

مطالعه و تحلیل بادهای و جریان‌های هوا در ترازهای مختلف جو در ماهها و روزهای بارشی در منطقه شیرکوه یزد

چکیده

یکی از موانع عمده دستیابی به اهداف توسعه پایدار در برخی کشورهای جهان از جمله ایران، محدودیت منابع آب است. در مقابل پروژه‌های افزایش بارش به عنوان یکی از راهکارهای نوین تأمین منابع آب مطرح می‌باشد.

زمینه لازم برای اجرای پروژه‌های افزایش باران، انجام یک سری بررسی‌های علمی و تحقیقاتی است تا شرایط و توانهای بالقوه و بالفعل مناطق مختلف جهت اجرای موفقیت آمیز این پروژه‌ها شناخته شود.

اگرچه قسمت عمده این مطالعات را اقلیم‌شناسی ابر و بارش تشکیل می‌دهند، ولی از آنجایی که جریان‌های جوی و بادهای در ترازهای مختلف جو در هر تیپ هوای غالب از ویژگی‌های خاصی برخوردارند و در شرایط سینوپتیکی و ترمودینامیکی مختلف، جریان‌های جوی ویژه‌ای با سرعت‌ها و جهت‌های مختلفی می‌وزند، همچنین غلبه یا ضعف برخی از شرایط باد و جریان‌های هوا خود می‌تواند به عنوان شاخصی از شرایط ویژه هوا مانند پایداری‌ها و ناپایداری‌ها محسوب شوند، بنابراین مطالعه این گروه پارامترهای جوی در هر منطقه می‌تواند آگاهی‌طراحان را جهت اجرای این پروژه‌ها افزایش دهد.

این تحقیق در منطقه شیرکوه یزد و با استفاده از داده‌های باد و رطوبت ایستگاه‌های جو بالای بندرعباس، کرمان و شیراز و داده‌های باد سطح زمین ایستگاه‌های سینوپتیک بندرعباس، کرمان، بافت، یزد و شیراز انجام پذیرفته است.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در ماههای سرد و بارشی سال در این منطقه، بیشترین رخداد بادهای و جهت و سرعت جریان‌های هوا در سطوح استاندارد جو، غربی و جنوب

غربی است. در روزهای بارشی جهت بادهای غالب سطح زمین بین ۱۷۰ و ۳۶۰ درجه است، در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بیش از ۸۰ درصد بادهای غربی و در ترازهای میانی و فوقانی جو این ایستگاهها جهت بادهای غالب به طور عمده بین ۱۸۰ تا ۳۳۰ درجه است.

با توجه به جنوب و جنوب غربی و حتی جنوب شرقی بودن این بادهای در بندرعباس در روزهای بارشی و اینکه این جریانهای جوی از آبهای جنوب کشور عبور می کنند، پس از کسب گرما و رطوبت و برخورد به شیبهای جنوبی ارتفاعات منطقه مورد مطالعه، می توانند در افزایش بارش و ناپایداریها نقش مؤثری داشته باشند. بنابراین برای پیش بینی روزهای بارشی در راستای مقابله با مشکل کم آبی و اجرای پروژههای افزایش بارش در این منطقه، لازم است که از امتیازات مثبت مذکور به خوبی استفاده شود.

کلید واژهها: شیرکوه، باد، بارش، جریان هوا، ترازهای مختلف جو، یزد.

مقدمه

یکی از موانع عمده دستیابی به اهداف توسعه پایدار در برخی از کشورهای جهان از جمله ایران، محدودیت منابع آب می باشد که این به علت واقع شدن کشور ایران بر روی کمربند خشک نیمکره شمالی است. امروزه جهت مقابله با شرایط نامساعد اقلیمی و زیست محیطی در برخی از کشورهای در حال توسعه و پیشرفته جهان از روشهای جدیدی استفاده می شود که از میان آنها می توان به اجرای پروژههای افزایش بارش اشاره کرد. اجرای این پروژهها در واقع بخشی از برنامههای وسیعتری تحت عنوان برنامههای تعدیل وضعیت هوا بوده که حتی برخی از آنها زیر نظر سازمان هواشناسی جهانی در کشورهای مختلف به مرحله اجرا در می آید (W.M.O, 1987, 13-20) که از آنها تحت عنوان مرحله مکان گزینی یاد می شود (Austin, 1982). در حال حاضر در کشورهای مختلف جهان (W.M.O, 1992, 1-20) و خاورمیانه (کشورهایی چون اردن - Tohboub, 1997, 15-20)، مراکش (Baddour, 1995, 37-40)، فلسطین اشغالی (Daniel, 1995, 43-47) و سوریه (Ali. A & Mustafa A, 1999) پروژههای زیادی به صورت آزمایشی یا اجرایی جهت افزایش بارش در حوضههای مختلف آبی در دست اجراست که گزارشهای منتشر شده بیانگر موفقیت نسبی این پروژههاست (وزارت نیرو، ۱۳۷۷، ۱۲).

بادهای و جریانهای هوا در ترازهای مختلف جو در هر تیپ هوای غالب دارای ویژگیهای خاصی می باشند. یکی از عوامل مؤثر در تقویت بارش، سرعت باد در ترازهای

پایین جو است. جریان‌های قوی که سرعت آنها بیش از ۵۰ متر در ثانیه در نزدیک سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی به طور مکرر بین خلیج فارس و شمال هندوستان دیده شده، در این نواحی همراه با موج‌های متعدد باران‌زاست (فائمی، ۱۳۴۹، ۱۱). بنابراین مطالعه بادهای و جریان‌های هوا در ترازهای مختلف جو در منطقه مورد مطالعه دارای اهمیت زیادی است. یکی از پارامترهای مؤثر در تکوین و ایجاد پدیده‌های ناپایدار، جریان‌های شدید لایه زیرین تروپوسفر و سرعت باد می‌باشد، به طوری که سرعت ۲۰ نات نشانه ناپایداری ضعیف، سرعت ۲۵ تا ۳۴ نات ناپایداری متوسط و سرعت بیش از ۳۵ نات نشانه ناپایداری شدید می‌باشد. برای سطوح بالا، جریان‌های شدید ۵۵ نات و ۵۵ تا ۸۵ نات و بیش از ۸۵ نات به ترتیب بیان‌کننده شرایط ناپایداری ضعیف، متوسط و شدید جو است (فائمی و عدل، ۱۳۷۱، ۷).

در طرح‌های افزایش بارش ژنراتورهای زمینی را در خلاف جهت باد دامنه‌های کوهستانی قرار می‌دهند تا بهتر بتواند مواد باروری را به طرف سیستم ابری بفرستد (Dennis, 1980). تجربه‌های زیاد استرالیا در زمینه پروژه‌های افزایش بارش، نشان می‌دهد که در تاسمانی این کشور زمانی که این عملیات با بادهای جنوب غربی همراه بوده است و دمای قله ابرها بین ۱۰- تا ۱۲- درجه سلسیوس باشد، افزایش بارش هم مشاهده شده است (Ryan, 1995, 239). یکی از عوامل اقلیمی مورد نیاز جهت آزمایش در طرح‌های افزایش بارش، جهت باد غالب و چینش قائم باد است (W.M.O, 1979, 102). اطلاعات مربوط به جریان باد و توده‌های هوا همراه با دوره‌های بارش گام نخست در ایجاد فنون پیش‌بینی برای دوره‌های بارشی است (W.M.O, 1978, 43).

مطالعات نشان می‌دهد بررسی جریان‌های جوی و بادهای از سطح زمین تا تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال می‌تواند کمک زیادی را در زمینه تعدیل شرایط هوا در قرنهای آینده در برداشته باشد (Hafiz, 1999). میانگین بارش سالانه استان کرمان حدود ۱۴۵ میلی‌متر (وزارت نیرو، ۱۳۷۷، ۱) و در ایستگاه یزد حدود ۶۲/۷ میلی‌متر (اداره کل هواشناسی یزد، ۱۳۸۲) است. با این وجود نوسانات شدید بارش در این مناطق وجود دارد. گرچه این مناطق از کمبود بارش رنج می‌برند ولی به سبب وجود ارتفاعات بلند در جنوب استان کرمان و شیرکوه یزد و موقعیت جغرافیایی ویژه‌ای که دارند از سیستم‌های جوی نسبتاً مناسب که حامل ابرهای باران‌زا هستند، برخوردارند و نیز ارتفاعات بلند و نسبتاً گسترده

آن، شرایط ویژه و مناسبی را برای تشکیل ابرهای کوهستانی و با قابلیت گسترش قائم فراهم می‌آورند (امیدوار، ۱۳۸۰). با توجه به بررسی‌های سینوپتیکی انجام شده مشخص گردید که اگر یک مرکز کم فشاری روی استان کرمان قرار گیرد، بارش‌های خوبی را در دامنه‌های جنوبی ارتفاعات جنوبی کرمان ایجاد می‌کند (امیدوار، ۱۳۸۰) و همین سیستم موجب بارش‌های نسبتاً مناسبی در شیب‌های جنوبی ارتفاعات شیرکوه در یزد می‌شود (امیدوار، ۱۳۸۳). همچنین وجود مراکز عمده جمعیتی، اقتصادی، صنعتی، کشاورزی، علمی و فرهنگی، توجیه لازم برای انجام مطالعات اقلیم‌شناسی و استفاده بهینه از استعدادها و پتانسیل‌های این منطقه را فراهم می‌آورند.

هدف این تحقیق بررسی و تحلیل بادهای و جریان‌های هوا در ترازهای مختلف جو در ماهها و روزهای بارانی در منطقه شیرکوه یزد به منظور پیش‌بینی روزهای بارشی، در راستای مقابله با مشکل کم آبی و اجرای پروژه‌های افزایش بارش است.

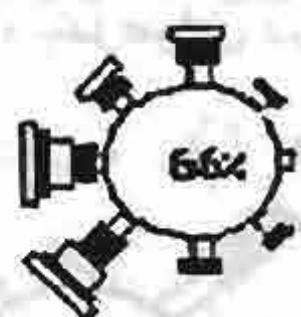
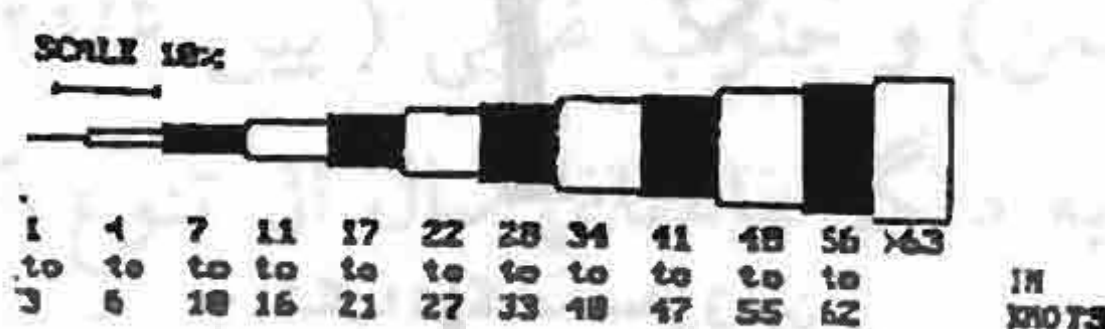
روش و مواد

برای مطالعه بادهای و جریان‌های هوا در ترازهای مختلف جو، ابتدا با استفاده از داده‌های باد سطح زمین ایستگاه‌های سینوپتیک بندرعباس، کرمان، بافت، یزد و شیراز گلبادهای متوسط سطح زمین این ایستگاه‌ها ترسیم گردید. سپس با استفاده از داده‌های کاوشگر جو بالای ایستگاه‌های کرمان (۱۹۹۵-۱۹۷۶) جهت و سرعت روزانه بادهای ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و ترازهای ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال برای ایستگاه بندرعباس (۱۹۹۵-۱۹۸۴) استخراج گردید و گلبادهای متوسط ماهانه در ماههای بارشی و سرد سال (آذر تا فروردین) این ایستگاه‌ها ترسیم شد. بعد با استفاده از داده‌های باد و رطوبت ایستگاه‌های جو بالای شیراز (۱۹۹۵-۱۹۸۴)، بندرعباس و کرمان، جهت و سرعت جریان‌های جوی در سطح زمین و ترازهای فوقانی جو در روزها و دوره‌های بارشی نمونه مشخص گردید و جداول مربوطه تهیه شد. میانگین درصد فراوانی جهات متفاوت باد در ترازهای مختلف جو ایستگاه‌های مذکور در ماههای بارانی و سرد سال در طول دوره آماری مورد نظر تعیین شد و جداول مربوطه مورد تحلیل قرار گرفت. سپس وضعیت جریان‌های جوی، باد و رطوبت در یک دوره بارشی نمونه بررسی شد (به علت نبودن داده‌های جو بالای ایستگاه سینوپتیک یزد، از داده‌های جو بالای ایستگاه‌های بندرعباس، کرمان و شیراز استفاده شده است).

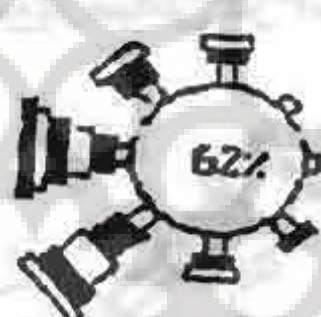
بحث

الف- تحلیل بادهای در سطح زمین

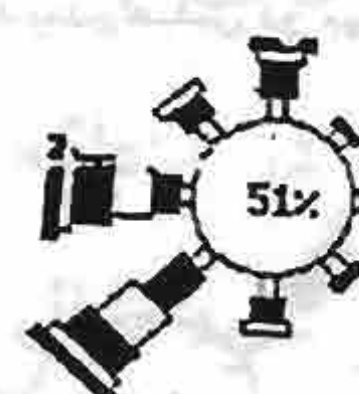
با مشاهده گلبادهای سطح زمین در ایستگاه کرمان در ماههای مختلف بارانی سال (شکل‌های ۱ تا ۵) دیده می‌شود که بیشترین رخداد باد آرام در ماههای بارشی بین ۴۲ تا ۶۶ درصد است. از آذر تا فروردین برتری با بادهای جنوب غربی و غربی می‌باشد. تقریباً حداکثر سرعت باد با جهات باد غالب هر ماه منطبق بوده و به ماههای سرد سال تعلق دارد و سرعت آنها به ۲۸ تا ۳۲ نات می‌رسد. کمترین رخداد بادهای در این ماهها متعلق به بادهای شرقی است.



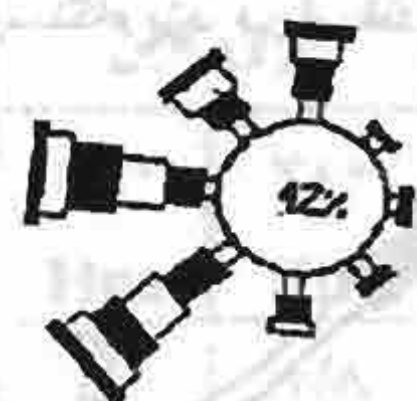
شکل ۱- گلباد سطح زمین ایستگاه کرمان در آذر



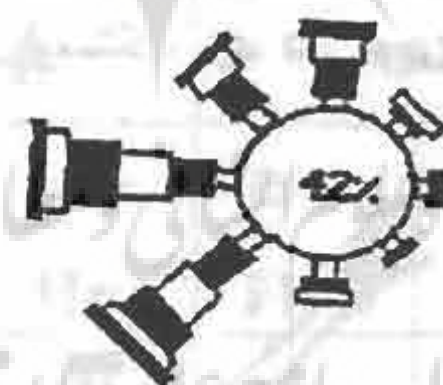
شکل ۲- گلباد سطح زمین ایستگاه کرمان در دی



شکل ۳- گلباد سطح زمین ایستگاه کرمان در بهمن



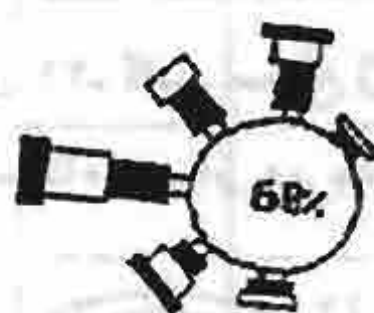
شکل ۴- گلباد سطح زمین ایستگاه کرمان در اسفند



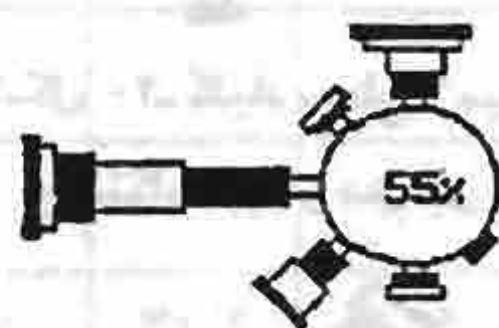
شکل ۵- گلباد سطح زمین ایستگاه کرمان در فروردین



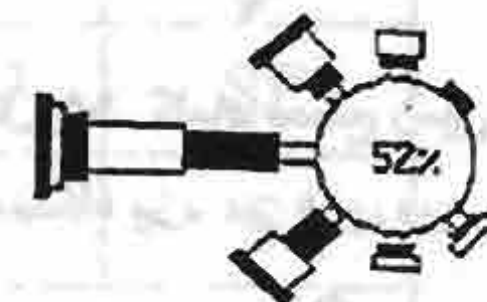
شکل ۶- گلباد سطح زمین ایستگاه بافت در آذر



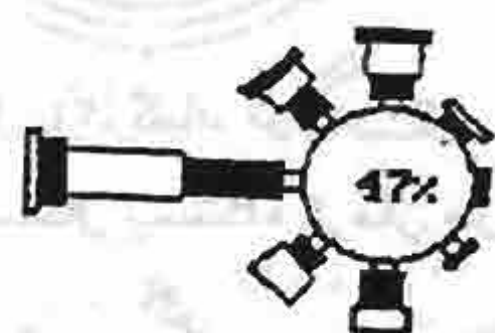
شکل ۷- گلباد سطح زمین ایستگاه بافت در دی



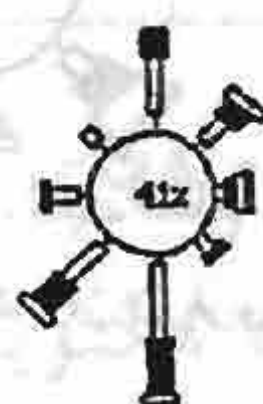
شکل ۸- گلباد سطح زمین ایستگاه بافت در بهمن



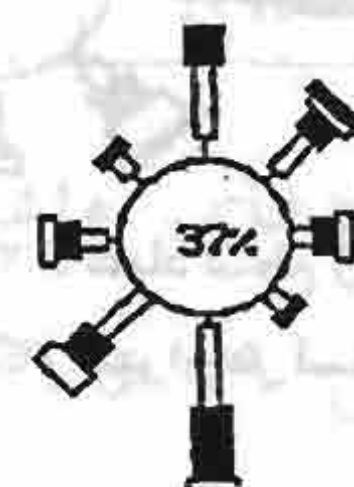
شکل ۹- گلباد سطح زمین ایستگاه بافت در اسفند



شکل ۱۰- گلباد سطح زمین ایستگاه بافت در فروردین

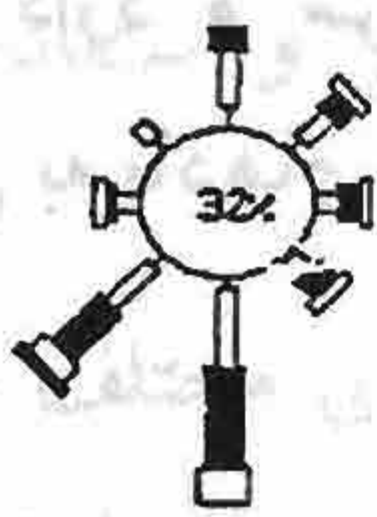
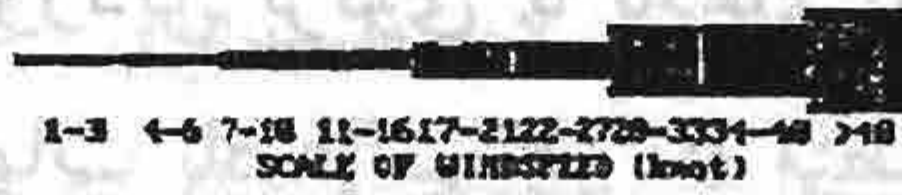


شکل ۱۱- گلباد سطح زمین ایستگاه بندرعباس در آذر

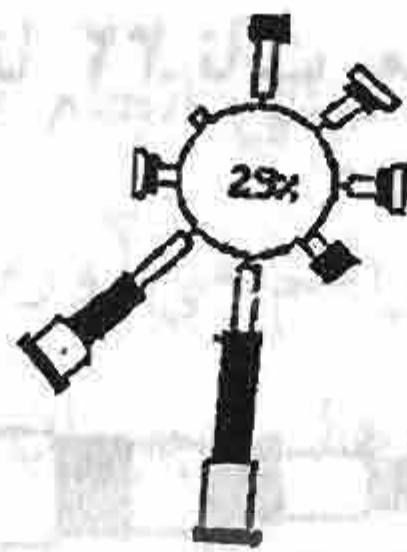


شکل ۱۲- گلباد سطح زمین ایستگاه بندرعباس در دی

در ایستگاه بافت (شکل‌های ۶ تا ۱۰) در همین ماهها باد غالب، غربی و جنوب غربی است. بیشترین سرعت این بادها ۲۸ تا ۳۳ نات بوده و متعلق به بهمن و اسفند می‌باشد. در ایستگاه بندر عباس در دوره‌های بارشی برتری با بادهای جنوبی و جنوب غربی است و سرعت آنها به ۱۷ تا ۲۱ نات می‌رسد (شکل‌های ۱۱ تا ۱۵).



