ کرده، اثرات جزئی‌تری را بر آب و هوای منطقه می‌گذارد (دهقانیان و همکاران، ۱۳۷۴).

برای مقایسه رطوبت هوا در مناطق مختلف حوضه‌های آبریز رودخانه ارس و دریاچه ارومیه از دو عامل فشار بخار آب و رطوبت نسبی استفاده شده است.

#### محاسبه میانگین رطوبت نسبی سالانه (%R)

رطوبت نسبی عبارت از «نسبت مقدار رطوبت موجود در هر واحد حجم هوا، به حداکثر رطوبتی که هوا می‌تواند در همان درجه حرارت داشته باشد». رطوبت نسبی غالباً برحسب درصد توصیف می‌شود.

در بین اثرات مفید احتمالی رطوبت زیاد آتمسفری بر روی رشد گیاه، دو مورد دارای اهمیت بیشتری است. یکی اینکه گیاه می‌تواند تا حدود زیادی رطوبت را از هوای اشباع شده اطراف جذب کند. دوم اینکه رطوبت بر عمل فتوسنتز گیاه تأثیر می‌گذارد. بسیاری از گیاهان در شرایط رطوبت بالای آتمسفری بخوبی رشد می‌کنند، زیرا غالباً هوای اشباع بطور کامل از تعرق جلوگیری می‌کند. زمانیکه آتمسفر از رطوبت کاملاً اشباع باشد، آب به شکل باران، شبنم،

برف و غیره شروع به متراکم شدن می کند. در چنین شرایطی هوا نمی تواند رطوبت بیشتری را بپذیرد و سرعت تبخیر یا تعرق ناچیز می شود. زمانیکه هوا خشک است، شرایط عکس برقرار است. مسلماً عواملی از قبیل بارندگی، تبخیر از خاک و تعرق از گیاهان باعث افزایش رطوبت هوا می شوند. شاید به همین دلیل باشد که بسیاری از گیاهان در سایه درختان تنومند بخوبی رشد می کنند.

در جدول شماره ۲، با استفاده از مدل رگرسیون غیرخطی محاسبه میانگین سالانه رطوبت نسبی با سه متغیر جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع) در ایستگاههای منتخب محدوده مطالعاتی ارائه شده است این جدول میزان ضریب همبستگی را با سه متغیر مذکور به مقدار  $R=0/67$  نشان می دهد، که معنی دار است.

با توجه به اینکه مناطق گرمسیری حوضه های مذکور، عمدتاً تحت تأثیر هجوم توده هواهای مرطوب دریای خزر قرار دارند، از بخار آب بیشتری برخوردار هستند. میانگین رطوبت نسبی سالیانه هوا در کل منطقه بین ۵۰ تا ۷۵ درصد است. از نظر بخار آب می توان مناطق گرم آذربایجان را مرطوب و مناطق سرد را خشک به حساب آورد. کمترین میزان میانگین رطوبت نسبی سالانه، مربوط به ایستگاه مطالعاتی مراغه به مقدار  $50/54$  درصد و بالاترین میزان آن مربوط به ایستگاه مطالعاتی اردبیل به مقدار  $74/78$  درصد می باشد.

در شکل شماره ۲، نوع منحنی برازش داده شده بین میانگین رطوبت نسبی سالانه با طول جغرافیایی در منطقه مطالعاتی با ضریب همبستگی  $R=0/83$  بصورت کاملاً معنی دار مشاهده می شود. این نمودار در واقع نوع منحنی برازش شده را به حالت نمایی در مدل درجه دوم و با روند صعودی نسبت به افزایش طول جغرافیایی نشان می دهد. در منطقه مطالعاتی کمترین درجه طول جغرافیایی

(۴۴°۲۶') به ایستگاه مطالعاتی اردبیل تعلق دارد. با توجه به موقعیت دریاچه خزر در شمال شرقی و اثرات افزایش بخار آب در رژیم حرارتی و رطوبتی مناطق مجاور دریاچه، نتیجه می‌گیریم که هر چه از طرف غرب منطقه مطالعاتی به شرق منطقه پیش برویم بر میزان رطوبت نسبی هوا افزوده می‌شود.

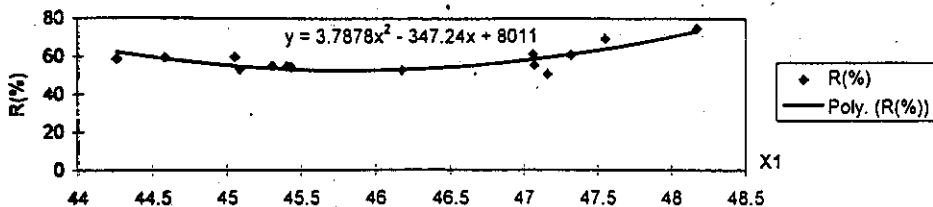
در شکل شماره ۳، ضریب همبستگی بین مقادیر میانگین رطوبت نسبی سالانه با عرض جغرافیایی برای ایستگاههای منطقه مطالعاتی به میزان  $R=0/51$  است که معنی دار نیست.

شکل شماره ۴، روند کاهش میانگین رطوبت نسبی را با ارتفاع نشان می‌دهد. میزان ضریب همبستگی  $R=0/43$  است که معنی دار نمی‌باشد (شکل ۴ الف) در این نمودار، ایستگاه اردبیل که بصورت نقطه پرت مشخص شده، نوعی ناهمگنی با سایر ایستگاهها نشان می‌دهد. اگر ایستگاه مزبور در نمودار حذف شود، میزان ضریب همبستگی به مقدار  $R=0/6$  افزایش یافته، معنی دار می‌شود (شکل ۴ ب).

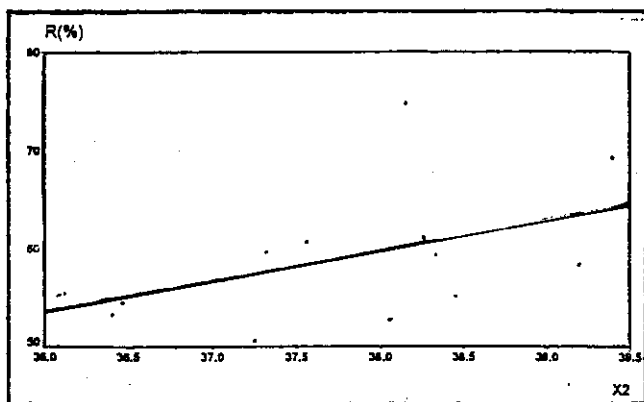
شکل شماره ۵، اثر میکروتوپوگرافی را بر روی میانگین رطوبت نسبی سالانه ایستگاههای منتخب محدوده مطالعاتی نشان می‌دهد. ایستگاههای پیرانشهر، پارس آباد سراب و ماکو دارای کمترین اثر میکروتوپوگرافی و ایستگاههای اردبیل، مراغه، تبریز و جلفا بیشترین اثر میکروتوپوگرافی را بر روی رطوبت نسبی دارند.

جدول شماره ۲: محاسبه میانگین رطوبت نسبی سالانه با استفاده از مدل رگرسیون غیرخطی برای ایستگاههای سینوتیکی منطقه مطالعاتی

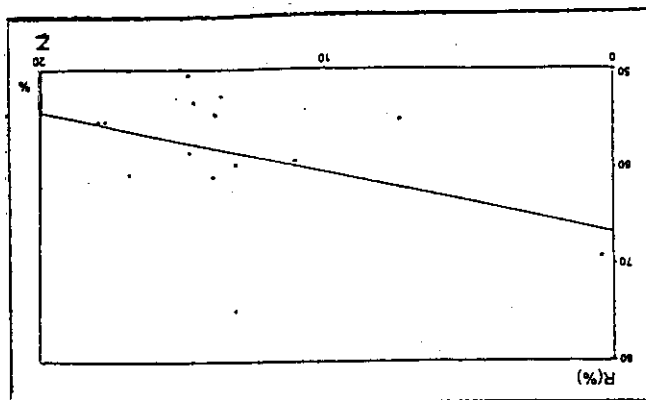
ردیف	نام ایستگاه	$X_1$ طول جغرافیایی	$X_2$ عرض جغرافیایی	Z ارتفاع	R میانگین رطوبت نسبی سالانه	$\hat{R}$ برآورد میانگین رطوبت نسبی سالانه	$\Delta R_M$ اثر میکروورگراس
۱	اهر	۴۷° ۰۶'	۳۸° ۲۶'	۱۳۹۱	%۶۱	%۶۳	-۲
۲	اردبیل	۴۸° ۱۷'	۳۸° ۱۵'	۱۳۱۲	%۷۳/۸	%۶۴	۱۰/۸۰
۳	جلقا	۴۵° ۴۰'	۳۸° ۴۵'	۷۳۶	%۵۵/۰۹	%۶۰	-۲/۹۱
۴	خوی	۴۴° ۵۸'	۳۸° ۳۳'	۱۱۰۸	%۵۹/۳۶	%۵۷	۲/۳۶
۵	مهاباد	۴۵° ۴۳'	۳۶° ۴۶'	۱۳۸۵	%۵۲/۲۵	%۵۳	۱/۲۵
۶	ماکو	۴۴° ۲۶'	۳۹° ۲۰'	۱۳۷۰	%۵۸/۲۵	%۵۷	۱/۲۵
۷	مراغه	۴۷° ۱۶'	۳۷° ۲۴'	۱۳۷۶	%۵۰/۵۲	%۵۹	-۸/۲۶
۸	ارومیه	۴۵° ۰۵'	۳۷° ۲۲'	۱۳۱۳	%۵۹/۷۲	%۵۶	۳/۷۲
۹	پارس آباد	۴۷° ۵۵'	۳۹° ۳۹'	۲۵	%۶۹/۲۷	%۶۸	۱/۲۷
۱۰	بیرانشهر	۴۵° ۰۸'	۳۶° ۴۰'	۱۳۵۵	%۵۳/۲۷	%۵۳	۰/۲۷
۱۱	سراب	۴۷° ۳۲'	۳۷° ۵۶'	۱۶۸۲	%۶۰/۷۰	%۵۹	۱/۷۰
۱۲	سردشت	۴۵° ۳۰'	۳۶° ۰۹'	۱۷۸۹	%۵۳/۲۷	%۵۳	۰/۲۷
۱۳	توریز	۴۶° ۱۷'	۳۸° ۰۵'	۱۳۶۱	%۵۲/۲۷	%۶۰	-۷/۳۳
۱۴	تکاب	۴۷° ۰۷'	۳۶° ۰۸'	۱۷۶۵	%۵۵/۲۷	%۵۸	۲/۳۳