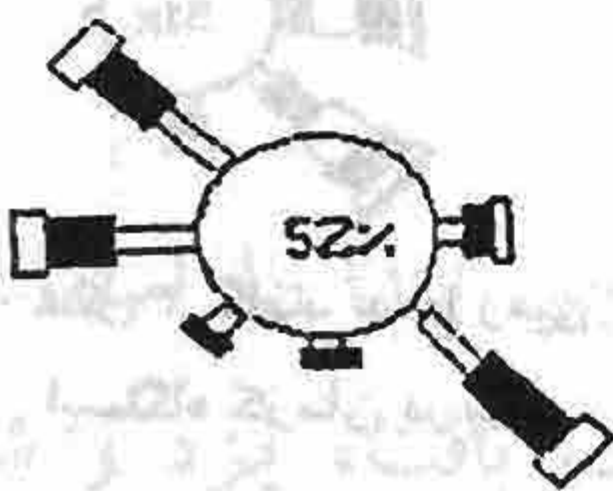
شکل ۱۲- گلباد سطح زمین ایستگاه بندر عباس در بهمن



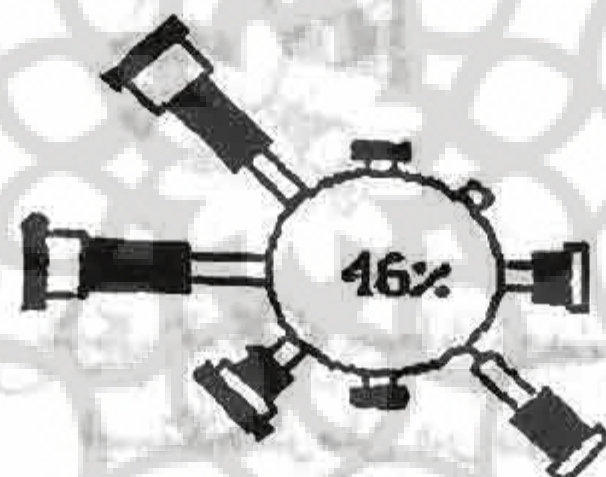
شکل ۱۴- گلباد سطح زمین ایستگاه بندر عباس در اسفند



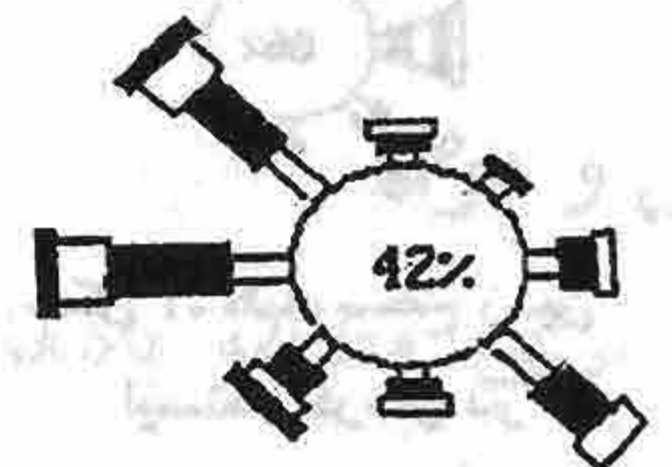
شکل ۱۵- گلباد سطح زمین ایستگاه بندر عباس در فروردین



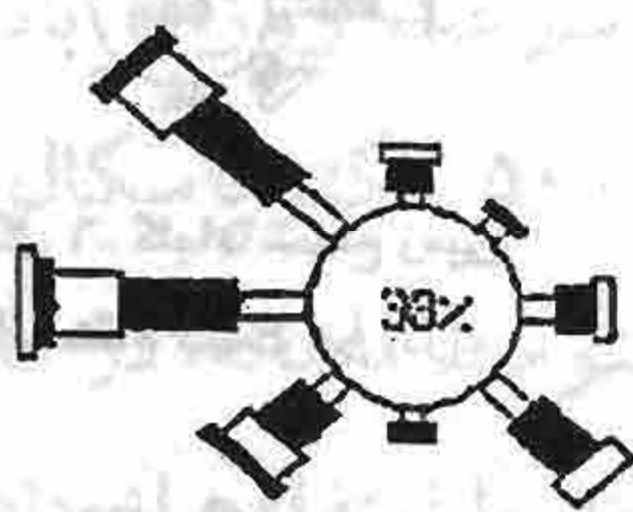
شکل ۱۶- گلباد سطح زمین ایستگاه یزد در دی



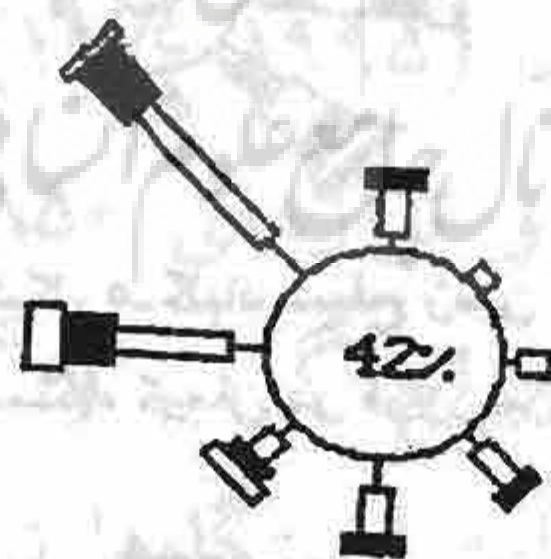
شکل ۱۷- گلباد سطح زمین ایستگاه یزد در بهمن



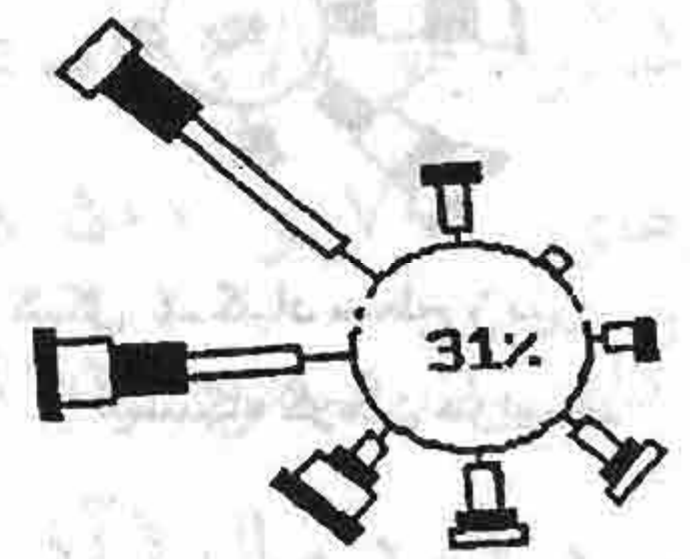
شکل ۱۸- گلباد سطح زمین ایستگاه یزد در اسفند



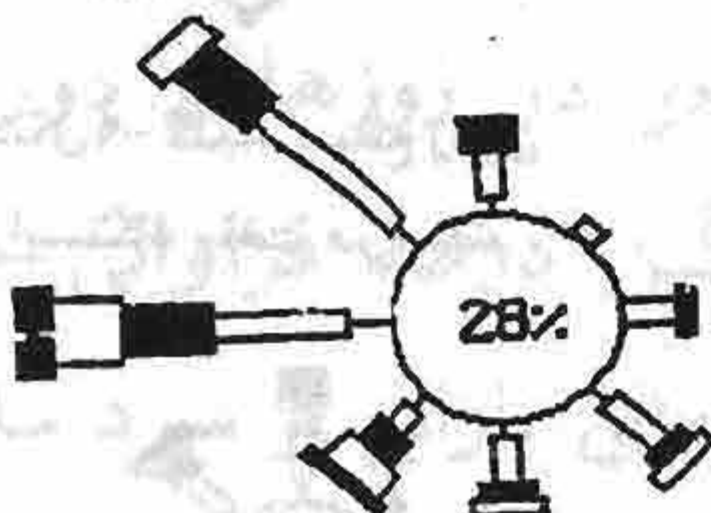
شکل ۱۹- گلباد سطح زمین ایستگاه یزد در فروردین



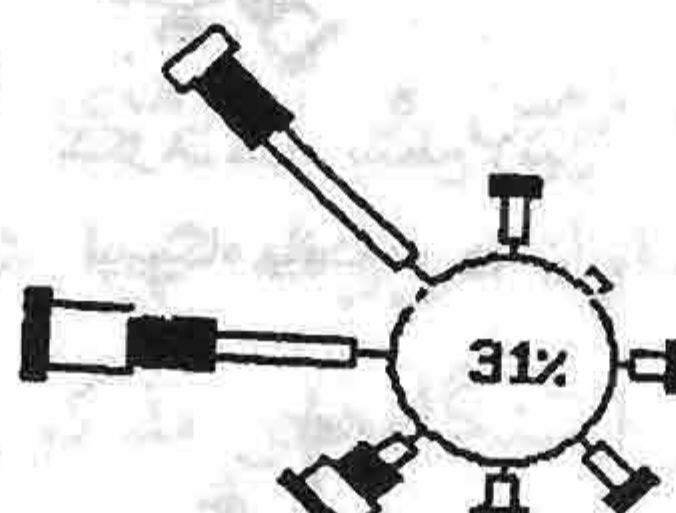
شکل ۲۰- گلباد سطح زمین ایستگاه شیراز در دی



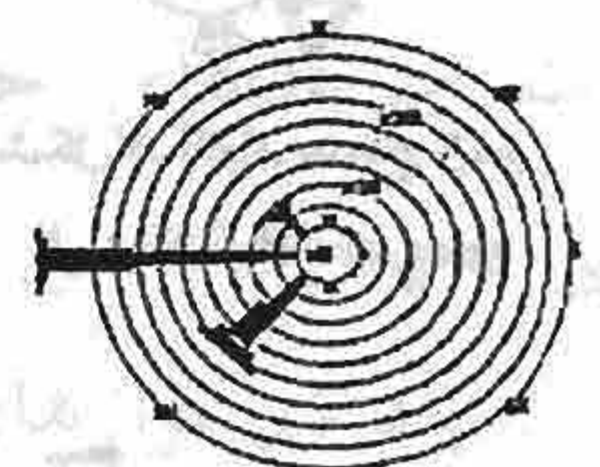
شکل ۲۱- گلباد سطح زمین ایستگاه شیراز در بهمن



شکل ۲۲- گلباد سطح زمین ایستگاه شیراز در اسفند



شکل ۲۳- گلباد سطح زمین ایستگاه شیراز در فروردین



شکل ۲۴- گلباد تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ایستگاه کرمان در آذر

در ایستگاه یزد (شکل‌های ۱۶ تا ۱۹) در ماههای سرد سال به ویژه بهمن، اسفند و فروردین باد غالب را نشان می‌دهد و سرعت آنها به ۲۷ نات می‌رسد. از

دی تا فروردین مقدار باد آرام (از ۵۲ درصد به ۳۸ درصد) کاهش می‌یابد. با مشاهده گلبادهای ایستگاه شیراز در همین ماهها (شکل‌های ۲۰ تا ۲۳) دیده می‌شود که بادهای غالب جهت‌های غربی و شمال غربی دارند اما بادهای جنوب غربی از سرعت بیشتری برخوردارند.

ب- تحلیل بادهای فوقانی جو

- ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در ایستگاه کرمان

با مشاهده گلبادهای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در کرمان (شکل‌های ۲۴ تا ۲۸) دیده می‌شود که از آذر تا فروردین بادهای غالب اکثراً جهت‌های غربی (بین ۴۳/۸ درصد در دی تا ۶۰/۳ درصد در بهمن) و جنوب غربی (بین ۲۵/۶ درصد در اسفند تا ۳۵/۹ درصد در دی) دارند و نسبت به دیگر ماههای سال از تنوع کمتری برخوردارند و بیشتر، از سمت غرب و جنوب غرب وارد منطقه می‌شوند. در ماههای مورد نظر، بادهای شرقی تأثیری در منطقه ندارند و درصد وزش آنها بسیار ناچیز است (جدول ۱). سرعت باد در ماههای سرد سال بیشتر از ماههای دیگر بوده و به بیش از ۴۱ نات می‌رسد.

جدول ۱ میانگین درصد فراوانی جهت باد در ترازهای مختلف جو در ماههای بارانی در ایستگاه کرمان

(۱۹۹۵-۱۹۷۶)

جهت باد	آذر		دی		بهمن		اسفند		فروردین	
	۷۰۰	۵۰۰	۷۰۰	۵۰۰	۷۰۰	۵۰۰	۷۰۰	۵۰۰	۷۰۰	۵۰۰
	Hpa	Hpa	Hpa	Hpa	Hpa	Hpa	Hpa	Hpa	Hpa	Hpa
N	۲/۷	۵/۹	۷/۸	۰	۰/۸	۰	۴	۱/۶	۴/۸	۲
NE	۰/۹	۰	۱/۶	۰	۰/۸	۰	۰	۰	۲/۴	۰
E	۱/۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۸	۰	۳/۲	۰
SE	۰/۴	۰/۵	۱/۶	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۶	۱
S	۲/۲	۰/۹	۰	۱/۶	۰/۸	۰	۳/۲	۰	۰/۸	۲
SW	۲۶	۱۲/۳	۳۵/۹	۶/۳	۳۱/۴	۴/۲	۲۵/۶	۸/۷	۲۸	۳۰/۲
W	۵۷	۶۷/۳	۴۳/۸	۷۵	۶۰/۳	۸۴	۵۲/۸	۷۳/۸	۴۸/۸	۵۶/۳
NW	۹/۴	۱۳/۲	۹/۴	۱۷/۲	۶/۶	۸/۴	۱۳/۶	۱۵/۹	۱۰/۴	۷/۳

گلبادهای ماههای مختلف سال (ماههای بارشی) در این ایستگاه نشان می‌دهند (شکل‌های ۲۹ تا ۳۳) که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز مانند تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، بادهای غالب به طور عمده مؤلفه غربی دارند. از آذر تا اسفند، بادهای غربی و شمال غربی (بیش از ۸۰ درصد) برتری داشته و در فروردین غلبه با بادهای غربی و جنوب

غربی (بیش از ۸۰ درصد) می‌باشد. بیشترین درصد وقوع بادهای غربی به ماههای بهمن (۸۴ درصد)، دی (۷۵ درصد) و اسفند (۷۳/۸ درصد) تعلق دارد (جدول ۱). در این تراز نیز بادهای شرقی نقشی ندارند. حداکثر سرعت بادهای مربوط به ماههای سرد سال (آذر تا فروردین) با جهت غربی (بیش از ۴۱ نات) است. بنابراین در این تراز درصد فراوانی رخداد بادهای غربی بیشتر از تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال می‌باشند و از نظر جهات وزش از تنوع کمتری نیز برخوردارند و بیشتر مؤلفه غربی پیدا می‌کنند.

- ترازهای ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در ایستگاه بندرعباس

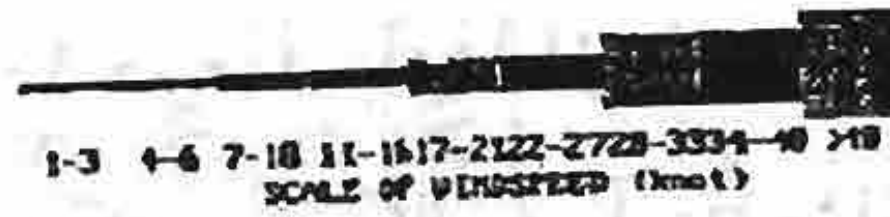
با مشاهده جدول ۲ و گلبادهای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ماههای بارشی (شکل‌های ۳۴ تا ۳۸) مشخص می‌شود که از ماههای آذر تا فروردین بادهای غالب اکثراً (۷۰ درصد) جهت‌های غربی، جنوب غربی و شمال غربی پیدا می‌کنند. بیشترین درصد فراوانی رخداد باد غربی (۴۵/۹ درصد) به فروردین تعلق دارد. در این تراز بادهای شرقی نقش زیادی ندارند و بادهای اکثراً غربی بوده و جهت وزش آنها متنوع نیست و زیادی و سرعت وزش آنها نیز در ماههای بارانی سال افزایش پیدا می‌کند.

جدول ۲ میانگین درصد فراوانی جهت باد در ترازهای مختلف جو در ماههای بارانی در ایستگاه بندرعباس

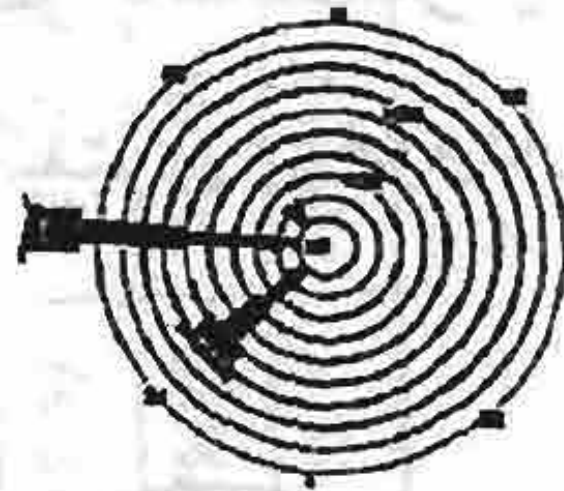
(۱۹۸۴-۱۹۹۵)

جهت باد	دی			بهمن			اسفند			فروردین		
	۸۵۰ Hpa	۷۰۰ Hpa	۵۰۰ Hpa	۸۵۰ Hpa	۷۰۰ Hpa	۵۰۰ Hpa	۸۵۰ Hpa	۷۰۰ Hpa	۵۰۰ Hpa	۸۵۰ Hpa	۷۰۰ Hpa	۵۰۰ Hpa
N	۹/۴	۷/۶	۲/۱	۵/۳	۶/۱	۰	۷/۴	۸	۲/۲	۲	۶/۷	۳/۴
NE	۶/۷	۱/۴	۰/۷	۴/۴	۰/۹	۰	۶/۴	۱/۶	۰	۳/۴	۳/۴	۰
E	۸/۱	۱/۴	۰	۷	۰	۰	۶/۴	۰/۵	۰	۴/۱	۴	۰
SE	۳/۴	۰	۰/۷	۴/۴	۰/۹	۰	۲/۱	۰/۵	۰	۲	۶	۰
S	۲/۷	۱/۴	۰	۸/۸	۱/۷	۰	۶/۹	۲/۷	۳/۳	۷/۴	۹/۴	۲
SW	۱۴/۱	۱۳/۸	۱۱	۱۴	۱۳/۹	۴/۴	۲۰/۲	۲۴/۵	۹/۸	۱۳/۵	۱۲/۱	۱۴/۳
W	۳۸/۳	۵۵/۹	۶۷/۸	۳۶/۸	۵۲/۲	۸۰/۷	۳۳	۴۴/۱	۳۷/۹	۴۵/۹	۴۱/۶	۵۷/۱
NW	۱۶/۱	۱۸/۶	۱۶/۴	۱۸/۴	۲۴/۳	۱۳/۲	۱۷	۱۷/۶	۱۰/۹	۲۱/۶	۱۶/۸	۲۳/۱

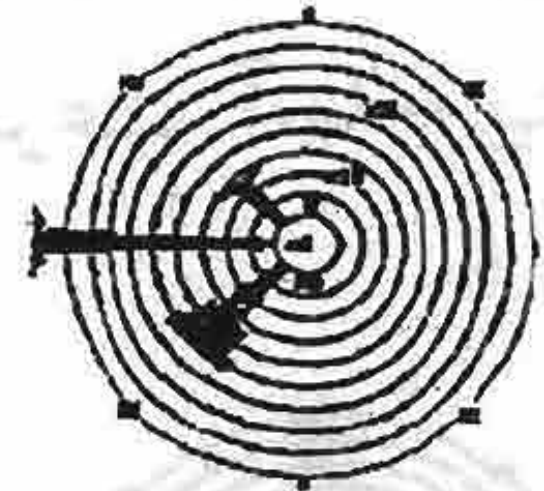
در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز بادهای غالب (حدود ۸۰ درصد) جهت غربی دارند. در ماههای آذر تا بهمن بادهای غالب جهت‌های غربی و شمال غربی، در اسفند غربی و جنوب غربی و در فروردین دوباره برتری با بادهای غربی و شمال غربی می‌شود.



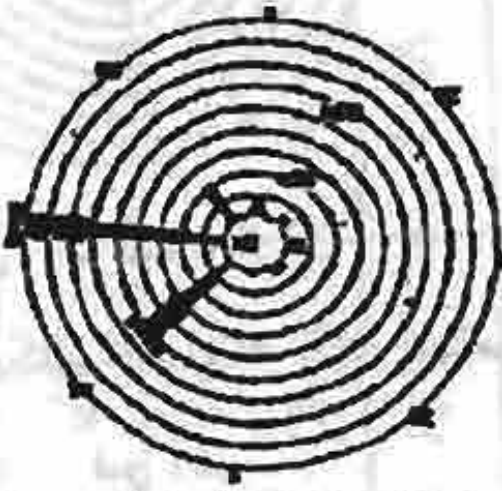
شکل ۲۵- گلباد تراز ۷۰۰
هکتوپاسکال ایستگاه کرمان در
دی



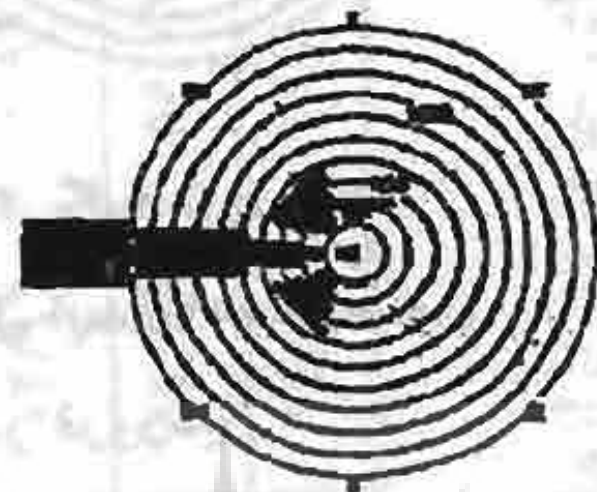
شکل ۲۶- گلباد تراز ۷۰۰
هکتوپاسکال ایستگاه کرمان در
بهمن



شکل ۲۷- گلباد تراز ۷۰۰
هکتوپاسکال ایستگاه کرمان در اسفند



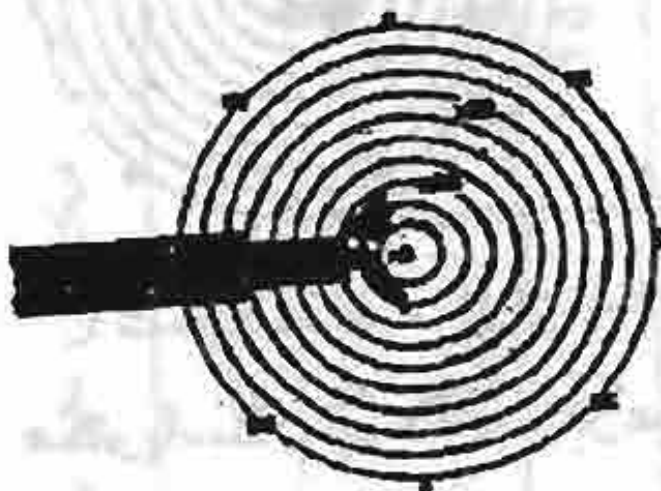
شکل ۲۸- گلباد تراز ۷۰۰
هکتوپاسکال
ایستگاه کرمان در فروردین



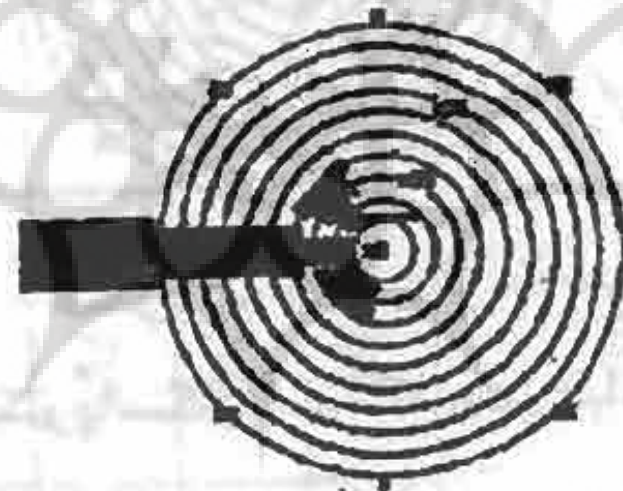
شکل ۲۹- گلباد تراز ۵۰۰
هکتوپاسکال ایستگاه کرمان در
آذر



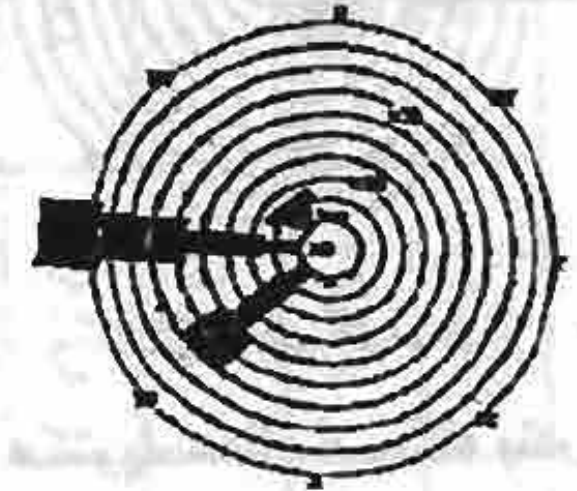
شکل ۳۰- گلباد تراز ۵۰۰
هکتوپاسکال ایستگاه کرمان در
دی



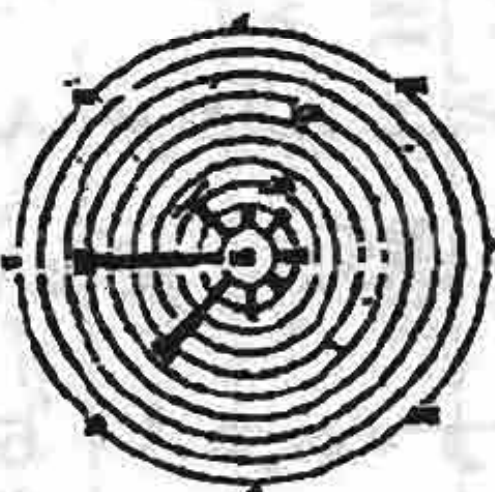
شکل ۳۱- گلباد تراز ۵۰۰
هکتوپاسکال ایستگاه کرمان در
بهمن



شکل ۳۲- گلباد تراز ۵۰۰
هکتوپاسکال ایستگاه کرمان در
اسفند



شکل ۳۳- گلباد تراز ۵۰۰
هکتوپاسکال ایستگاه کرمان در
فروردین



شکل ۳۴- گلباد تراز ۸۵۰
هکتوپاسکال ایستگاه بندرعباس
در آذر



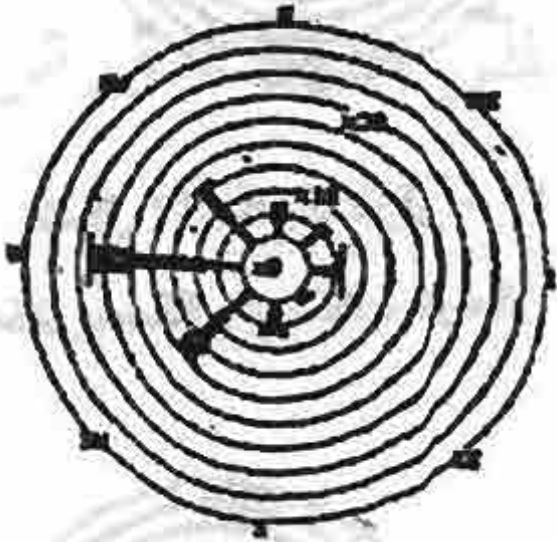
شکل ۳۵- گلباد تراز ۸۵۰
هکتوپاسکال ایستگاه بندرعباس
در دی



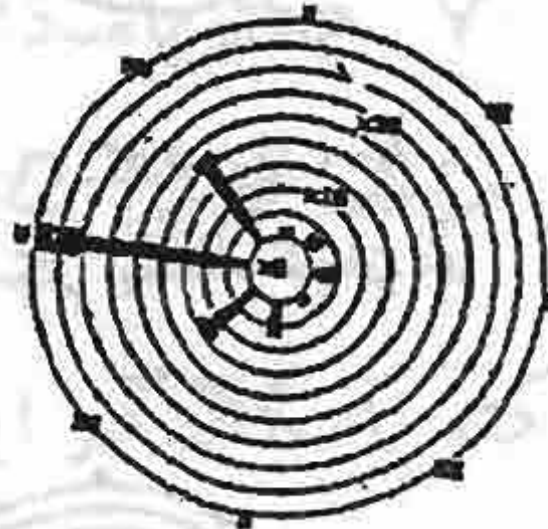
شکل ۳۶- گلباد تراز ۸۵۰
هکتوپاسکال ایستگاه بندرعباس
در بهمن

سرعت بادهای در ماههای سرد سال از ۴۰ نات در جهت غربی تجاوز می کند. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در این ایستگاه نیز بادهای غالب جهت غربی دارند. با مشاهده جدول ۲ و گلبادهای این تراز (شکل‌های ۳۹ تا ۴۳) دیده می شود که در ماههای بارشی و سرد

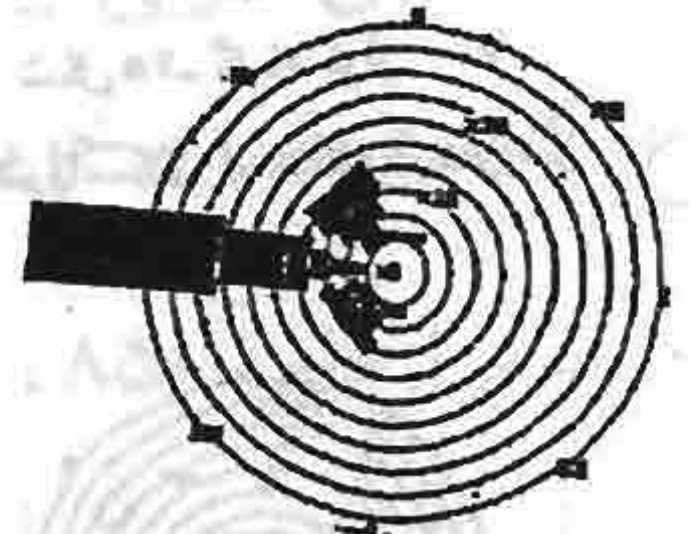
سال از آذر تا فروردین بیش از ۹۰ درصد بادهای از غرب و شمال غرب می‌وزند. در این سطح بیش از ترازهای ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتو پاسکال فرآیند مؤلفه غربی بودن بادهای قابل توجه شده و از نظر جهات وزش از تنوع کمتری برخوردار می‌شوند و سرعت آنها به بیشترین مقدار خود می‌رسد.



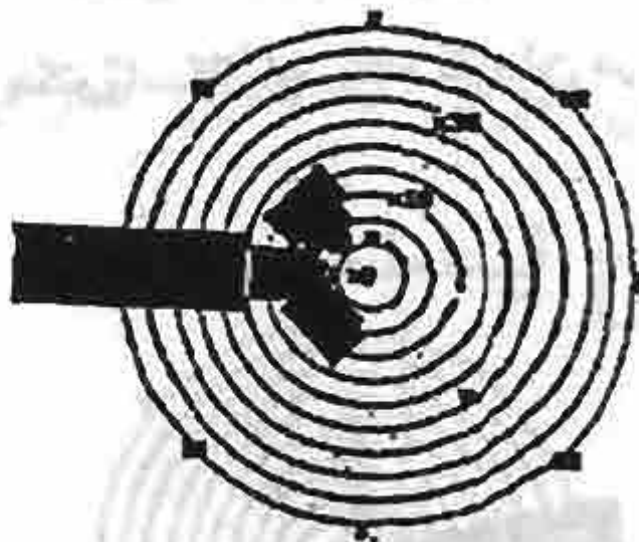
شکل ۲۷- گلباد تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ایستگاه بندرعباس در اسفند



شکل ۲۸- گلباد تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ایستگاه بندرعباس در فروردین



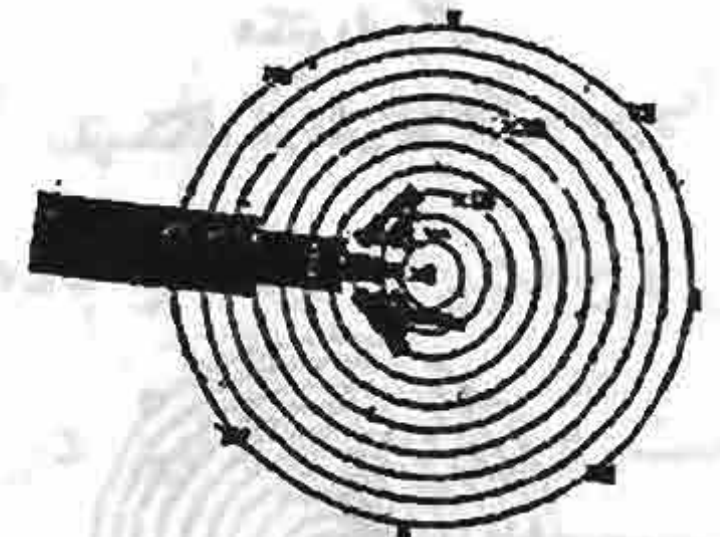
شکل ۲۹- گلباد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ایستگاه بندرعباس در آذر



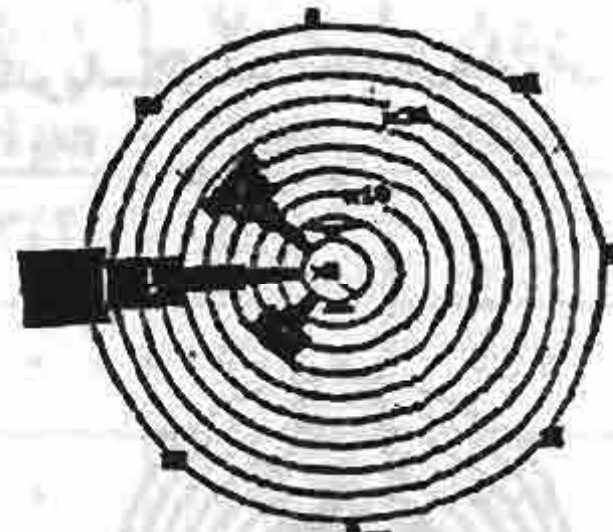
شکل ۴۰- گلباد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ایستگاه بندرعباس در دی



شکل ۴۱- گلباد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ایستگاه بندرعباس در بهمن



شکل ۴۲- گلباد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ایستگاه بندرعباس در اسفند



شکل ۴۳- گلباد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ایستگاه بندرعباس در فروردین

ترازهای ۷۰۰، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال ایستگاه شیراز با توجه به جدول ۳، مشاهده می‌گردد که بیشترین درصد فراوانی رخداد بادهای بارشی سال در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ۸۰ تا ۹۵ درصد، در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ۷۳ تا ۹۰ درصد و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۹۰ تا ۹۹ درصد مؤلفه غربی دارند.

ج- وضعیت بادهای بارشی نمونه

با استفاده از دفترهای جو بالا و داده‌های جهت و سرعت باد ترازهای فوقانی ایستگاه‌های جو بالای کرمان، بندرعباس و شیراز در روزهای بارشی سال در طول دوره آماری مورد نظر، مشخص می‌شود که در روزهای بارشی در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ۷۸ الی ۱۰۰ درصد و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بیش از ۹۵٪ بادهای جهات غربی دارند (جدول ۴).

جدول ۳ میانگین درصد فراوانی جهت باد در ترازهای مختلف جو در ماههای بارانی در ایستگاه شیراز (۱۹۸۴-۱۹۹۵)

فروردین	اسفند		بهمن		دی		آذر		جهت باد
	Hpa	Hpa	Hpa	Hpa	Hpa	Hpa	Hpa	Hpa	
۵۰۰	۸۵۰	۷۰۰	۷۰۰	۸۵۰	۵۰۰	۷۰۰	۵۰۰	۷۰۰	۸۵۰
۴/۴۹	۱/۷۵	۳/۹۱	۵/۱۸	۱/۴۵	۳/۸۵	۸/۱۶	۲/۹۸	۷/۴۱	۴/۱۶
۰/۶۲	۰/۸۸	۱/۱۲	۱/۴۸	۱/۴۵	۰/۷۷	۲/۷۲	۴/۴۸	۴/۶۳	۲/۷۷
۱/۲۴	۰/۸۸	۳/۳۵	۱/۴۸	۴/۳۴	۰/۷۷	۲/۰۴	۲/۹۸	۰	۲/۷۷
۰/۶۲	۳/۵۱	۰/۵۶	۰	۱/۴۵	۰	۲/۰۴	۰	۰/۹۳	۵/۵۶
۳/۰۸	۲/۶۳	۵/۰۳	۱/۴۸	۴/۳۴	۰/۷۷	۲/۷۲	۲/۹۸	۲/۷۷	۴/۱۷
۲۳/۴۵	۱/۷۵	۱۶/۷۵	۱۹/۲۶	۵/۷۹	۶/۹۲	۱۲/۹۲	۲/۹۸	۱۶/۶۶	۲/۷۷
۵۵/۵۵	۶۲/۲۸	۴۹/۱۶	۵۳/۳۴	۴۴/۹۳	۷۳/۰۷	۵۲/۳۸	۵۶/۷۲	۴۶/۲۹	۴۱/۶۷
۱۰/۴۹	۲۶/۳۱	۲۰/۱۱	۱۷/۷۷	۳۶/۲۴	۱۳/۸۵	۱۷/۰۱	۲۶/۸۷	۲۱/۳	۳۶/۱۱

جدول ۴ درصد فراوانی جهت جریانهای جوی در ترازهای ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال در ایستگاههای جو بالای کرمان، بندرعباس و شیراز در روزهای بارشی

شیراز	بندرعباس		کرمان		جهت جریان
	Hpa	Hpa	Hpa	Hpa	
۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۵۰۰	
۲۲/۲۲	۵۵/۸۸	۷۲/۷۲	۳۶	۵۶	W
۴۴/۴۴	۲۰/۵۹	۹/۱	۲۰	۲۴	SW
۱۱/۱۱	۲۰/۵۹	۱۸/۱۸	۴۰	۲۰	NW
۵/۵۵	۲/۹۴	۰	۴	۰	N

در روزهای بارشی، جهت بادهای غالب در ترازهای میانی و فوقانی جو در ایستگاه‌های کرمان و شیراز بین ۱۸۰ تا ۳۳۰ درجه و بیشترین سرعت آنها در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ۵۴ نات، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۹۸ نات و در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال به ۱۶۲ نات می‌رسد. باد غالب سطح زمین در این ایستگاه‌ها به طور عمده بین ۱۸۰ تا ۳۶۰ درجه و حداکثر سرعت آن به ۱۸ نات می‌رسد. (جدول‌های ۵ و ۶).