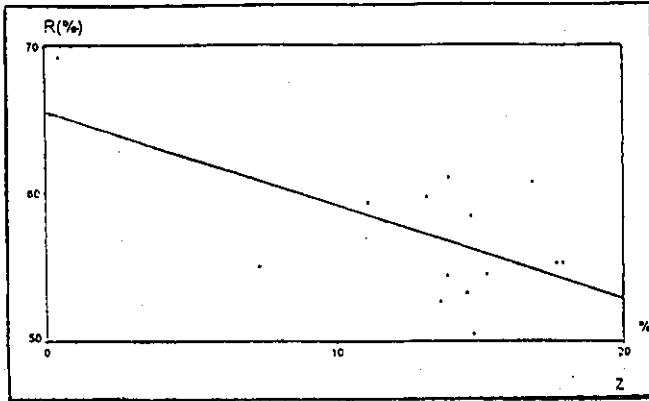
شکل شماره ۲ - رابطه غیر خطی بین مقادیر میانگین رطوبت نسبی سالانه با طول جغرافیایی



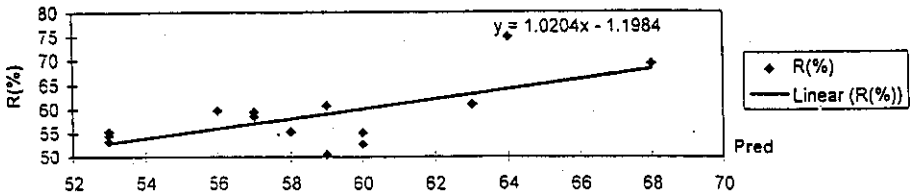
شکل شماره ۳ - رابطه بین میانگین رطوبت نسبی سالانه با طول جغرافیایی ایستگاههای سینویتیکی



شکل شماره ۴ (الف) - رابطه بین میانگین رطوبت نسبی سالانه با ارتفاع ایستگاههای سینویتیکی



شکل شماره ۴ (ب) - رابطه بین میانگین رطوبت نسبی سالانه با ارتفاع (با حذف ایستگاه اردبیل)



شکل شماره ۵ - تطابق مقادیر مشاهداتی و محاسباتی میانگین رطوبت نسبی سالانه (اثر میکروتوپوگرافی)

### ریزشهای جوی (Precipitation)

برای وقوع بارندگی، وجود هوای مرطوب و عامل صعود لازم است. در منطقه مطالعاتی، دریاچه‌ها یا رودهای داخلی در حدی نیستند که بتوانند رطوبت لازم برای ایجاد بارش نواحی مجاور خود را تأمین کنند. این منابع بیشتر بصورت محلی اند و در تغییر مقدار رطوبت نسبی و مطلق هوا اثر دارند. در نتیجه منطقه مطالعاتی در قسمت شمال شرقی و جنوب غربی بترتیب تحت تأثیر رطوبت

دریای خزر و دریاچه ارومیه است ولی عمدتاً، رطوبت لازم برای بارشهای منطقه از منابع بخار آب دریای مدیترانه تحت قلمروبادهای غربی تأمین می‌گردد.

تحلیل شرایطی که باعث صعود هوا می‌شود در تعیین نوع بارندگی اهمیت ویژه‌ای دارد. در منطقه مورد مطالعه انواع بارندگی بشرح زیر وجود دارد:

بارشهای جابجائی: نوع بارش، به نوع صعود هوا یا مکانیزم برخورد دو توده هوا با خواص فیزیکی متفاوت بستگی دارد. در صورتیکه هوای در حال صعود از بخار آب کافی برخوردار باشد، ابرها ظاهر می‌گردند. توسعه اینگونه ابرها که از حرکت عمودی هوا در روزهای گرم بهاری حاصل می‌شوند، در صورتیکه به بارش منتهی شود، آن را بارشهای جابجائی یا کنوکسیون می‌نامند. اینگونه بارشها که نتیجه تشکیل ابرهای کومولوس می‌باشند، بطور موضعی عمل کرده، رگبارهای بهاری را در حوضه‌های آبریز رودخانه ارس و دریاچه ارومیه باعث می‌گردند و از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

با توجه به اینکه رشته کوههای سهند و سبلان، دنباله، رشته کوههای زاگرس در شمالغرب ایران، در مسیر حرکت توده‌های باران زا قرار گرفته‌اند، بارشهای نوع اروگرافیک و یا کوهستانی در منطقه مطالعاتی از اهمیت خاصی برخوردارند، از همه مهم‌تر، در اکثر نقاط منطقه مطالعاتی بارانهای فراوان بهاری (که به بارانهای نیشان موسوم‌اند) در نتیجه شرایط همرفت دامنه‌ای (ناشی از تابش عمودی آفتاب بر دامنه‌ها) و گرمتر شدن منطقه نسبت به آتمسفر مجاور حاصل می‌شوند. در واقع هسته بیشینه بارش بهاره بر عکس فصول دیگر سال، در آذربایجان قرار دارد و در همه ایستگاههای آذربایجان بارش بهاره ناشی از صعود همرفتی بیشتر از ۱۰۰ میلی‌متر می‌باشد. بیشینه بارش در منطقه مطالعاتی از



جنوب کوههای بزغوش و غرب دریاچه ارومیه گذشته و تا قسمت جنوب امتداد می یابد.

به علت سرد شدن هوای مرطوب در ارتفاعات، بویژه در مناطق کوهستانی سهند و سبلان، بارشهای سنگین بصورت برف می بارد و در هر صورت قسمت عمده بارشهای منطقه را بارشهای اروگرافیکی تشکیل می دهد. یکی دیگر از انواع بارش در این منطقه، بارشهای جبهه ای است. زمانیکه توده های هوا با دماهای مختلف با هم برخورد می کنند در محل برخورد، جبهه هوا را به وجود می آورند. جبهه ها اگر چه دارای انواع زیادی هستند، اما مهم ترین آنها که منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار می دهند، دو نوع اند:

الف- جبهه هوای گرم که از برخورد هوای گرم مهاجم و هوای سرد منطقه بوجود می آید این شرایط، صعود هوا را در محل برخورد فراهم ساخته و باعث پیدایش ابرهای پوششی از نوع استراتوس می گردد. با توجه به اینکه ابرهای استراتوس از گستردگی وسیعی برخوردارند، می توانند مناطق عمده آذربایجان را در بر گرفته، بارشهای سبک ولی پایداری را ایجاد کنند، بطور کلی در ماههای پائیز، زمستان و بهار ۴۰ مرکز فشار در قسمتهای مختلف ایران بوجود آمده، سبب ریزش باران و برف می شود. از این تعداد بطور متوسط ۱۲ مرکز کم فشار از آذربایجان می گذرد. مراکز کم فشار یا سیکلونها در ماههای زمستان بسیار فعال اند؛ بطوریکه بیشترین بارشها را باعث می شوند از این نظر حداکثر بارش ماهانه بر ماههای زمستان منطبق است.

ب- جبهه هوای سرد از برخورد هوای سرد مهاجم با هوای گرم منطقه بوجود می آید. این برخورد باعث پیدایش ابرهای کومولوس شده، در صورتیکه دارای ضخامت مناسبی باشند، رگبارهای شدید را بوجود می آورند.

جبهه‌های سرد در روزهای نسبتاً گرم یا معتدل زمستان می‌توانند بارشهای شدیدی را بوجود آورند. بارشها معمولاً در مناطق کوهستانی بصورت برف و در دشتهای بصورت باران اتفاق می‌افتند. یکی از مکانیزم‌های بسیار پیچیده بارشهای منطقه مطالعاتی، اثر تشدید کنندگی ارتفاعات این منطقه بر سیکلونها می‌باشد، به طوری که تفکیک بارشهای اروگرافیکی از بارشهای جبهه‌ای را دشوار می‌سازد با این حال می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بارشهای این منطقه عمدتاً از دو نوع مذکورند.

### - بارشهای فصلی

میزان و درصد بارشهای فصلی در زیر حوضه‌های مختلف در جدول شماره ۳، ارائه شده است. از نظر توزیع بارشهای فصلی در شمال منطقه مطالعاتی یا حوضه ارس، جریان غالب هوا در امتداد شرق به غرب رانده شده، در نواحی نزدیک خزر یا انتهای حوضه قره‌سو (دره رود) و شعبه‌های آن و ناحیه اهر و ورزقان کانون پربارشی را بوجود می‌آورد. در این نواحی گاه منحنیهای بارندگی تا ۶۰۰ میلی‌متر را نیز نشان داده‌اند. بدیهی است دشت مغان به سبب موقعیت جغرافیایی خود که با ارتفاعاتی از سواحل خزر جدا می‌شود از جریانهای باران زای کمتری بهره‌مند می‌شود.

مقدار بارش حوضه قسمت جنوبی منطقه مطالعاتی در مقایسه با قسمت شمالی آن و نیز مقدار بارش حوضه دریاچه ارومیه و اطراف آن نسبت به حوضه ارس بیشتر است. کمترین میزان بارش مربوط به سطح دریاچه است که در اطراف دریاچه، در تمام امتدادها با افزایش ارتفاع، بارش نیز افزایش می‌یابد. افزایش بارش در ناحیه شرقی و غربی و جنوبی دریاچه قابل بررسی است (موحد دانش، ۱۳۷۳).

بطور کلی فصل بهار به لحاظ ورود سیکلونهای مدیترانه‌ای باران‌زا در بستر بادهای غربی، پربارش‌ترین فصل سال می‌باشد و کمترین میزان بارندگی در فصل تابستان به لحاظ حاکمیت شرایط خشکی (پرفشار حاره) بوقوع می‌پیوندد. متوسط درصد بارش در منطقه مورد مطالعه در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان، به ترتیب ۲۶،۵،۴۰ و ۲۸ می‌باشد. یکی از خصوصیات بارش در منطقه مطالعاتی، میزان بارش زیاد در فصل بهار است که از نظر دیمکاری گیاهان زراعی حائز اهمیت است. گرچه بارشهای زمستانه در این نواحی درصد کمتری از بارشهای سالیانه را نسبت به فصل بهار در بر می‌گیرد ولی پایین بودن درجه حرارت هوا و نیز نوع بارش که معمولاً بصورت برف است، بهترین شرایط را برای ذخیره نمودن رطوبت در این مناطق فراهم می‌سازد و محیط خاک را از نظر رطوبتی بسیار مساعد می‌کند (وزارت کشاورزی ۱۳۷۲).