جدول ۵ جهت و سرعت جریان‌های جوی در روزهای بارشی در ایستگاه کرمان

سال	ماه	روز	سطح زمین		تراز ۷۰۰ Hpa		تراز ۵۰۰ Hpa		تراز ۳۰۰ Hpa	
			جهت به درجه	سرعت به نات	جهت به درجه	سرعت به نات	جهت به درجه	سرعت به نات	جهت به درجه	سرعت به نات
۱۹۸۴	می	۹	۳۴۰	۱۲	۳۲۰	۲۴۰	۴۲	۲۴۰	۲۴۰	۲۹
		۱۲	۲۴۰	۷	۲۵۰	۲۴۰	۲۰	۲۴۰	۲۸۰	۸۰
۱۹۸۸	فوریه	۱۲	۲۱۰	۹	۲۲۰	۲۴۰	۱۳	۲۴۰	۲۶۰	۳۶
		۱۳	۳۶۰	۳	۲۲۰	۲۱۰	۱۸	۲۱۰	۳۱۰	۸۶
		۱۴	۲۲۰	۱۰	۲۷۰	۲۷۰	۳۸	۲۷۰	۲۷۰	۷۰
		۱۵	۲۱۰	۱۰	۲۲۰	۲۳۰	۱۶	۲۳۰	۲۶۰	۴۳
		۱۶	۲۵۰	۴	۲۵۰	۲۸۰	۳۵	۲۸۰	۲۹۰	۵۹
		۲۵	۳۳۰	۵	۳۲۰	۳۲۰	۴۷	۳۲۰	۳۰۰	۷۴
۱۹۸۸	مارس	۲۶	۲۶۰	۶	۳۴۰	۳۳۰	۴۸	۳۳۰	۳۲۰	۱۰۲
		۲۷	-	-	۲۸۰	۲۸۰	۵۶	۲۸۰	۲۸۰	۱۱۵
۱۹۸۹	دسامبر	۱۲	۱۹۰	۲	۲۳۰	۲۶۰	۴۳	۲۶۰	۲۷۰	۶۴
		۱۳	۲۸۰	۱۰	۲۸۰	۲۵۰	۳۶	۲۵۰	۲۷۰	۳۲
		۱۶	۲۱۰	۱۲	۲۲۰	۲۶۰	۴۸	۲۶۰	۲۷۰	۵۵
۱۹۹۱	ژانویه	۱۹	۲۱۰	۸	۳۰۰	۲۸۰	۵۴	۲۸۰	۲۹۰	۱۰۰
		۲۰	۳۱۰	۱۰	۳۰۰	۲۹۰	۵۲	۲۹۰	۲۹۰	۶۵
		۲۱	۲۲۰	۱۰	۲۷۰	۲۹۰	۷۱	۲۹۰	۲۸۰	۹۶
۱۹۹۱	دسامبر	۲۸	۲۶۰	۷	۲۷۰	۳۰۰	۵۶	۳۰۰	۳۰۰	۸۶
		۲۹	۳۲۰	۱۰	۳۰۰	۲۹۰	۷۵	۲۹۰	۲۹۰	۱۳۰
		۳۰	۲۴۰	۸	۳۰۰	۳۰۰	۵۱	۳۰۰	-	-
		۳۱	۳۲۰	۴	۳۱۰	۲۹۰	۵۳	۲۹۰	۲۹۰	۱۰۸
		۲۸	۲۶۰	۳	۲۶۰	۲۹۰	۳۲	۲۹۰	۳۲۰	۶۸
۱۹۹۳	ژانویه	۲۹	۶۰	۲	۳۳۰	۳۱۰	۵۸	۳۱۰	۲۸۰	۷۲

با توجه به جنوب و جنوب غربی و حتی جنوب شرقی بودن بادهای در سطح زمین و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بندر عباس و شیراز در روزهای بارشی (جدول‌های ۶ و ۷) و با عنایت به اینکه سیستم‌های جوی که از آبهای جنوب کشور وارد منطقه می‌شوند، در درون همین بادهای حرکت کرده پس از کسب رطوبت و گرما می‌توانند ایجاد ناپایداری و تولید ابر و بارش نمایند.

جدول ۶ جهت و سرعت جریان‌های جوی در روزهای بارشی در ایستگاه شیراز

سال	ماه	روز	سطح زمین		۸۵۰ Hpa		۷۰۰ Hpa		۵۰۰ Hpa		۳۰۰ Hpa	
			جهت به درجه	سرعت به نات	جهت به درجه	سرعت به نات	جهت به درجه	سرعت به نات	جهت به درجه	سرعت به نات	جهت به درجه	سرعت به نات
۱۹۸۴	می	۸	۳۰	۳	۱۸۰	۵	۲۵۰	۲۴	۲۵۰	۲۷	۲۵۰	
		۹	۳۱۰	۴	۱۰۵	۵	۷۵	۵	۷۵	-	-	
		۱۰	-	-	۲۲۵	۷	۲۲۵	۲۳	۲۳۵	-	-	
		۱۱	-	-	۲۴۵	۵	۲۴۵	۱۵	۲۶۰	۲۴	۲۴۰	
۱۹۸۸	فوریه	۱۲	۳۰۰	۴	-	-	-	-	-	-	-	
		۱۳	۲۸۰	۴	۲۸۰	-	-	-	-	-	-	
		۱۶	-	-	۲۲۰	۸	۲۲۰	۴۲	۲۷۰	۹۰	۲۶۰	
		۱۷	۱۱۰	۱۲	۱۱۰	-	-	-	-	-	-	
۱۹۸۸	مارس	۱۸	-	-	۲۴۰	۱۰	۲۴۰	-	-	-	-	
		۲۲	۲۵۰	۶	۲۵۰	۳۴	۲۶۰	۵۰	۲۷۰	-	-	
		۲۴	۲۴۰	۴	-	۲۴	۳۰۰	۸۴	۳۱۰	-	-	
		۲۵	۲۸۰	۴	۲۸۰	۲۰	۳۱۰	۵۸	۳۰۰	-	-	
۱۹۸۹	دسامبر	۱۵	۱۱۰	۶	-	-	-	-	-	-	-	
		۱۶	-	-	۲۳۰	۱۲	۲۳۰	۳۶	۲۵۰	-	-	
		۱۷	-	-	۳۵۰	۶	۳۵۰	۱۶	۳۳۰	-	-	
۱۹۹۱	ژانویه	۱۷	-	-	۱۶۰	۱۴	۱۶۰	۵۰	۲۹۰	۸۲	۲۷۰	
		۱۸	-	-	۲۹۰	۲۲	۲۹۰	۴۹	۲۸۰	-	-	
۱۹۹۳	ژانویه- فوریه	۲۹	-	-	۲۷۰	۴۲	۲۷۰	۷۲	۲۸۰	-	-	
		۳۰	-	-	۲۸۰	۳۸	۲۸۰	۶۴	۲۸۰	-	-	
		۳۱	-	-	۲۴۰	۳۴	۲۴۰	۵۴	۲۳۰	-	-	
		۱	-	-	۲۲۰	۲۶	۲۲۰	۵۰	۲۵۰	-	-	
		۲	-	-	۲۱۰	۲۰	۲۱۰	۵۵	۲۵۰	-	-	
		۳	۱۰۰	۱۰	۲۲۰	۳۲	-	-	-	-	-	

جدول ۷ جهت و سرعت جریان‌های جوی در روزهای بارشی در ایستگاه بندرعباس

سال	ماه	روز	سطح زمین		تراز ۸۵۰ Hpa		تراز ۷۰۰ Hpa		تراز ۵۰۰ Hpa		تراز ۳۰۰ Hpa	
			جهت به درجه	سرعت به نات	جهت به درجه	سرعت به نات	جهت به درجه	سرعت به نات	جهت به درجه	سرعت به نات	جهت به درجه	سرعت به نات
۱۹۸۸	فوریه	۱۲	۲۱۰	۸	۲۲۰	۶	۳۱۰	۱۰	۲۹۰	۵۷	۲۹۰	۱۰۶
		۱۳	۲۳۰	۱۰	۴۰	۶	۳۲۰	۱۸	۲۹۰	۴۴	۲۸۰	۱۱۴
		۱۴	۶۰	۸	۱۴۰	۶	۲۵۰	۱۴	۲۷۰	۴۶	۲۵۰	۱۱۱
		۱۵	۲۱۰	۱۰	۳۱۰	۲	۲۷۰	۲۴	۲۸۰	۴۲	۲۷۰	۸۸
		۱۶	۱۶۰	۱۰	۱۲۰	۱۰	۲۲۰	۲۰	۲۷۰	۳۶	۲۷۰	۹۰
۱۹۸۸	مارس	۲۵	۱۹۰	۶	۲۸۰	۲	۳۱۰	۱۵	۳۰۰	۲۸	۳۰۰	۶۰
		۲۶	۱۸۰	۵	۳۶۰	۲	۲۹۰	۱۱	۳۰۰	۲۳	۳۰۰	۴۷
		۲۷	۲۱۰	۷	۲۷۰	۶	۲۶۰	۲۱	۲۸۰	۲۸	۲۸۰	۵۲
		۲۸	۱۸۰	۶	۲۸۰	۶	۲۸۰	۱۴	۲۹۰	۲۱	۲۹۰	۵۰
۱۹۹۱	ژانویه	۱۸	۱۸۰	۶	۲۹۰	۱۰	۲۸۰	۲۴	۲۸۰	۶۲	۲۸۰	۹۴
		۱۹	۲۳۰	۷	۲۷۰	۱۶	۲۸۰	۳۶	۲۸۰	۵۴	۲۷۰	۸۶
		۲۰	۲۷۰	۶	۳۰۰	۱۴	۲۹۰	۲۲	۲۸۰	۵۰	۲۷۰	۷۸
		۲۱	۲۲۰	۵	۲۸۰	۱۴	۲۶۰	۳۲	۲۷۰	۴۲	۲۷۰	۷۴
		۲۲	۱۹۰	۶	۲۶۰	۱۲	۲۷۰	۲۴	۲۷۰	۶۳	۲۷۰	۹۴
۱۹۹۱	دسامبر	۲۸	-	-	۲۸۰	۸	۲۸۰	۳۰	۲۹۰	۴۸	۲۹۰	۸۶
		۲۹	۲۸۰	۲	۲۹۰	۱۰	۳۰۰	۳۶	۲۹۰	۷۱	۲۸۰	۱۰۲
		۳۰	۲۳۰	۷	۲۸۰	۴	۲۹۰	۳۲	۲۹۰	۶۲	۲۸۰	۱۰۶
		۳۱	۲۷۰	۲	۳۰۰	۸	۳۰۰	۳۰	۳۰۰	۵۸	۳۰۰	۹۸
۱۹۹۲	دسامبر	۱	۱۹۰	۳	۲۲۰	۲۰	۲۲۰	۲۶	۲۷۰	۶۴	۲۷۰	۹۸
		۱۸	۲۵۰	۳	۲۵۰	۴	۲۸۰	۱۸	۲۶۰	۲۸	۲۶۰	۴۴
		۱۹	۲۶۰	۲	۲۵۰	۱۰	۲۴۰	۱۸	۲۴۰	۲۶	۲۴۰	۴۶
		۲۰	۱۸۰	۴	۲۲۰	۱۰	۲۳۰	۱۴	۲۴۰	۳۰	۲۴۰	۶۰
		۲۱	۶۰	۸	۲۷۰	۲	۲۵۰	۲	۲۵۰	۳۲۰	۲	۷۰
۱۹۹۴	مارس	۲۲	۱۷۰	۹	۱۹۰	۲۸	۲۲۰	۴۱	۲۲۰	۶۰	۲۶۰	۴۸
		۵	۲۲۰	۸	۴۰	۵	۲۴۰	۱۲	۲۴۰	۲۸	۲۴۰	۴۶
		۶	۲۱۰	۱۲	۵۰	۸	۱۰	۱۲	۳۳۰	۱۶	۲۹۰	۳۸
		۷	۲۱۰	۸	۲۴۰	۶	۲۶۰	۲۲	۲۶۰	۴۰	۲۶۰	۵۴
		۱	۱۹۰	۸	۲۵۰	۱۰	۲۷۰	۲۲	۲۸۰	۵۰	۲۹۰	۵۸
۱۹۹۵	فوریه	۲	۳۱۰	۶	۱۱۰	۲	۳۱۰	۱۶	۲۸۰	۴۴	۲۸۰	۷۶
		۳	۱۵۰	۶	۳۱۰	۱۲	۳۰۰	۲۸	۲۹۰	۳۶	۲۹۰	۱۰۴
		۴	۱۹۰	۱۰	۲۶۰	۱۴	۲۶۰	۱۸	۲۹۰	۴۸	۲۸۰	۵۲

د- وضعیت جریانهای جوی، باد و رطوبت در دوره بارشی نمونه ۲۲-۱۸ دسامبر ۱۹۹۲ جهت اختصار داده‌های سرعت و جهت باد و داده‌های رطوبتی سطح زمین و تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ایستگاه جو بالای بندرعباس را با داده‌های رطوبتی سطح زمین و تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ایستگاههای جو بالای کرمان و شیراز در دوره بارشی مذکور مقایسه می‌کنیم. در روز ۱۸ دسامبر ۱۹۹۲ سیستم کم‌فشاری بر روی شبه جزیره عربستان مستقر بوده که مرکز آن در نواحی جنوب غربی شبه جزیره عربستان و جنوب دریای سرخ و سودان قرار دارد و سراسر ایران به ویژه مرکز آن تحت نفوذ پرفشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکال واقع شده است. در این روز در ایستگاه بندرعباس جهت باد در سطح زمین ۲۵۰ درجه با سرعت ۳ نات، در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ۴ نات و در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال با جهت ۲۵۰ درجه به ۴۴ نات می‌رسد و نشان می‌دهد که گرادیان افقی دما در منطقه ناچیز است و فرارفت هوای گرم وجود ندارد.

در روز ۱۹ دسامبر کم‌فشار واقع بر روی شبه جزیره عربستان به سبب انتقال پرفشار شمال ایران به سوی عرض‌های شمالی‌تر، به مرکز ایران نزدیک شده است و مناطق جنوب شرق، شرق و مرکز ایران تحت تأثیر کم‌فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال واقع شده است. در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال ناوهای کم‌عمق ولی باز و گسترده بر روی نواحی شرق مدیترانه و کشورهای سوریه و لبنان گسترده شده است. در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال این روز کوران شدیدی با سرعت مرکزی ۱۲۰ نات بر روی شمال شبه جزیره عربستان تا خلیج فارس و دریای عمان و جنوب شرقی ایران کشیده شده است. در روزهای ۲۰، ۲۱ و ۲۲ دسامبر این دوره کم‌فشار مستقر بر روی شبه جزیره عربستان تقویت شده و گسترش زیادی یافته است و تا نواحی جنوبی، مرکزی و شمال شرقی ایران را تحت تأثیر خود قرار داده است. در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال این روزها ناوه مستقر در شرق مدیترانه عمیق‌تر و جریان‌های جوی، جنوبی و جنوب غربی شده است. وجود جریانهای جنوب غربی و وجود یک منطقه وسیع با رطوبت زیاد در شمال تنگه هرمز و مرکز ایران، شاهدهی بر فرارفت هوای گرم در جلوی ناوه می‌باشد.

با مشاهده جدول‌های ۸ و ۹ در دوره بارشی نمونه دسامبر ۱۹۹۲ دیده می‌شود که در روز ۱۹ دسامبر این دوره بارشی در ایستگاه بندرعباس جهت باد در سطح زمین ۲۶۰ درجه با سرعت ۲ نات و در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ۲۴۰ درجه با سرعت ۱۸ نات بوده

که نشان می‌دهد گرادیان افقی دما در منطقه کرمان ناچیز است و فرارفت هوای گرم وجود ندارد. شاخص ناپایداری شولتر در ایستگاه کرمان $Si = 10/9$ بوده که جو پایداری را نشان می‌دهد. لازم به توضیح است که اگر شاخص شولتر بین ۳ و ۱ باشد احتمال ناپایداری وجود دارد و اگر بین ۱ و ۳- باشد احتمال ناپایداری زیادتر می‌شود و اگر کمتر از ۳- باشد، شدت ناپایداری زیادتر می‌شود (فائمی و عدلی، ۱۳۷۱).