جدول شماره ۳: میزان و حجم بارش در منطقه مطالعاتی به تفکیک زیرحوضه

حجم بارش (Mm3)	متوسط بارش (mm)	مساحت (Km2)	زیر حوضه
۲۲۰۷/۱۶	۳۶۵	۶۰۳۷	A <sub>۱</sub>
۳۳۰۸/۳۷	۳۹۸	۸۵۶۲	A <sub>۲</sub>
۲۳۳۲/۰۳	۳۷۳	۶۵۳۷	A <sub>۳</sub>
۵۳۵۰/۹۷	۳۸۱	۱۳۳۰۷	A <sub>۴</sub>
۱۲۹۳/۱۹	۳۲۲	۲۰۱۳	A <sub>۵</sub>
۱۲۸۰۰/۸۱	۳۷۵	۳۹۳۷۸	A
۳۱۸۶/۸۲	۲۱۲	۷۷۳۵	O <sub>۱</sub>
۸۱۵/۲۳	۳۸۲	۲۱۲۳	O <sub>۲</sub>
۲۲۵۱/۳۰	۳۷۰	۱۱۳۹۰	O <sub>۳</sub>
۲۳۰۷/۳۶	۳۳۸	۶۹۱۸	O <sub>۴</sub>
۷۲۶/۳۸	۳۹۲	۱۸۵۳	O <sub>۵</sub>
۵۸۲۸/۵۳	۳۲۶	۱۳۶۸۲	O <sub>۶</sub>
۱۳۹۳/۳۰	۳۹۱	۳۸۲۲	O <sub>۷</sub>
۱۳۹۳/۹۰	۲۰۹	۳۶۵۵	O <sub>۸</sub>
۲۰۲۰۵/۰۲	۳۹۳	۵۱۲۷۸	O
۳۵۰۰۵/۸۳	۳۸۶	۹۰۷۵۶	کل منطقه

### محاسبه میانگین بارش سالانه (Pmm)

برای محاسبه این عنصر آب و هوایی غالب، از مدل رگرسیون غیرخطی استفاده شده، نتایج حاصله روند تغییرات بارش را در منطقه مطالعاتی بشرح زیر نشان می دهد:

جدول شماره ۴، محاسبه میانگین بارش سالانه را با سه متغیر جغرافیایی (عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی و ارتفاع) برای ایستگاههای منطقه مطالعاتی نشان می دهد. میزان ضریب همبستگی  $R=0/84$  و معنی دار است. میانگین بارش سالانه در منطقه مطالعاتی بین  $621/70$  mm و  $189/75$  mm متغیر است که به ترتیب به ایستگاههای مطالعاتی پیرانشهر و جلفا تعلق دارد. متوسط بارش در منطقه مورد مطالعه بین ۳۰۱ تا ۳۹۸ میلیمتر در سال، متغیر است که به ترتیب به زیرحوضه های  $A_5$  و  $O_7$  و  $O_8$  تعلق دارد. هسته پربارش ۵۰۰ میلیمتری در نواحی مرتفع جنوب کلپیر (زیرحوضه  $A_5$ ) و نیز هسته های پربارش دیگر در ارتفاعات سبلان (ایستگاه سرعین) و سهند (ایستگاه لیقوان) قرار گرفته اند، اما ایستگاههای مزبور جزو ایستگاههای سینوپتیکی منطقه مطالعاتی نیستند، حجم بارش سالانه در منطقه مطالعاتی بین  $726/38$  تا  $5828/53$  میلیون متر مکعب می باشد (وزارت کشاورزی، ۱۳۷۲).

شکل شماره ۶، سیر نزولی میانگین بارش سالانه را نسبت به افزایش طول جغرافیایی در منطقه مطالعاتی نشان می دهد. ایستگاهها نسبت به خط رگرسیون پراکنش زیادی دارند و عدم همبستگی میانگین بارش سالانه در آنها با افزایش طول جغرافیایی به میزان  $R=0/17$  می رسد.

شکل شماره ۷، برآزش منحنی را با روند خطی و معادله بصورت سیر نزولی بین میانگین بارش سالانه و عرض جغرافیایی نشان می دهد. میزان ضریب

همبستگی بین میانگین بارش سالانه و عرض جغرافیایی  $R = 0/77$  و کاملاً معنی دار است. نمودار مذکور، بیانگر این واقعیت است که میانگین بارش سالانه از شمال منطقه مطالعاتی به طرف جنوب افزایش می‌یابد. کم بارانترین ناحیه منطقه مطالعاتی، نوار مرزی شمال است که از  $189/75$  میلیمتر در جلغا تا  $271/52$  میلیمتر در پارس آباد مغان تغییر می‌کند. در کل، دامنه‌های بادگیر کوهستانهای منطقه مطالعاتی از بارندگی بیشتری برخوردارند؛ در حالی که زمینهای پست دامنه‌های باد پناهی بارش سالانه کمتری دارند. طبق محاسبات انجام شده، گرادیان قایم بارش در عرض جغرافیایی  $38-40$  درجه شمالی به صورت رابطه زیر است:

$$P = 150 + 0/118Z \dots (3)$$

این گرادیان در عرض جغرافیایی کمتر از  $38$  درجه شمالی، بیشتر است که نشان دهنده هجوم توده‌های باران زا به نواحی کوهستانی منطقه مورد مطالعه بخصوص در فصل بهار است علت اصلی این فراوانی بارش، گستردگی بادهای غربی بر منطقه در این دوره است که علاوه بر فراهم نمودن عامل صعود، رطوبت دریای مدیترانه را هم به منطقه می‌آورند. البته نباید فراموش کرد که ارتفاع خود ناحیه مطالعاتی نیز سبب تشدید صعود می‌شود.

شکل شماره ۸، همبستگی بین مقادیر میانگین بارش سالانه در منطقه مطالعاتی را با ارتفاع، بصورت سیر صعودی به میزان  $R = 0/45$  نشان می‌دهد که معنی دار نیست. ایستگاههای سردشت و پیرانشهر با میزان بارش بیشتر در میان سایر ایستگاههای سینوپتیکی منطقه بصورت نقطه پرت نسبت به خط رگرسیون مشاهده می‌شوند.