جدول ۸ پارامترهای جهت و سرعت باد و داده‌های رطوبتی در ایستگاه جو بالای بندر عباس در دوره بارشی نمونه (۲۲-۱۹ دسامبر ۱۹۹۲)

روز	سطح زمین				۷۰۰ Hpa			
	سرعت باد (نات)	جهت باد (درجه)	کمبود اشباع (درجه)	نقطه شبنم (درجه)	سرعت باد (نات)	جهت باد (درجه)	کمبود اشباع (درجه)	نقطه شبنم (درجه)
۱۹	۲	۲۶۰	۲	۱۷/۸	۱۸	۲۴۰	۲۶/۳	-۲۲/۸
۲۰	۴	۱۸۰	۹	۱۰/۶	۱۴	۲۳۰	۱۴/۷	-۱۲/۸
۲۱	۸	۶۰	۱/۳	۱۶/۵	۲	۲۵۰	۲/۸	-۰/۹
۲۲	۹	۱۷۰	۶/۸	۱۳/۸	۴۱	۲۲۰	۹	-۵/۱

جدول ۹ پارامترهای جهت و سرعت باد، داده‌های رطوبتی و شاخص ناپایداری در ایستگاه جو بالای کرمان در دوره بارشی نمونه (۲۲-۱۹ دسامبر ۱۹۹۲)

روز	سطح زمین			۷۰۰ Hpa			شاخص ناپایداری شولتر (Si)
	کمبود اشباع (درجه)	نقطه شبنم (درجه)	نسبت آمیزه (گرم بر کیلوگرم)	کمبود اشباع (درجه)	نقطه شبنم (درجه)	نسبت آمیزه (گرم بر کیلوگرم)	
۱۹	۸/۶	-۸	۲/۵	۱۷/۴	-۱۵/۲	۱/۶	۱۰/۹
۲۰	۱۰	-۵	۳/۲	۱۷/۷	-۱۶/۱	۱/۵	۸/۵
۲۱	۱/۴	۳/۶	۶	۲/۶	-۲/۶	۴/۱	۰/۳
۲۲	۲/۸	۶/۸	۷/۵	۳/۹	-۰/۹	۵	-۲/۶

در این روز داده‌های رطوبتی، خشک بودن جو منطقه کرمان را نشان می‌دهند (نسبت آمیزه ایستگاه کرمان در این روز در سطح زمین ناچیز بوده و به مقدار ۲/۵ گرم بر کیلوگرم می‌رسد). در روز ۲۰ دسامبر همین دوره بارشی در ایستگاه بندر عباس جهت جریان‌ها در سطح زمین ۱۸۰ درجه (جنوبی) و در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ۲۳۰ درجه است که به خوبی می‌تواند هوای گرم و مرطوب را به منطقه مورد مطالعه منتقل کند. شاخص ناپایداری در ایستگاه کرمان $Si = 8/5$ بوده و این نشان می‌دهد که جو منطقه به حالت

در روز ۲۱ دسامبر جهت جریان‌ها در ایستگاه بندر عباس در سطح زمین 60° درجه و در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال 250° درجه است. بنابراین در لایه‌های پایین جو، چینش باد وجود دارد و جهت باد موافق عقربه‌های ساعت بوده و به خوبی فرارفت هوای گرم و مرطوب را بر روی منطقه کرمان و مورد مطالعه نشان می‌دهد. شاخص ناپایداری $Si = 0/3$ بوده و ناپایداری نسبتاً شدیدی را نشان می‌دهد. در روز ۲۲ دسامبر این دوره بارشی، جهت جریانها در ایستگاه بندرعباس در سطح زمین 170° درجه با سرعت ۹ نات و در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال 220° درجه با سرعت ۴۱ نات است. بنابراین جهت بادهای جنوبی و جنوب غربی بوده، سرعت آنها نسبت به روزهای قبل افزایش یافته و فرارفت هوای گرم و مرطوب را به سوی منطقه مورد مطالعه ممکن می‌سازد. شاخص ناپایداری در ایستگاه کرمان ($Si = -2/6$) ناپایداری بسیار شدیدی را نشان می‌دهد و نسبت آمیزه به حداکثر میزان خود ($7/5$ گرم بر کیلوگرم) در این دوره بارشی نمونه رسیده است (جدول‌های ۸ و ۹).

داده‌های رطوبتی در ایستگاه شیراز نیز به خوبی افزایش رطوبت را در جو منطقه مورد مطالعه طی روزهای ۲۱ و ۲۲ دسامبر این دوره بارشی نشان می‌دهد (جدول ۱). شاخص ناپایداری Si در روز ۲۲ دسامبر در این ایستگاه $4/5$ بوده و نسبت آمیزه در سطح زمین به 6 گرم بر کیلوگرم رسیده است. بنابراین سیستم کم‌فشاری که در روز ۱۸ دسامبر ۱۹۹۲ بر روی سودان و شبه جزیره عربستان مستقر بوده است در روزهای بعد با توجه به جریان‌های مناسب سطوح فوقانی و میانی جو، گسترش این کم‌فشاری بر روی ایران و تغذیه خوب رطوبت از دریای عمان سبب ایجاد بارش‌های خوبی از روز ۲۰ تا ۲۲ دسامبر در ایران مرکزی از جمله استان‌های کرمان، یزد و منطقه شیرکوه شده است. مقدار بارش این دوره نمونه در ایستگاه‌های منشاد 42 ، ده‌بالا $19/5$ ، نیر 34 ، بند پایین 80 ، تنگ چنار 41 ، طزرجان $16/5$ ، دره زرشک $39/5$ ، دامک علی‌آباد $20/5$ ، علیقلی بردستان 25 ، خرمشاهی 177 ، میانده 113 ، دلفارد 172 ، کرمان $51/2$ ، ده بارز 189 ، بافت $117/5$ ، شیراز $102/5$ و بندر عباس $74/2$ میلیمتر گزارش شده است.

این سیستم از نواحی جنوبی وارد کشور شده و با تأثیرپذیری در نواحی جنوبی به تدریج به سوی شمال شرق حرکت کرده و در روزهای ۲۱ و ۲۲ دسامبر تمام منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر خود قرار داده است. این نوع سیستم‌ها و جریان‌های جوی که به خوبی بتوانند از آبهای جنوب کشور عبور کنند و از گرما و رطوبت این آبها تغذیه نمایند، در پروژه‌های افزایش بارش در منطقه مورد مطالعه بسیار مناسب می‌باشند.

جدول ۱۰ پارامترهای جهت و سرعت باد و داده‌های رطوبتی ایستگاه جو بالای شیراز در دوره بارشی نمونه (۲۲-۱۹ دسامبر ۱۹۹۲)

سطح زمین					۷۰۰ Hpa					
سرعت باد (نات)	جهت باد (درجه)	کمبود اشباع (درجه)	نقطه شبنم (درجه)	رطوبت نسبی (درصد)	رطوبت نسبی (درصد)	سرعت باد (نات)	جهت باد (درجه)	کمبود اشباع (درجه)	نقطه شبنم (درجه)	روز
۶	۲۷۰	۲/۱	۰/۹	۸۶	۴	-	-	۳۷/۵	-۳۷/۵	۱۹
-	-	۶	-۲	۶۵	۴۲	-	-	۱۰/۹	-۱۳	۲۰
۴	۲۵۰	۰/۶	۰/۲	۹۶	۹۶	-	-	۰/۶	-۲/۱	۲۱
-	-	۰/۹	۴/۵	۹۴	۸۰	-	-	۳/۱	-۱/۹	۲۲

نتیجه

با توجه به بررسی‌های فوق در ارتباط با جهت و سرعت باد در سطح زمین و ترازهای فوقانی جو و بر اساس مطالعه گلبادهای ترسیم شده، مشخص می‌گردد که در ماههای سرد و بارشی یعنی از آذر تا فروردین بادهای غالب به طور عمده از غرب می‌وزند و در همین ماهها از سرعت بیشتری نیز برخوردارند. در ایستگاه بندرعباس بادهای سطح زمین بیشتر از جنوب، جنوب غرب و حتی از جنوب شرق می‌وزند و چون سیستم‌های جوی در درون این بادهای حرکت می‌کنند، این بادهای به خوبی می‌توانند از رطوبت و گرمای آبهای جنوب کشور تغذیه شوند و در ایجاد ناپایداری‌ها و تشکیل ابر و بارش در منطقه مورد مطالعه مؤثر واقع شوند. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ایستگاه‌های بندرعباس، کرمان و شیراز بیش از ۹۵ درصد بادهای و در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال این ایستگاه‌ها بیش از ۸۰ درصد بادهای از غرب می‌وزند. از سطح زمین تا تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال ایستگاه‌های کرمان و شیراز در دوره‌ها و روزهای مختلف بارشی، جهت بادهای غالب عمدتاً بین ۱۷۰ تا ۳۴۰ درجه در نوسان است و سرعت آنها در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به ۹۸ نات و در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال به ۵۴ نات نیز می‌رسد. بررسی‌ها نشان می‌دهند که از این نظر در روزهای بارشی در ترازهای مختلف جو نوعی چینش باد به وجود می‌آید که می‌تواند نوعی شرایط ناپایداری را در لایه‌های جو ایجاد نماید. این جریان‌ها تأمین کننده رطوبت و انرژی لازم برای ورود به منطقه مورد مطالعه از عرض‌های پایین‌تر هستند. این بادهای جنوبی و جنوب غربی به طور مایل از دامنه‌های جنوبی ارتفاعات بلند منطقه مورد مطالعه حرکت کرده و در نتیجه حرکت صعودی هوا را تشدید نموده و می‌توانند بر شدت بارش بیفزایند.

جریان‌های جوی که بتوانند از آبهای جنوب کشور عبور کنند و از رطوبت و گرمای

این آبها تغذیه شوند، می توانند رطوبت و انرژی لازم را برای تشکیل ابرهای بارور شونده و ایجاد بارش در این منطقه فراهم نمایند. برای اینکه تمام مواد باروری ابرها بتوانند بر روی منطقه مورد مطالعه حمل شوند، باید این موضوع مد نظر طراحان پروژههای افزایش بارش قرار بگیرد. بنابراین تمام این شرایط را می توان به عنوان امتیازی مثبت جهت پیش بینی روزهای بارشی در راستای مقابله با مشکل کم آبی و اجرای پروژههای افزایش بارش در این منطقه از کشور تلقی نمود. البته مشاهدات مستقیم راداری در موقع اجرای آزمایشی این پروژهها، می تواند با نشان دادن جزئیات دقیق تری نتایج این تحقیق را تکمیل نماید.

منابع و مآخذ

۱. اداره کل هواشناسی استان یزد، ۱۳۸۲.
۲. امیدوار، کمال (۱۳۸۰)؛ امکان سنجی باروری ابرها در ارتفاعات جنوبی کرمان، رساله دکترای اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.
۳. امیدوار، کمال (۱۳۸۳)؛ طرح پژوهشی تحلیل سینوپتیکی و ترمودینامیکی رخداد بارش در شیرکوه، دانشگاه یزد.
۴. سازمان هواشناسی کشور، اداره کل خدمات ماشینی، آمار وضعیت باد ایستگاههای بندرعباس، کرمان، بافت، یزد، شیراز و اصفهان در طول دوره آماری مورد نظر.
۵. سازمان هواشناسی کشور، داده های جو بالای ایستگاههای جو بالای بندرعباس، کرمان و شیراز در دوره آماری مورد مطالعه.
۶. سرداری، محمدعلی (۱۳۷۴)؛ بررسی آمار به دست آمده از عملیات باران زایی مصنوعی در حوضه آبریز رودخانه های کرج و جاجرود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، صص ۱۴۷-۱۴۶.
۷. قائمی، هوشنگ (۱۳۴۹)؛ بادهای شدید سطوح فوقانی در منطقه خاور میانه، نشریه هواشناسی.
۸. قائمی و عدل (۱۳۷۱)؛ ناپایداری و توفانهای رعد و برق، سازمان هواشناسی کشور.
۹. مبین، محمدحسین (۱۳۷۸)؛ بررسی وضعیت بارش و امکان افزایش آن در حوضه زاینده رود، رساله دکترای اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان.
۱۰. نصیرزاده، مهدی (۱۳۶۸)؛ چینه قائم باد روی تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه تهران.
۱۱. وزارت نیرو (۱۳۷۷)؛ مرکز ملی تحقیقات و مطالعات باروری ابرها، گزارش شماره ۲.
۱۲. وزارت نیرو (۱۳۷۷)؛ شرکت سهامی آب منطقه ای کرمان، سیمای آب استان کرمان.
13. Ali. A & Mustafa. A (1999); Syrian rain enhancement Project, Presented at 7th W.M.O conference Thailand.
14. Austin. G (1982); Preliminary assessment report of the site selection, report No. 28.
15. Baddour Omar (1995); Morocco's precipitation enhancement project, Workshop Terrigal Australia, pp 37-40.
16. Daniel R (1995); Rain enhancement in Israel, Workshop Terrigal Australia 43-47.
17. Dennis A.S (1980); Weather modification by cloud seeding, Academic press INC New York.
18. Hafiz A (1999); Wind element as the best result parameter for weather modification at 700 Hpa, Thailand, 1999.
19. Ryan (1995); A Critical review of the Australian experience in cloud seeding, Amer, Meteor, Soc No 78, p. 239.
20. Tohboub I (1997); A study on 10 years period of cloud seeding over Jordan, pp 15-20.
21. W.M.O (1987); Weather modification programme, PEP No 9, pp 13-20.
22. W.M.O (1992); Statement on the status of weather modification, Approved July 1992 pp. 1-20.
23. W.M.O (1979); Training workshop on weather modification, PEP No. 13, P 102.
24. W.M.O (1978); Survey of the climatology and synoptic, PEP No. 10, P.43.

علی اصغر آل شیخ، مدیر گروه مهندسی GIS دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

A. A. ALE-Sheikh

علی اکبر نوروزی، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

A. A. Nourouzi

محمد رضا جعفری، کارشناس ارشد GIS

M. R. Jafari

شماره مقاله: ۶۲۳

مدل سازی فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه آبخیز چیخواب با استفاده از روش پسیاک اصلاح شده و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)

چکیده

فرسایش خاک از جمله معضلات مهم آبخیزهای کشور به حساب می‌آید که می‌توان به عنوان یکی از مهمترین موانع دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی از آن نام برد. رسوبات ناشی از فرسایش حوزه‌های آبخیز معمولاً پس از بارندگی‌ها به رودخانه رسیده و با رسوبات ناشی از فرسایش دیواره و بستر رودخانه همراه می‌شوند و تأسیسات آبی موجود در مسیر رودخانه‌ها را تحت تأثیر قرار داده و عمر مفید مخازن سدها را کاهش می‌دهند. از این رو مطالعه کمی و کیفی رسوبات جهت برنامه‌ریزی درازمدت در سازه‌های آبی امری ضروری است.

با توجه به اینکه پروژه احداث سد بر روی رودخانه چیخواب (دشت موسیان در استان ایلام) در دست مطالعه می‌باشد، در این مقاله کیفیت و کمیت فرسایش و رسوب حوزه فوق با استفاده از روش اصلاح شده پسیاک^۱ و در محیط GIS^۲ مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این راستا پس از گردآوری، آماده سازی و ورود لایه های اطلاعاتی به محیط GIS و تلفیق این لایه‌ها، حوزه به ۵۷۶ واحد رسوب‌زا تفکیک گردید که ۵۰۴ واحد آن در بالا دست سد واقع شده است. حداقل و حداکثر میزان رسوب تولیدی در این واحدها به ترتیب ۱/۶ و ۲۷/۳ تن در هکتار در سال برآورد گردید.

1. Pacific South-West Inter-Agency Committee (PSIAC).

2. Geographic Information System.

میزان رسوب تولیدی حوزه $505737/3$ تن در سال و میزان بار رسوبی حوزه در محل سد $397298/3$ تن معادل $264865/5$ مترمکعب در سال محاسبه گردید. از نظر کلاسهای فرسایشی و شدت رسوبدهی حوزه به چهار کلاس کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تفکیک و کل حوزه در کلاس فرسایشی زیاد قرار می‌گیرد.

کلید واژه‌ها: حوزه‌های آبخیز، فرسایش خاک، رسوبدهی، GIS، PSIAC.

مقدمه

فرسایش در حوضه‌های آبریز سبب از بین رفتن قشر سطحی خاک و کاهش زمین‌های زراعی می‌گردد. رسوب به مجموعه موادی اطلاق می‌شود که همراه با جریان آب حرکت کرده و قطر ذرات آن مساوی یا کوچکتر از $d = 11RS$ است که R شعاع هیدرولیکی بر حسب متر، S شیب رودخانه، و d قطر ذرات بر حسب سانتی‌متر می‌باشد (آل شیخ، ۱۳۸۰، ۵۲). رسوبات ناشی از فرسایش عمر مفید مخازن را به مخاطره می‌اندازند. از مهمترین ابنیه آبی که به منظور حفظ و بهره‌برداری از منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرند سدها هستند. مطالعه مسایل مختلف مربوط به پروژه‌های سدسازی، حائز اهمیت فراوان است و نتایج حاصل از این مطالعات، احتمال موفقیت پروژه را افزایش می‌دهد. مطالعات فرسایش و رسوب در حوزه‌های آبخیز از جمله آن مسائل است (معتمد، ۱۳۵۹، ۴).

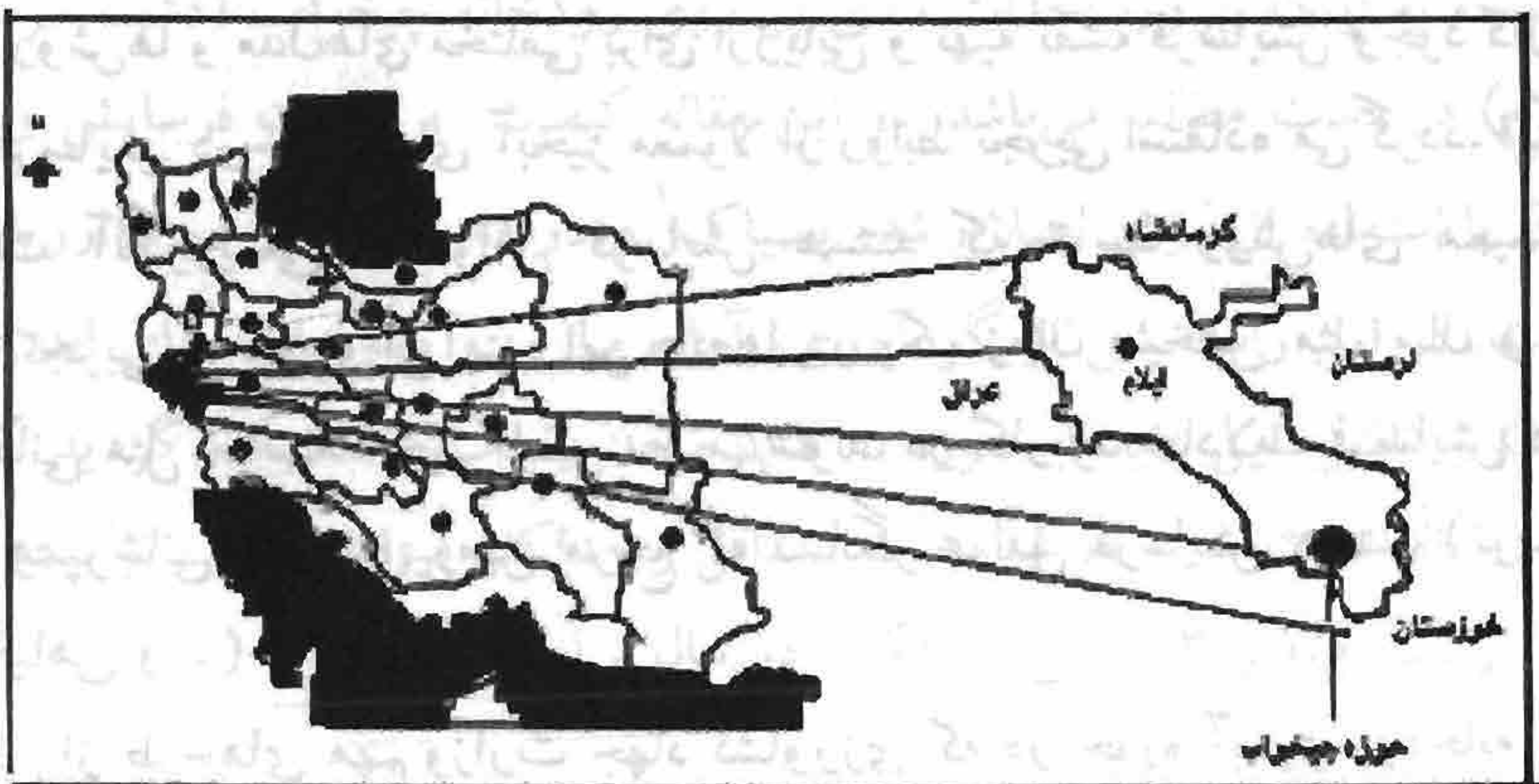
مقدار تولید رسوب بستگی به عوامل متعددی از قبیل سطح حوزه آبریز، پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، توزیع زمانی و مکانی بارندگی و شدت و مدت آن دارد. مکانیزم حمل رسوبات تولید شده توسط رودخانه نیز در مقدار رسوب‌گذاری در مخازن مؤثر می‌باشد. روش‌ها و مدل‌های مختلفی برای ارزیابی و تهیه نقشه فرسایش وجود دارد. برای ارزیابی فرسایش در حوضه‌های آبخیز معمولاً از روابط تجربی استفاده می‌گردد. این روابط به صورت آلوگوریتمی از عوامل فرسایش هستند که توسط روش‌های همبستگی از داده‌های تجربی به دست می‌آیند. این داده‌ها در یک زمان مشخص مثل سال و در یک حیطه مکانی مثل حوضه آبخیز طبقه‌بندی می‌شوند. در کاربرد معادلات فرسایش در محیط GIS به همپوشانی داده‌های زمین مرجع که نشانگر عوامل فرسایش هستند (توپوگرافی، پوشش گیاهی و ...) نیاز است.