بررسی نیمرخ‌های بارشی نشان می‌دهد که در غرب کشور بارندگی با ارتفاع رابطه چندان زیادی ندارد که علت آن احتمالاً فراوانی سیکلون‌ها در منطقه مطالعاتی است (علیجانی، ۱۳۷۴).

شکل شماره ۹، اثر میکروتوپوگرافی منطقه مطالعاتی را بر روی میانگین بارش سالانه بصورت تطابق مقادیر بارش مشاهده‌ای بر مقادیر بارش محاسبه‌ای در ایستگاه‌های منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد. در این نمودار ایستگاه‌های تبریز، مراغه، خوی و پارس آباد اثرات میکروتوپوگرافی کمتری نسبت به ایستگاه‌های پیرانشهر، سردشت، سراب و جلفا، بر روی میانگین بارش سالانه دارند. ایستگاه‌های پیرانشهر و سردشت از نواحی ارتفاعی و پرباران منطقه مطالعاتی می‌باشند و در قسمت جنوبی دریاچه ارومیه قرار دارند. در قسمت جنوبی، ارتفاعات موضعی، منحنی‌های بسته بارش را قبل از رسیدن به مرز حوضه به وجود می‌آورند. حداکثر بارش در قسمت جنوبغربی با منحنی‌های تقریباً موازی ایجاد می‌شود و کانونهای حداکثر بارش را به وجود می‌آورد.

تأثیر ارتفاعات موضعی در قسمت شرق دریاچه نیز منحنی بسته‌ای را ایجاد می‌کند. به طور مسلم، جریانهای هوای ورودی در تأثیر بارش این قسمت از منطقه اهمیت بسزایی دارند؛ زیرا جریانهای هوای باران‌زا از خارج حوضه به داخل آن نفوذ کرده و این جریانها، بخارهای داخلی حوضه را نیز بارور کرده، مقداری از آن را به خارج حوضه می‌رانند. به این ترتیب اهمیت فوق العاده دریاچه ارومیه در محیط هیدرولوژیک این حوضه روشن می‌شود.

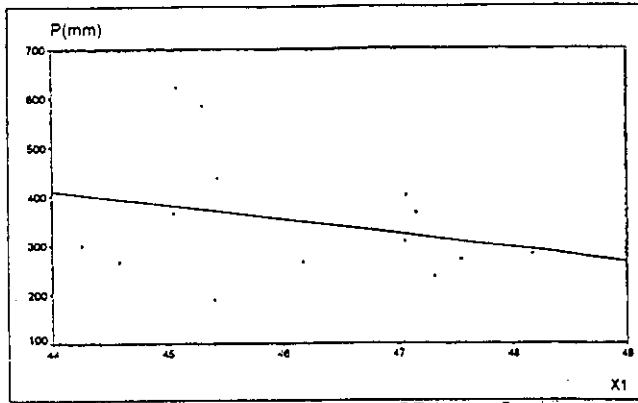
ایستگاه‌های سراب و جلفا تحت تأثیر میکروتوپوگرافی محلی به ترتیب از میزان بارش سالانه ۲۳۶/۰۲ و ۱۸۹/۷۵ میلیمتر تحت برخوردارند.

شکل شماره ۱۱، طبقه بندی عناصر آب و هوایی (رطوبت نسبی و بارش) حاصل از روش Ward را برای ایستگاههای سینوپتیکی منطقه مطالعاتی نشان می دهد.

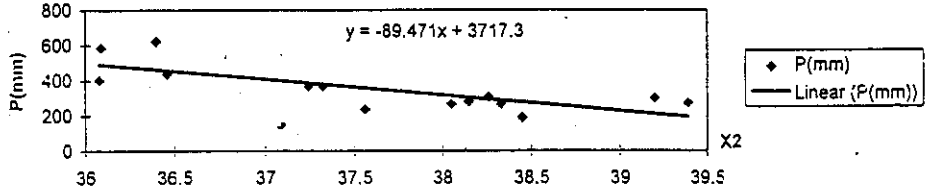
جدول شماره ۴: محاسبه میانگین بارش سالانه با استفاده از مدل رگرسیون غیرخطی برای ایستگاههای سینوپتیکی منطقه مطالعاتی