یکی از طرح‌های مهم وزارت جهاد کشاورزی که در حوزه آبخیز رودخانه چیخواب (دهران، استان ایلام) در حال اجرا می‌باشد طرح آبخوانداری (تغذیه مصنوعی سفره‌های

آب زیرزمینی) از طریق پخش سیلاب و انتقال آب از رودخانه چیخواب به عرصه پخش سیلاب می‌باشد. از قسمتهای مهم این طرح، پروژه احداث سد چیخواب بر روی این رودخانه است که به لحاظ اقتصادی، اجتماعی و مسائل منابع طبیعی منطقه دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. از این رو مسأله وجود سازندهای حساس به فرسایش در بالا دست سد، بارش‌های سیل آسا در منطقه، عدم پوشش سطح زمین، کاربری نامناسب اراضی و بافت خاک، از جمله عواملی هستند که در ایجاد فرسایش و تولید رسوب در بستر رودخانه و بالادست سد نقش اساسی دارند (۱). در مقاله حاضر، بر اساس مدل پسیاک نقش نه عامل (زمین‌شناسی سطحی یا سنگ‌شناسی، خاک، آب و هوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش سطح زمین، استفاده از زمین، وضعیت فعلی فرسایش و فرسایش رودخانه‌ای) مؤثر در فرسایش از طریق وارد نمودن لایه‌های اطلاعاتی به محیط GIS، رقوم‌سازی و کلاسه‌بندی هر یک از لایه‌های اطلاعاتی مورد بررسی قرار گرفته و عوامل غالب‌تر و مؤثرتر در فرسایش مشخص شده و میزان تأثیر هر عامل در فرسایش و رسوبزائی حوزه تعیین گردیده است.

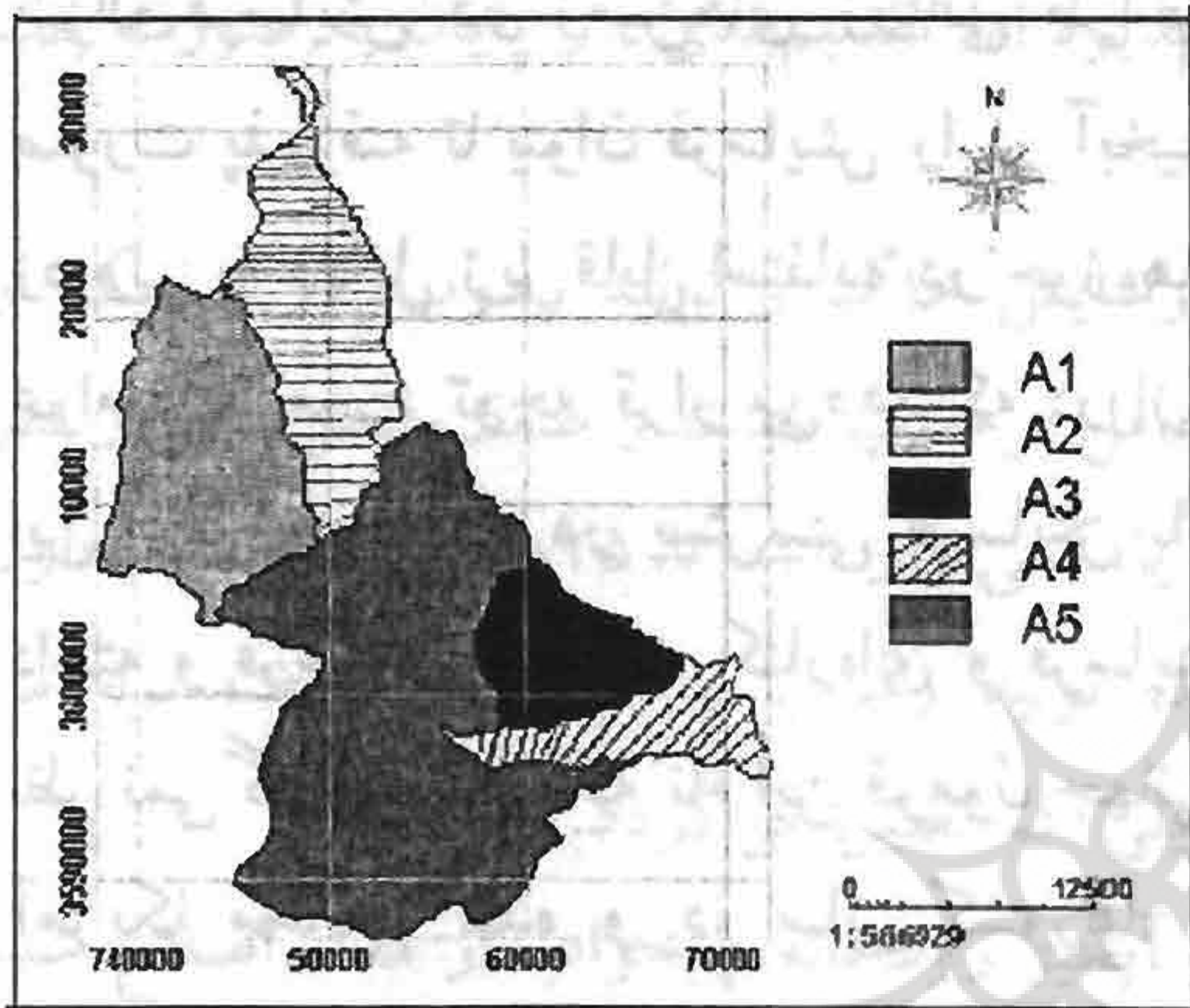
ویژگی‌های عمومی منطقه

حوزه آبخیز رودخانه چیخواب با مساحتی بالغ بر ۶۳۹ کیلومتر مربع، یکی از زیرحوزه‌های اصلی رودخانه دویرج می‌باشد که محل خروجی آن به رودخانه دویرج و دشت موسیان منتهی می‌شود. شکل ۱ موقعیت حوزه را در استان ایلام نشان می‌دهد. با توجه به عدم وجود ایستگاه‌های هیدرومتری، این حوزه به پنج زیر حوزه تفکیک شده که با علائم (A1, A2, A3, A4, A5) بر روی شکل ۲ مشخص گردیده است.



شکل ۱ موقعیت حوزه آبخیز رودخانه چیخواب

متوسط بارندگی حوزه ۳۳۸ میلی متر و میانگین درجه حرارت سالانه منطقه ۲۴/۷ درجه سانتی گراد می باشد. از نظر زمین شناسی، در این زیرحوزه سازندهای آسماری، گچساران، آغاچاری، بختیاری و آبرفتهای عهد حاضر رخنمون دارند. از میان سازندهای قدیمی، آغاچاری (و بخش لهبری آن) بخش وسیعی از منطقه را در جهت شمال غرب و



جنوب شرق پوشانیده است. در قسمتهای پست و ناحیه دشتی این زیرحوزه، آبرفتهای عهد حاضر دیده می شود. منطقه دارای خاکهای با بافت سبک، متوسط تا سنگین می باشد. پوشش گیاهی غالب منطقه را مراتع تشکیل داده و وضعیت مراتع نیز متوسط تا فقیر و در بعضی

از قسمتها فقیر تا خیلی فقیر تعیین شده است (۲).

مدل انتخابی برآورد فرسایش و رسوب حوزه

مطالعات انجام شده در ایران مبین آن است که اطلاعات آماری از دبی های اندازه گیری شده آب، به طور اعم و رسوب به طور اخص بسیار کم است. از طرفی کمبود آمار تحقیقاتی - کاربردی در زمینه ارزیابی کمی فرسایش خاک و تولید رسوب، کارشناسان بخش های مطالعاتی فرسایش خاک و تولید رسوب را وادار می نماید تا در حوزه های بدون آمار از فرمول های تجربی دیگر کشورها استفاده نمایند (رفاهی، ۱۳۷۸). لذا در این تحقیق ابتدا روش های معادله جهانی فرسایش خاک USLE^۳، موس گراو^۴، فائو^۵، روش دفتر مدیریت اراضی^۶ و پسیاک مورد بررسی های علمی و فنی قرار گرفت و نتایج زیر حاصل شد:

- روش معادله جهانی فرسایش خاک اساسا با تأکید بر مجموع انرژی بارندگی برای محاسبه شدت فرسایش سطحی حاصل از انواع فرسایش ورقه ای و شیاری توصیه شده است. با بررسی عوامل بکار گرفته شده در این روش ملاحظه می شود که صرف نظر از عدم

3. Universal Soil Loss Equation.
5. Food and Agricultural Organization.

4. Mousrave.
6. Bureau of Land Management.

وجود اطلاعات مربوط به برخی از آنها برای حوزه‌های آبخیز ایران، اصولاً این روش بیشتر برای اهداف تحقیقات مناسب است و چنانچه اطلاعات برای پارامترهای آن موجود باشد می‌تواند برای برآورد شدت فرسایش خاک حاصل از فرسایش ورقه‌ای و شیاری در سطح اراضی کشور کاربرد داشته باشد (شاه‌کرمی، ۱۳۷۳). این معادله بیشتر برای اندازه‌گیری میزان فرسایش در زمین‌های زراعی طراحی و کالیبره شده است. کوشش‌های زیادی صورت پذیرفته تا بتوان فرسایش را در آبخیزهای کوچک با استفاده از این روش تخمین زد ولی به دلایل زیر قابل استفاده در حوزه‌های آبخیز کوهستانی نمی‌باشد: این روش فقط عواملی را مورد توجه قرار می‌دهد که در از دست رفتن خاک زمین‌های زراعی مؤثرند؛ این روش تنها سعی در پیش‌بینی فرسایش بارانی، سطحی و شیاری از زمین‌های زراعی را داشته و فرسایش خندقی، کناره‌ای و فرسایش در زمین‌های غیرزراعی و آبخیزها را در نظر نمی‌گیرد؛ با این که نام این فرمول جهانی است اما تمام عوامل اندازه‌گیری شده برای آمریکا محاسبه شده و در سایر کشورها، نتیجه مطلوبی نداده است؛ این روش برای حداکثر شیب ۹ درصد طراحی شده است و نمی‌توان برای شیب‌های بیشتر از آن استفاده نمود؛ اندازه‌گیری عامل فرسایش دهندگی باران نیاز به اندازه‌گیری‌های دقیق و محاسبات پیچیده دارد که مشکلاتی را در محاسبات به وجود می‌آورد (احمدی، ۱۳۷۴).

● روش موس گراو برای برآورد فرسایش سطحی از طریق اندازه‌گیری چند عامل استفاده می‌شود. بنابراین برای اراضی کشاورزی قابل استفاده بوده ولی برای حوزه‌های آبخیز ایران با توجه به وسعت کوهستانی بودن آن کاربرد زیادی ندارد.

● در روش فائو برآورد فرسایش خاک مبتنی بر ارزیابی ۶ عامل (زمین‌شناسی سطحی، ساختمان و دانه‌بندی خاک، توپوگرافی، پوشش خاک، چگونگی استفاده از اراضی حوزه و وضعیت فرسایش) مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در یک حوزه آبخیز می‌باشد. در این روش هریک از عوامل فوق بر حسب اینکه چگونه و با چه شدتی در فرسایش خاک و تولید رسوب در یک واحد هیدرولوژیک و یا هر واحد اراضی از حوزه آبخیز مورد مطالعه تأثیر داشته باشد توسط کارشناس ارزیابی و وزن‌دهی می‌شود. سپس شدت فرسایش خاک تحت ۶ کلاس خیلی کم، کم، نسبتاً متوسط، متوسط، زیاد، و خیلی زیاد طبقه‌بندی می‌گردند. در این روش: محدوده وزن‌دهی هر عامل زیاد بوده و با توجه به آنکه نظرات کارشناسی متفاوت است، لذا نمی‌توان به رقم به دست آمده مطمئن بود؛

همچنین پوشش گیاهی که عامل مهمی در فرسایش است به صورت مشترک با سایر عناصر سطحی خاک در نظر گرفته شده است؛ و شدت فرسایش به صورت کمی بیان نمی‌گردد.

• در روش دفتر مدیریت اراضی نیز مانند روش FAO عوامل موثر، به تناسب شدت تاثیرشان در روند فرسایش خاک نمره‌گذاری می‌شوند. اگرچه ارزیابی عوامل مؤثر در فرسایش در ابتدا به صورت کمی انجام می‌پذیرد اما تقسیم‌بندی در پایان به صورت یک ارزیابی کیفی است.

• در روش PSIAC، برای برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب، در هر یک از واحدهای اراضی یا واحد هیدرولوژیک، ۹ عامل برحسب شدت و ضعف نقش آنها از نظر کیفی (با سه درجه زیاد، متوسط و کم) و یا کمی (از ۱۰- تا ۲۵+) و بر اساس جداول موجود وزندهی می‌گردند. در انتها، میزان تولید رسوب و فرسایش حوضه براساس کلاسهای خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم تعیین می‌گردد.

جهت برآورد فرسایش رسوب حوزه آبخیز رودخانه چیخواب از مدل اصلاح شده PSIAC به دلایل زیر استفاده شده است.

۱. این روش در مقایسه با سایر روش‌های تجربی موجود بیشترین عامل مؤثر در فرسایش خاک را برای محاسبه فرسایش خاک و تولید رسوب به کار برده است (رفاهی، ۱۳۷۸).

۲. برای چند حوزه آبخیز سدهای مخزنی کشور انطباق داده شده است (احمدی، ۱۳۷۴).

۳. ارزیابی فرسایش و رسوب به صورت کیفی و کمی است.

۴. بکارگیری این روش در محیط GIS امکان‌پذیر بوده و نیازی به استفاده از ضرایب خاص هیدرولوژیکی منطقه‌ای و یا رسوب‌زایی ندارد.

اجرای مدل فرسایش خاک و تولید رسوب با استفاده از GIS

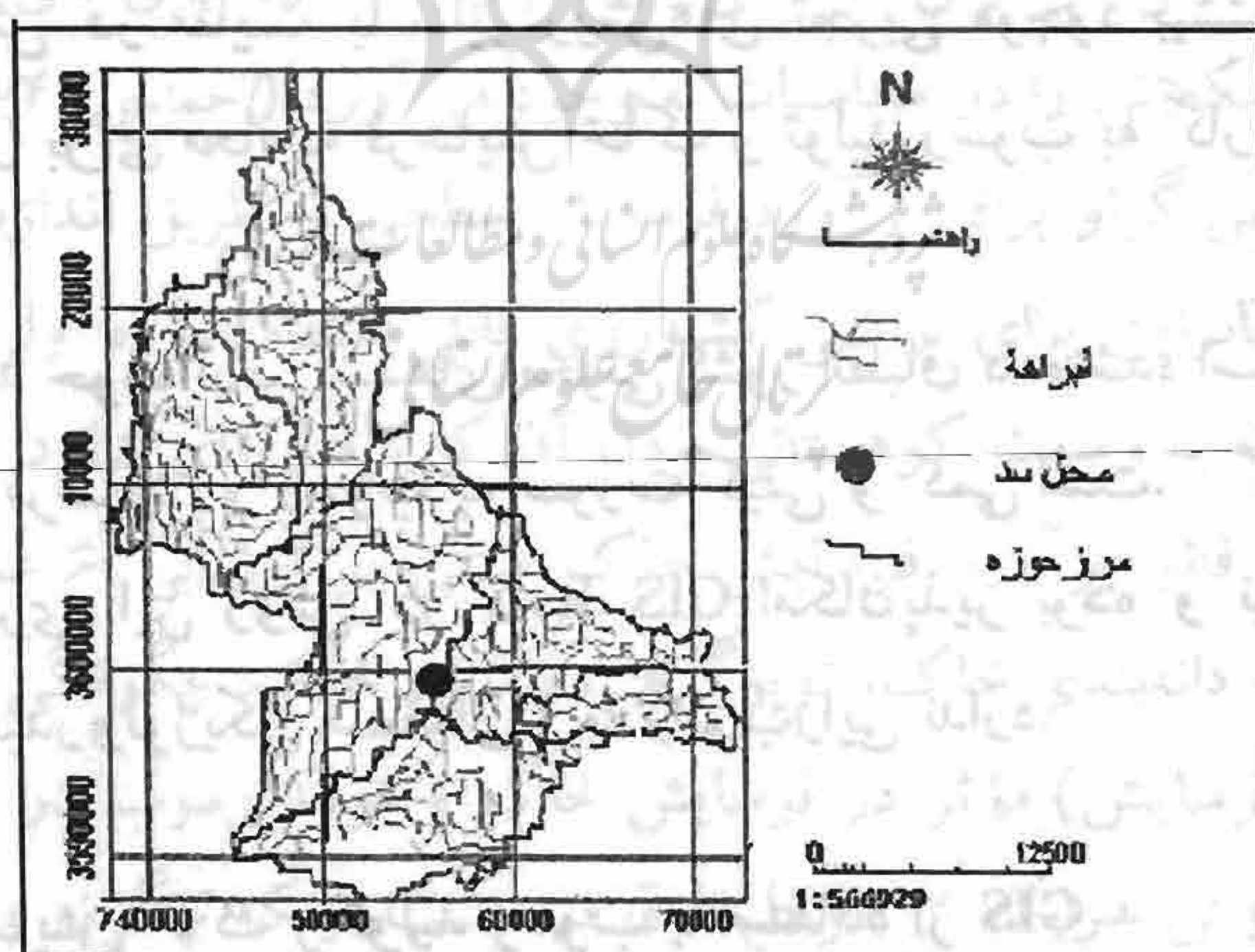
هدف نهایی از این تحقیق ارایه مدل فرسایش خاک و تولید رسوب حوزه با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌باشد. این قسمت شامل وارد کردن داده‌ها به محیط GIS (تشکیل پایگاه داده^۷)، مدیریت داده‌ها^۸، تولید لایه‌های اطلاعاتی (Alesheikh, 2002) و تعیین واحدهای همگن در هر یک از لایه‌ها، وزندهی به واحدهای همگن با استفاده از

مدل فرسایشی پیشرفته پسیاک، رستری نمودن لایه‌های وزنی و در نهایت همپوشانی لایه‌های وزنی (آل شیخ، ۱۳۸۱) و استخراج لایه‌های نهایی یعنی نقشه‌های میزان رسوبدهی و شدت فرسایش حوزه آبخیز می‌باشد (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).

- تولید لایه‌های اطلاعاتی مدل پسیاک

بکارگیری این روش با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی مستلزم این است که برای هر عامل مؤثر بر فرسایش، یک لایه اطلاعاتی تهیه شود (Alesheikh, 1999). لذا در این راستا با استفاده از نقشه‌های پایه و بهره‌گیری از GIS لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز (زمین‌شناسی، خاک، آب و هوایی، رواناب، توپوگرافی، پوشش زمین، کاربری اراضی، اشکال فرسایش و فرسایش رودخانه‌ای) با مشخصات ذیل تهیه گردید.