ردیف	نام ایستگاه	$X_1$ طول جغرافیایی	$X_2$ عرض جغرافیایی	Z ارتفاع	R میانگین رطوبت نسبی سالانه	$\hat{R}$ برآورد میانگین رطوبت نسبی سالانه	$\Delta R_M$ اثر میکروکلیماتی
۱	اهر	۲۷° ۰۶'	۳۸° ۲۶'	۱۳۹۱	۳۰۷/۳۲	۲۲۱/۵۳	۶۵/۷۹۰
۲	اردبیل	۳۸° ۱۷'	۳۸° ۱۵'	۱۳۱۲	۲۸۱/۱۰۰	۲۲۵/۱۶	۵۵/۹۲
۳	چلغا	۲۵° ۴۰'	۳۸° ۴۵'	۷۳۶	۱۸۹/۷۵	۲۷۱/۱۱	۸۱/۳۶
۴	خوی	۲۴° ۵۸'	۳۸° ۳۳'	۱۱۰۸	۲۶۵/۸۰	۳۰۱/۷۹	-۳۵/۹۹
۵	مهاباد	۳۵° ۲۳'	۳۶° ۲۶'	۱۳۸۵	۲۳۶/۵۵	۲۸۳/۹۹	-۳۷/۳۲
۶	ماکو	۳۴° ۲۶'	۳۹° ۲۰'	۱۲۷۰	۲۹۹/۷۳	۲۶۳/۹۸	۳۵/۷۵
۷	مراغه	۳۷° ۱۶'	۳۷° ۲۲'	۱۲۷۶	۳۶۶/۰۵	۳۶۸/۳۳	-۲/۲۸
۸	ارومیه	۳۵° ۰۵'	۳۷° ۳۲'	۱۳۱۳	۳۶۵/۵۱	۳۸۸/۵۸	-۲۳/۰۷
۹	بارس ابد	۳۷° ۵۵'	۳۹° ۳۹'	۳۵	۲۷۱/۵۲	۲۲۵/۶۲	۲۵/۹۰
۱۰	پیرانشهر	۳۵° ۰۸'	۳۶° ۴۰'	۱۲۵۵	۶۲۱/۷۰	۳۸۸/۸۰	۱۳۲/۹۰
۱۱	سراب	۳۷° ۳۲'	۳۷° ۵۶'	۱۶۸۲	۲۳۶/۰۲	۳۷۲/۸۳	-۱۳۶/۸۱
۱۲	سرسخت	۳۵° ۳۰'	۳۶° ۰۹'	۱۷۸۹	۵۸۴/۶۹	۵۲۶/۵۷	۵۸/۱۲
۱۳	تبریز	۳۶° ۱۷'	۳۸° ۰۵'	۱۳۶۱	۲۶۵/۷۳	۲۵۷/۷۳	۷/۷۵
۱۴	تکاب	۳۷° ۰۷'	۳۶° ۰۸'	۱۷۶۵	۳۰۱/۰۹	۲۵۶/۲۰	-۵۵/۱۱

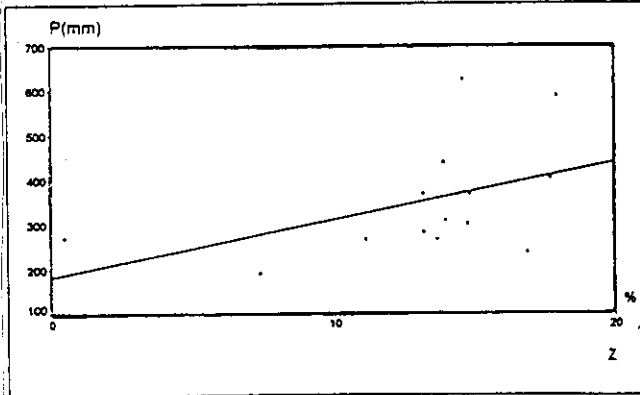




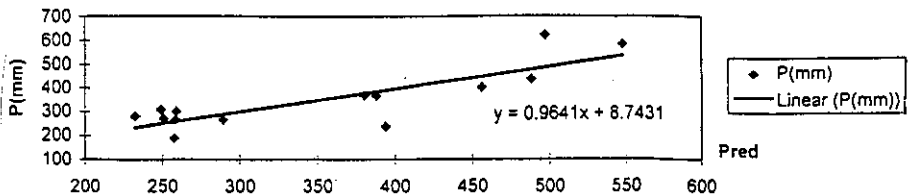
شکل شماره ۶ - رابطه بین مقادیر میانگین بارش سالانه با طول جغرافیایی ایستگاههای سینوپتیکی