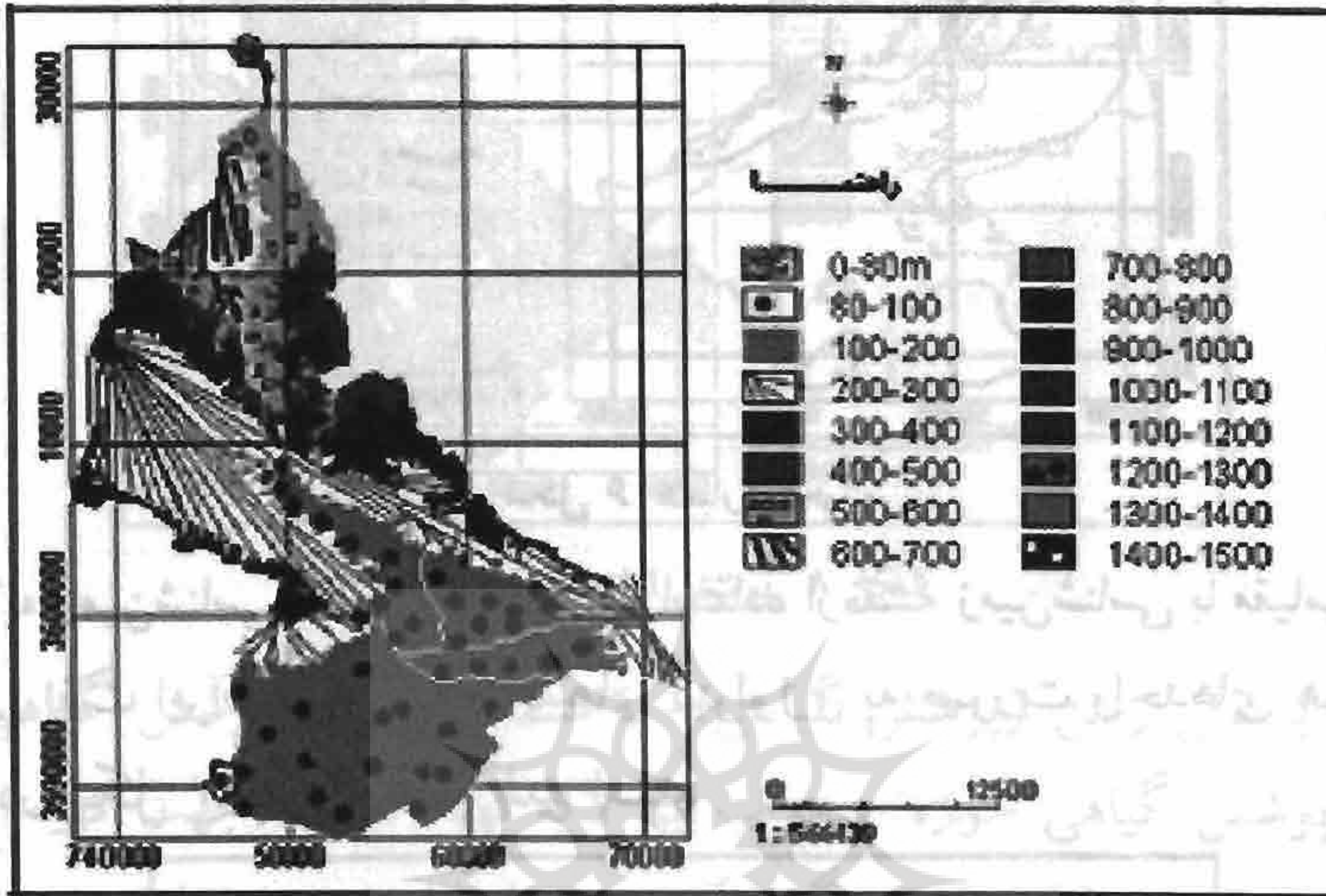
- لایه رواناب- با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰/۰۰۰ سازمان جغرافیایی ارتش، محدوده حوزه چیخواب مشخص و سپس با تعیین واحدهای هیدرولوژیک (زیر حوزه‌های آبخیز رودخانه چیخواب) لایه رواناب تهیه گردید که تحت عنوان نقشه واحدهای هیدرولوژی معرفی شده است (شکل‌های ۲ و ۳).



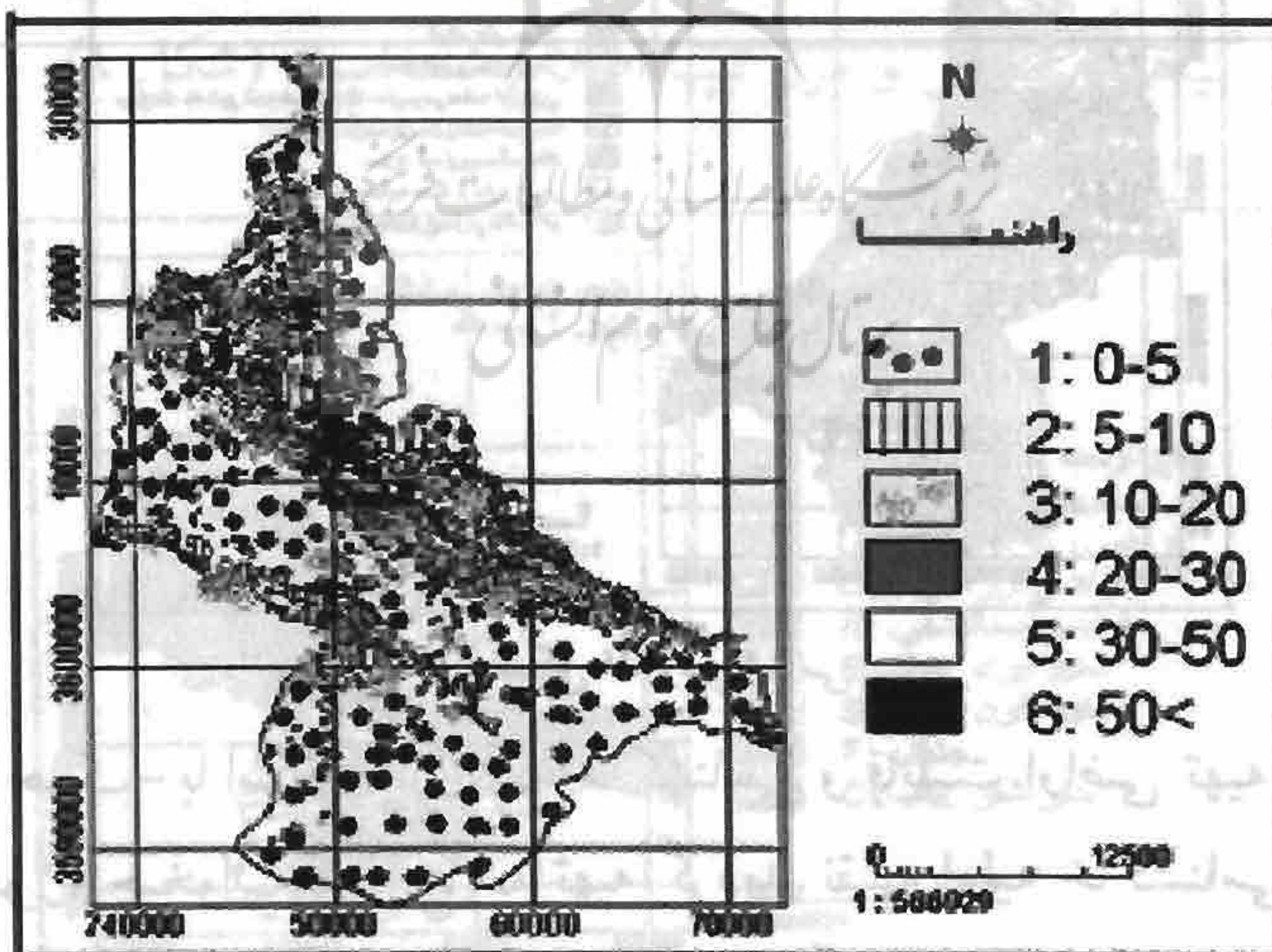
شکل ۳ شبکه هیدروگرافی حوزه

- لایه توپوگرافی (شیب)- جهت تهیه نقشه شیب از نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی ارتش استفاده شده است. از روی نقشه توپوگرافی کلیه منحنی‌های میزان محدوده تحقیق، رقومی و درونیابی^۹ شده و نهایتاً نقشه مدل ارتفاعی

زمین^{۱۰} در فرمت رستری ساخته شد (Alesheikh, 2003) (شکل ۴). با استفاده از فیلترهایی که اختلاف ارتفاع را در جهات محورهای x و y محاسبه می کنند نقشه شیب حوزه تهیه و طبقه بندی شد (شکل ۵).

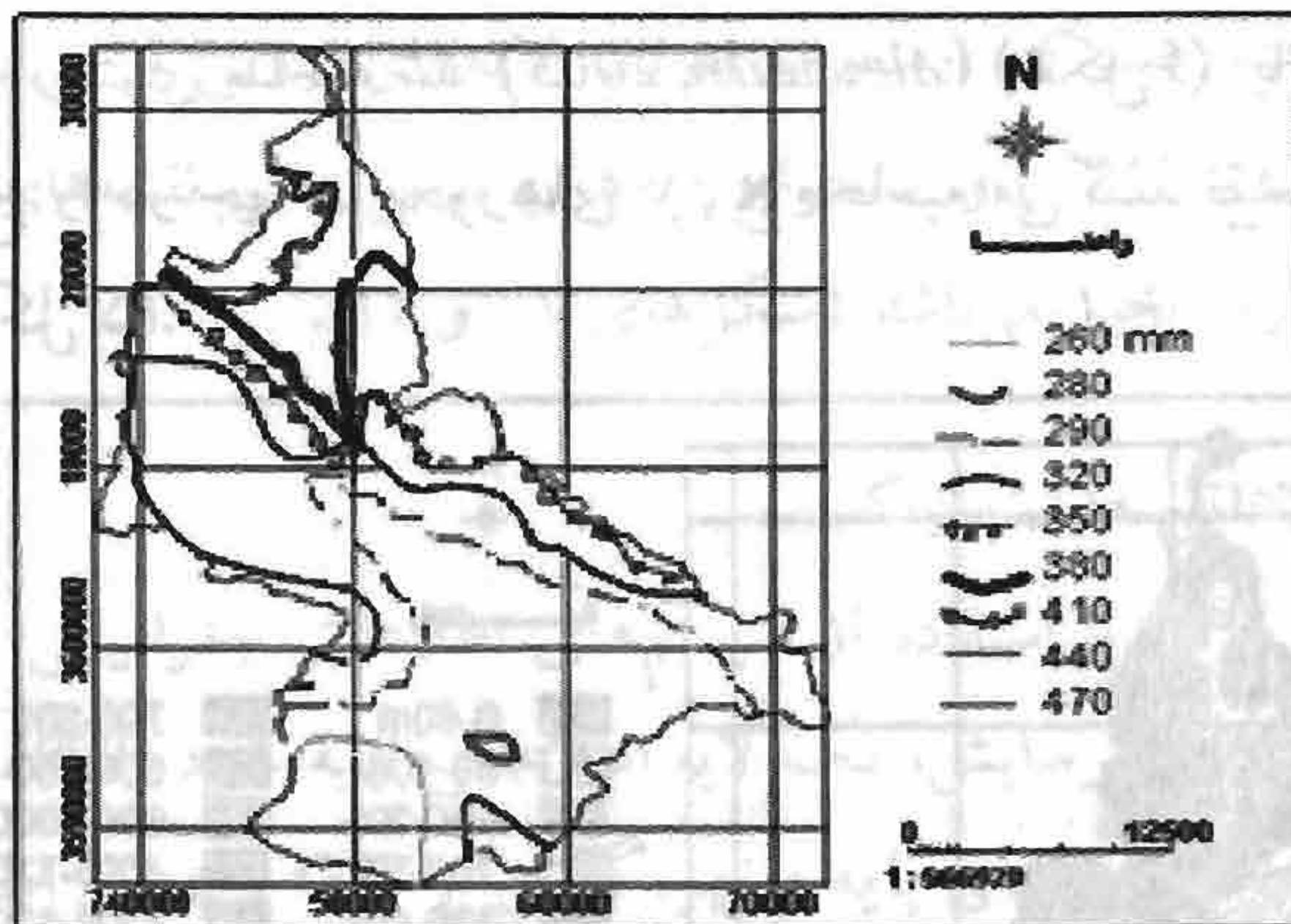


شکل ۴ مدل ارتفاعی زمین (DEM)



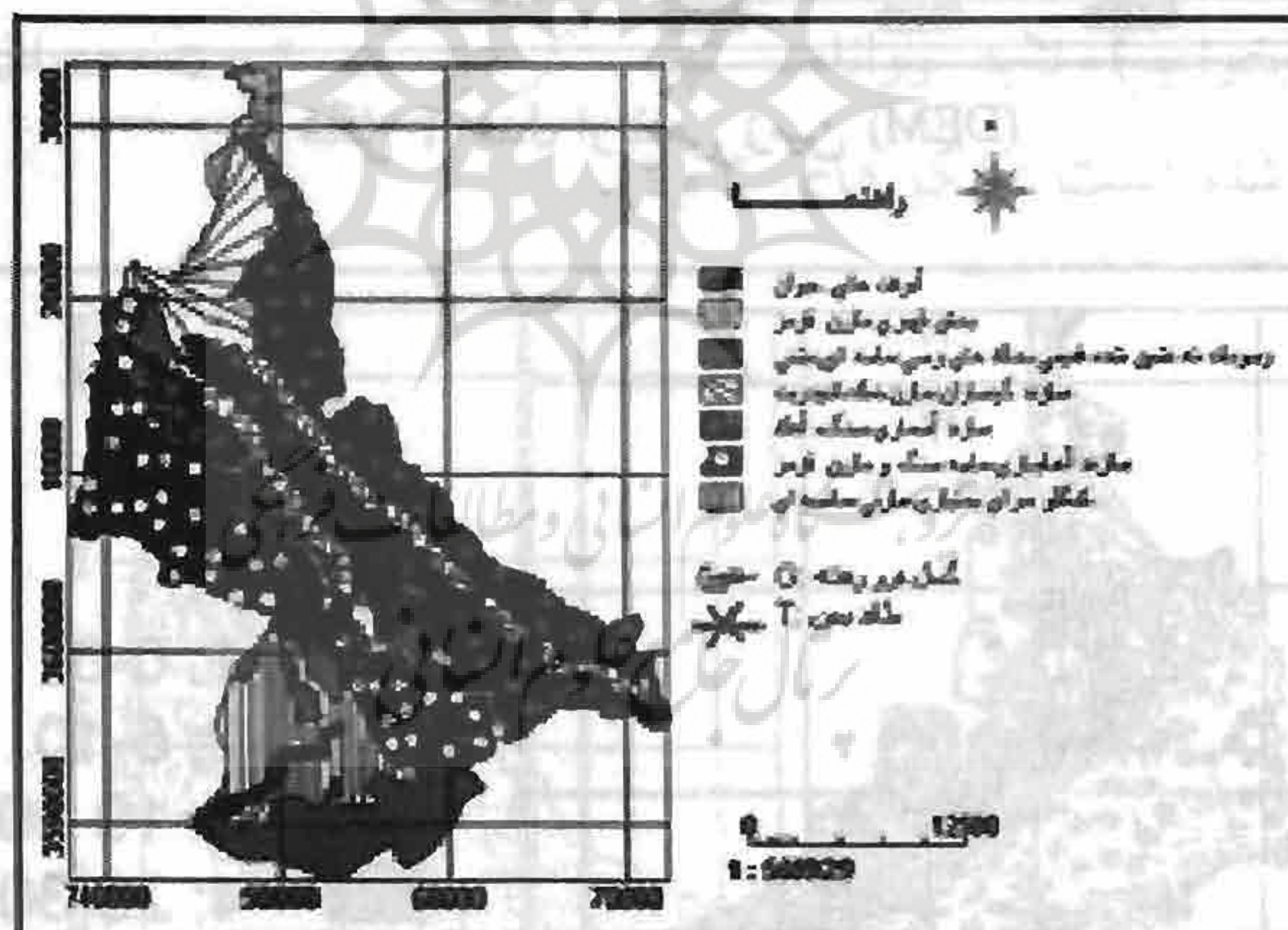
شکل ۵ شیب حوزه

● لایه آب و هوایی - با استفاده از نقشه همباران تهیه شده از مطالعات هوا و اقلیم حوزه چبخواب این لایه تهیه گردید (شکل ۶).



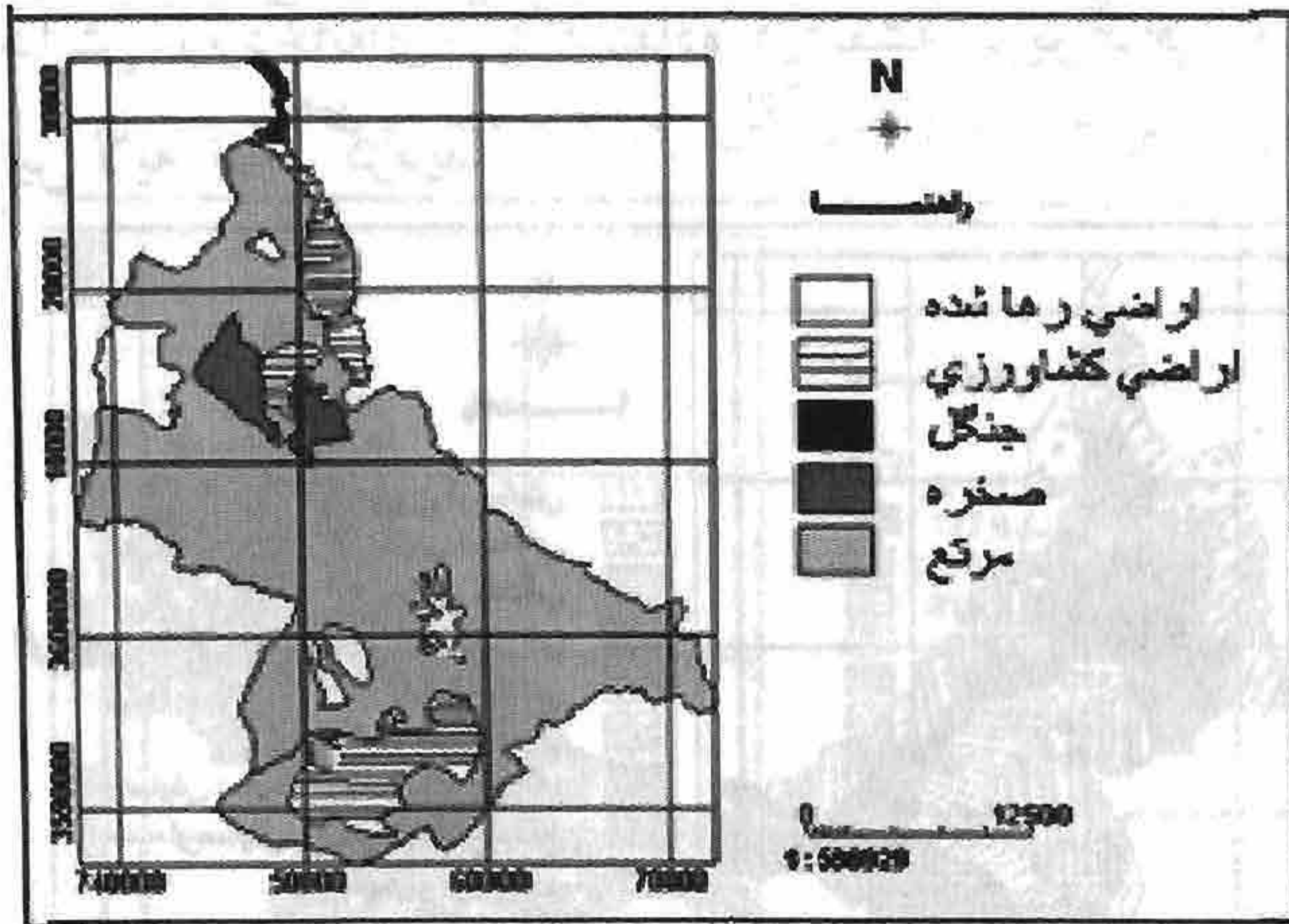
شکل ۶ همباران حوزه

- لایه زمین‌شناسی سطحی - این لایه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰ شرکت ملی نفت ایران تهیه شد. واحدهای لیتولوژی به صورت واحدهای همگن پلیگونی درآمده و در شکل ۷ نمایش داده شده است.