شکل شماره ۷ - رابطه غیر خطی بین مقادیر میانگین بارش سالانه و عرض جغرافیایی

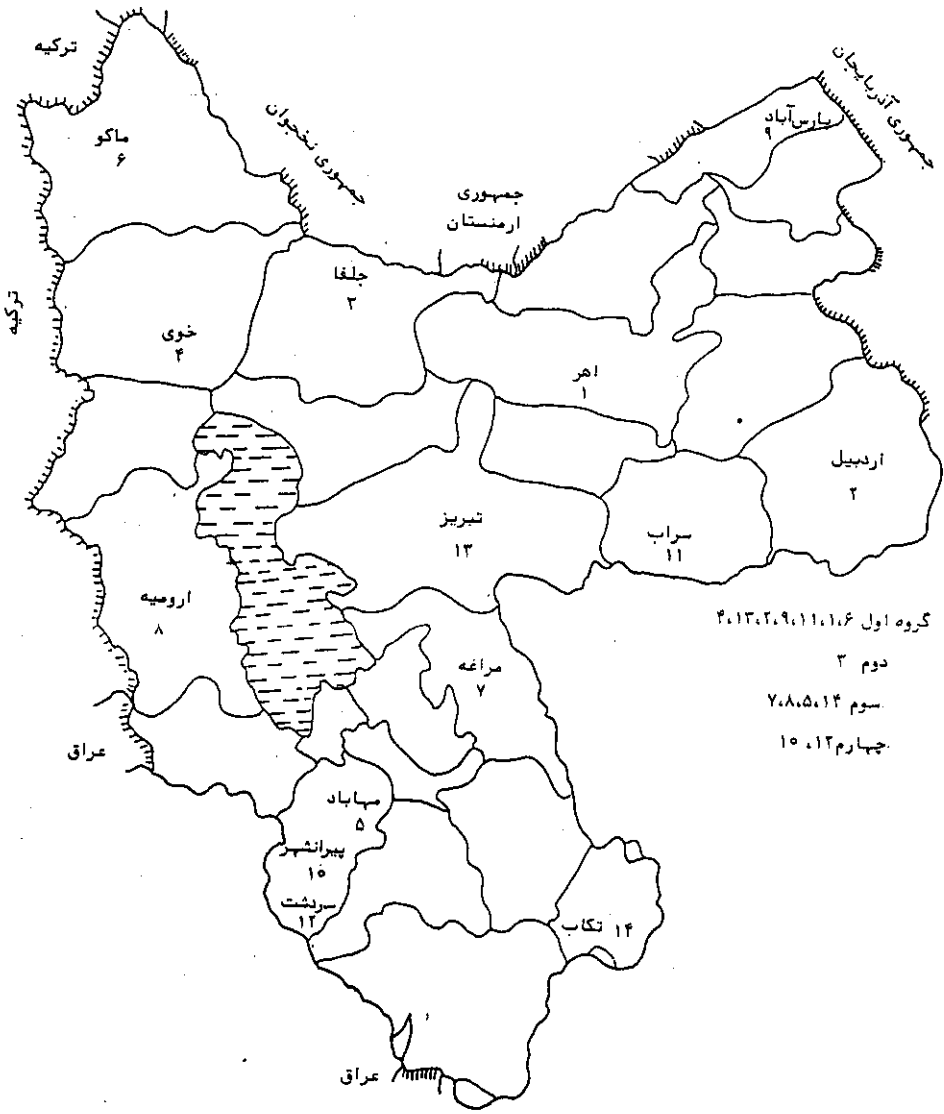


شکل شماره ۸ - رابطه بین مقادیر میانگین بارش سالانه با ارتفاع ایستگاههای سینوپتیکی



شکل شماره ۹ - تطابق مقادیر مشاهداتی و محاسباتی میانگین بارش سالانه (اثر میکروتوپوگرافی)

شکل شماره ۱۱ - نقشه طبقه بندی عناصر آب و هوایی (رطوبت نسبی و بارش) حاصل از روش Ward برای ایستگاههای سینوپتیکی مورد مطالعه



گروه اول ۴۰۰، ۱۳۰، ۲۰۰، ۹۰، ۱۱۰، ۱۰۰، ۶۰  
 دوم ۳۰۰  
 سوم ۷۰، ۸۰، ۵۰، ۱۰۰  
 چهارم ۱۰۰، ۱۰۰

۱:۱۵۰۰۰۰۰ مقیاس

## نتیجه گیری

نتایج بدست آمده را می توان بصورت زیر بررسی کرد:

در مدل غیرخطی، بررسی میزان تغییرات عناصر آگروکلیمایی نسبت به تغییرات طول و عرض جغرافیایی پیچیده تر است. عواملی از قبیل بارش و رطوبت نسبی در ایستگاههای مطالعاتی با افزایش طول جغرافیایی از غرب به شرق دارای روند یکسانی نیستند، بدین معنی که عامل رطوبت نسبی با افزایش طول جغرافیایی از غرب به شرق دارای روند صعودی (با حالت نمایی) و کاملاً معنی دار است. در واقع افزایش یا کاهش رطوبت نسبی در ایستگاههای مطالعاتی به ارتفاع و عرض جغرافیایی بستگی ندارد.

بارندگی یکی دیگر از عوامل مهم عناصر آگروکلیمایی است که با طول جغرافیایی و ارتفاع در منطقه مطالعاتی همبستگی معنی داری را نشان نمی دهد بلکه افزایش یا کاهش آن تابعی از عرض جغرافیایی می باشد، به عبارتی با افزایش عرض جغرافیایی از جنوب به شمال منطقه مطالعاتی، میزان بارندگی به صورت خطی کاهش می یابد که کاملاً معنی دار می باشد.

## پی‌نوشتها

- 1- Agrotopoclimatic division
- 2- Lu. Q.Y
- 3- Yu. J.M
- 4- Fu, B.P
- 5- Yangtze valley
- 6- E.C. (Empirical constants)
- 7- Dendrogram
- 8- Cluster

## منابع و ماخذ

- ۱- ابریشمی، حمید و تیمور محمدی. ۱۳۷۴، کاربرد تحلیل رگرسیونی (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- دهقانیان، سیاوش، عوض کوچکی و علی کلاهی اهری. ۱۳۷۴. جغرافیای کشاورزی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه تهران
- ۳- ساری صراف، بهروز، ۱۳۷۷. تحلیل رژیم بارش ماهانه حوضه‌های ارس و دریاچه ارومیه، پایان نامه دوره دکتری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
- ۴- علیجانی، بهلول. ۱۳۷۴. آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۵- علیجانی، بهلول و محمد رضا کاویانی، ۱۳۷۱. مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها.
- ۶- علیزاده، امین. ۱۳۶۷. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی.

- ۷- مرکز مطالعات برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی. ۱۳۷۲، اقلیم و آب و هوا، جلد ۱. وزارت کشاورزی.
- ۸- مقدم، محمد، سید ابوالقاسم محمدی شوطی و مصطفی آقائی سربرزه. ۱۳۷۳. آشنایی با روشهای آماری چند متغیره (ترجمه). انتشارات پیشتاز علم. تبریز.
- ۹- موحد دانش، علی اصغر، ۱۳۷۳. هیدرولوژی آبهای سطحی ایران، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها.
- 10- Lu, Q.Y. 1984. Agroclimatic division of vertical thermal zones in mountainous area of the Middle-Lower Yangtze valley, in *Collected Papers on Mountain Climate*, China Meteorological Press, Beijing, pp. 150-158 (in Chinese).
- 11- Lu, Q.Y., Fu, B.P. and Yu, J.M. 1988. Methods calculating the spatial distribution of agroclimatic resources in mountainous areas climatic effects of microtopography, *Acta Meteorol Sinica*, 2, 380.