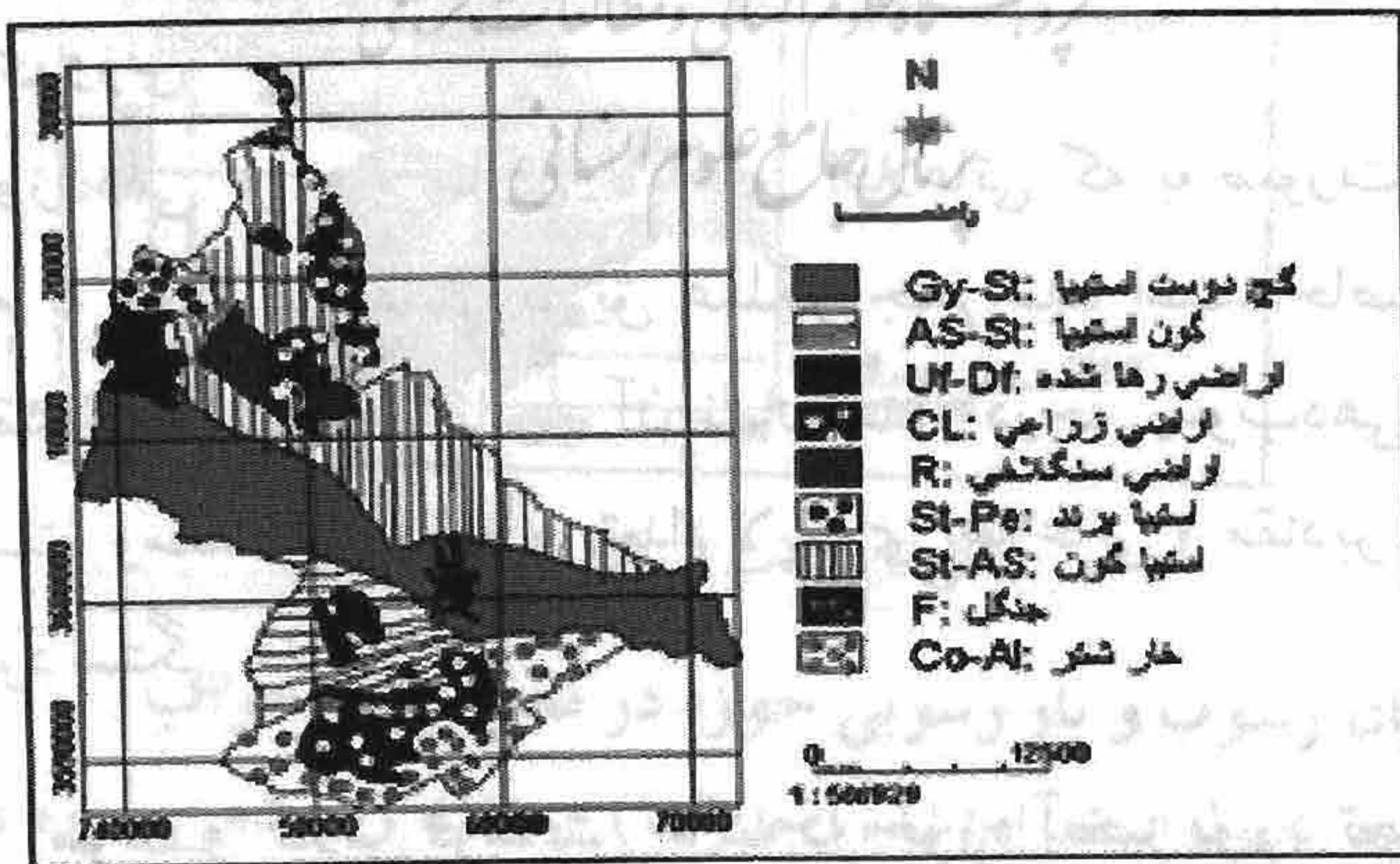
شکل ۷ زمین‌شناسی

- لایه خاک - با استفاده از نقشه خاکشناسی و قابلیت اراضی تهیه شده در مطالعات خاکشناسی حوزه چیخواب لایه خاک تهیه گردید. نقشه اولیه خاکشناسی حوزه با استفاده از عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۵۵/۰۰۰ و انجام آزمایشات خاکشناسی، حفر و تشریح پروفیل خاک تهیه شده است.
- لایه استفاده از زمین (کاربری اراضی) - با استفاده از نقشه پوشش گیاهی و نتایج گزارشات خاکشناسی و قابلیت اراضی و مطالعات پوشش گیاهی نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز چیخواب (شکل ۸) تولید گردید (۳).



شکل ۸ پوشش اراضی حوضه

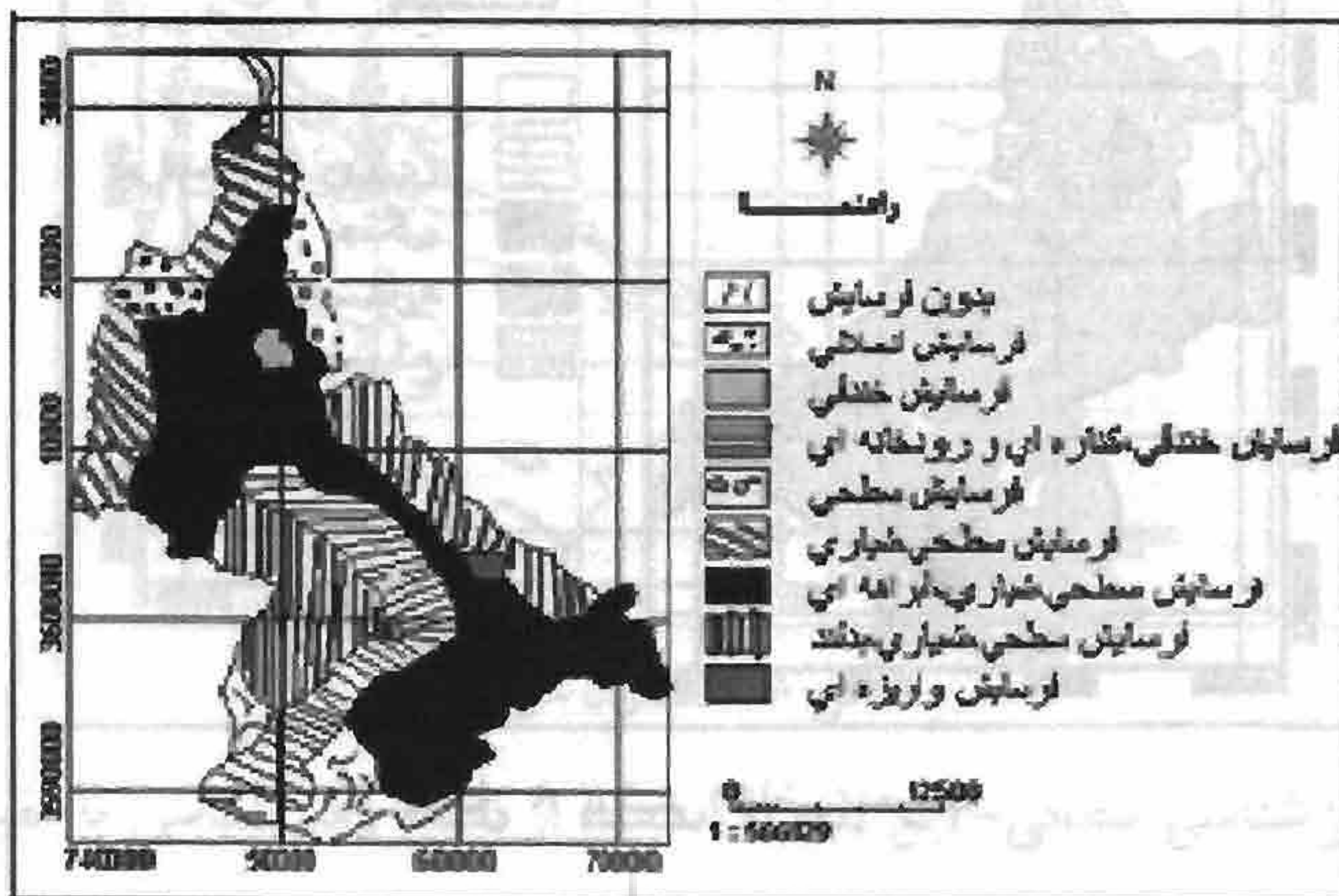
• لایه پوشش زمین (پوشش گیاهی) - با استفاده از نقشه پوشش گیاهی تهیه شده در مطالعات پوشش گیاهی حوزه چیخواب این لایه تهیه گردید. جهت تهیه این نقشه با استفاده از نقشه‌های ۱:۵۰/۱۰۰۰ توپوگرافیک و ۱:۱۰۰/۱۰۰۰ زمین‌شناسی نسبت به تعیین محدوده تقریبی تپه‌های مرتعی اقدام گردید. سپس با مطالعه میدانی و مشاهدات صحرائی تفاوت واحدهای گیاهی مشخص و مرز تپهها اصلاح شده است (شکل ۹).



شکل ۹ پوشش گیاهی حوضه

• لایه اشکال فرسایش در سطح حوزه - این لایه استخراج شده از نقشه ژئومورفولوژی تهیه شده در سطح حوزه آبخیز رودخانه چیخواب می‌باشد. سپس با انجام عملیات صحرائی و مطابقت اشکال فرسایشی موجود در طبیعت کنترل شده است (شکل ۱۰).

- لایه فرسایش رودخانه‌ای - با استفاده از نقشه توپوگرافی ۵۰/۰۰۰ : ۱ و نقشه اشکال فرسایش این لایه تهیه گردید.



شکل ۱۰ اشکال فرسایش

- تعیین وزن لایه‌های اطلاعاتی

در این مرحله واحدهای همگن در هر یک از لایه‌های اطلاعاتی از هم تفکیک، سپس وزن واحدهای همگن در محیط GIS بر اساس فرمول‌های پیش‌بینی شده در روش پسیاک تعیین و به سیستم وارد گردید (جعفری، ۱۳۸۱).

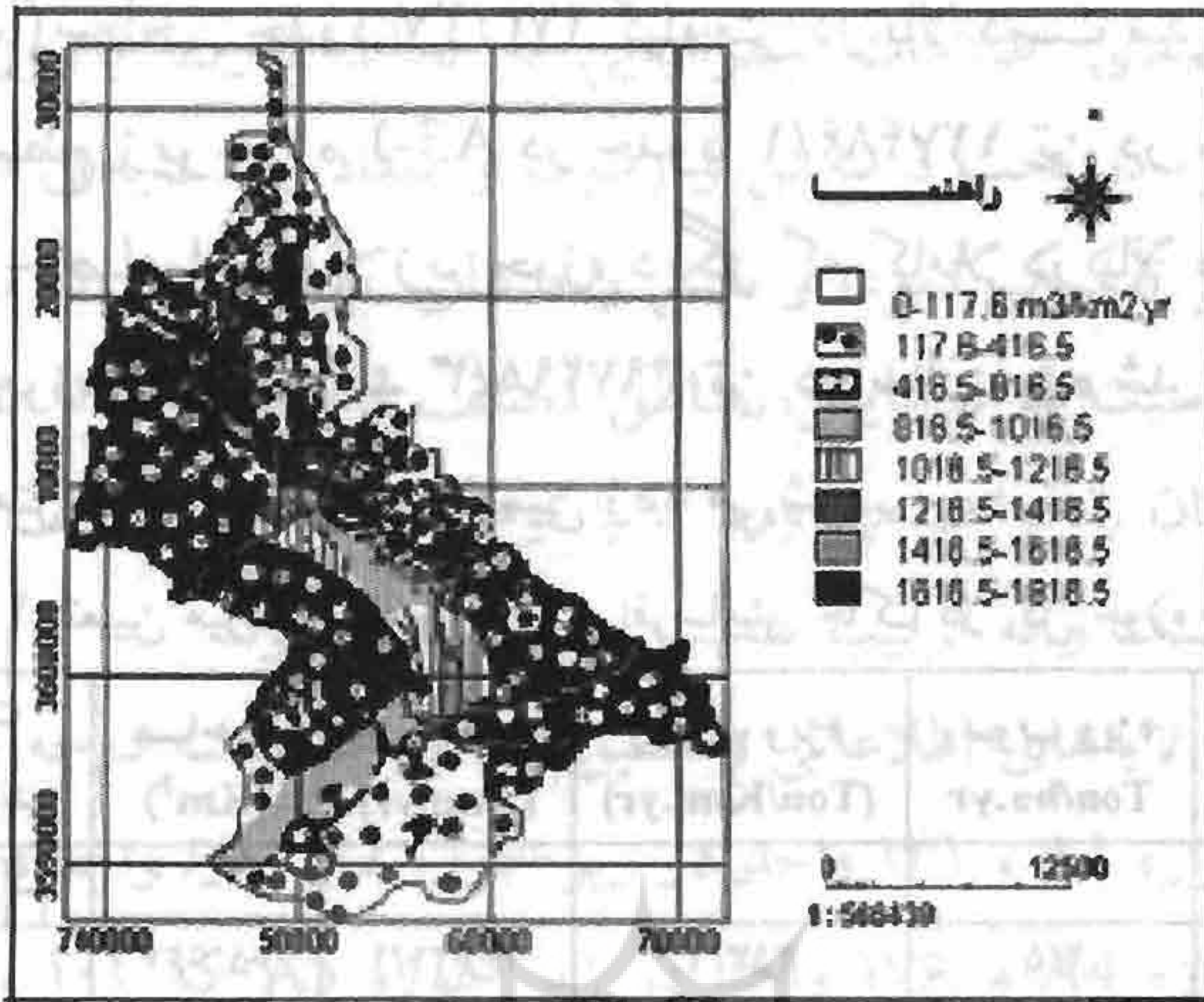
- تلفیق لایه‌های وزنی

پس از وزندهی و نهایی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی که به صورت لایه‌های وزنی درآمده‌اند اقدام به تلفیق لایه‌ها از طریق عملگر جمع شده است. حاصل این تلفیق به دست آمدن نقشه‌ای است که مقادیر آن نشان‌دهنده درجه رسوب‌دهی و دارای دامنه وسیعی بوده است. وسعت این دامنه به تعداد لایه‌های اطلاعاتی و مقادیر وزن‌هایی که به آنها داده می‌شود بستگی دارد.

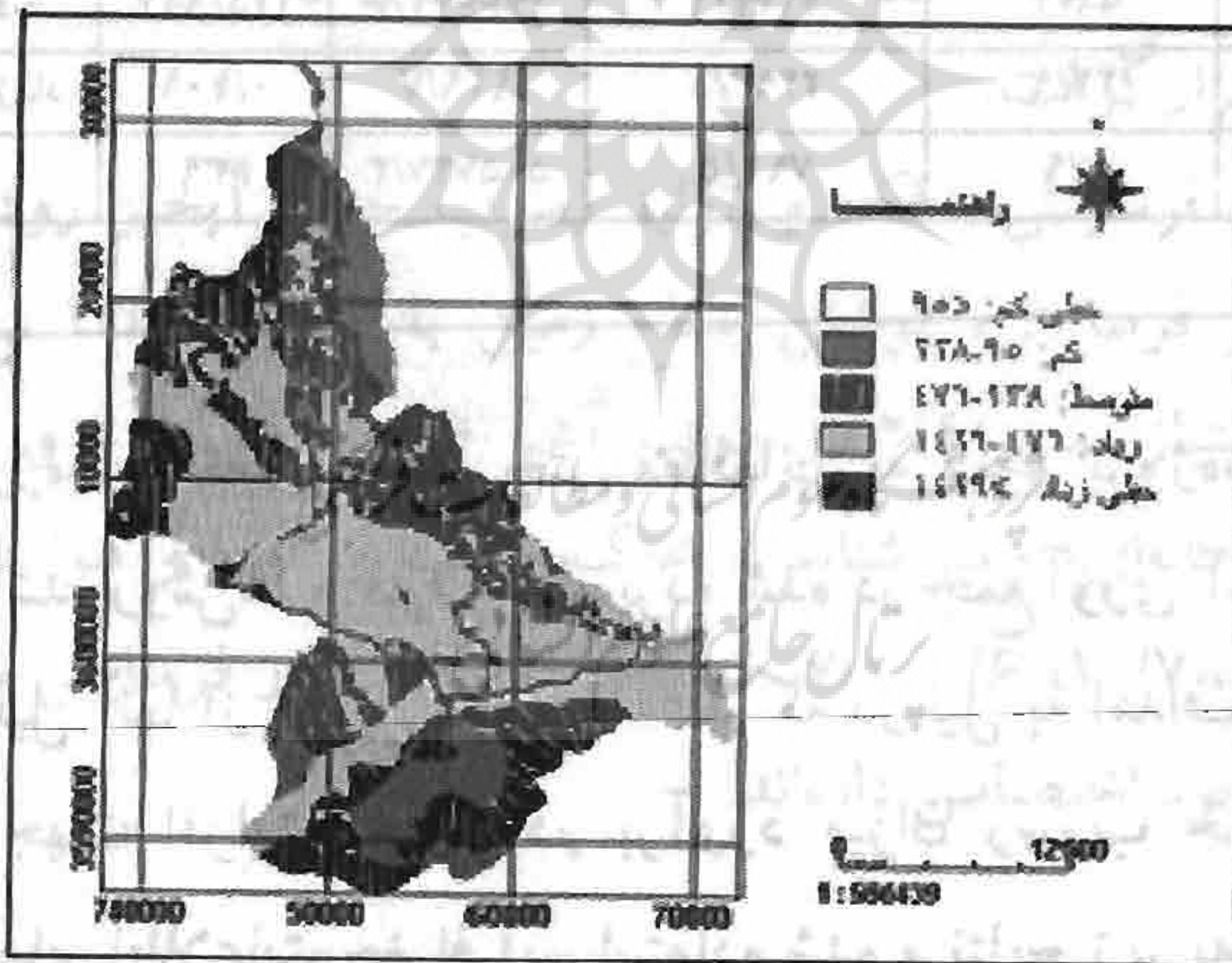
- تعیین میزان رسوب و کلاس فرسایش خاک در حوزه آبخیز مورد تحقیق

بعد از تهیه نقشه میزان رسوب‌دهی حوزه (شکل ۱۱) با قرار دادن لایه مرز زیرحوزه‌ها بر روی این نقشه شدت رسوب‌دهی (شکل ۱۲)، مساحت، بار رسوبی (میزان رسوبی که در یک مقطع زمانی مثلا سال از حوزه خارج می‌شود)، رسوب ویژه (میزان رسوبی که در یک مقطع زمانی در واحد سطح از حوزه خارج می‌شود) و میزان رسوب هر کلاس (A1-A5)

بر حسب تن در هکتار در سال در هر یک از زیر حوزه‌ها به دست آمد. جدول ۱ میزان رسوب و کلاس فرسایش خاک را در کل حوزه نشان می‌دهد.



شکل ۱۱ میزان رسوبدهی



شکل ۱۲ شدت فرسایش و رسوبدهی

- برآورد میزان رسوب و بار رسوبی حوزه در محل سد چینخواب

با توجه به جدول استخراج شده (جدول ۱) از نقشه رسوبدهی حوزه و انجام محاسبات مربوطه، مقدار رسوب سالانه حوزه $۵۰۵۷۳۷/۳$ تن در سال معادل $۳۳۷۱۵۸/۲$ متر مکعب در سال برآورد گردید. از این مقدار، ارقام ذیل برای هر یک از زیرحوزه‌های (A1, A2, A3, A4, A5) به ترتیب برحسب تن در سال محاسبه گردید ($۱۰۹۱۱۸/۲$ ، $۶۸۳۰۴/۳$ ، ۵۳۹۹۷ ، $۳۸۳۹۴/۷$ و $۲۳۵۹۲۳/۱$). با توجه به اینکه محل احداث سد در نقطه‌ای از

زیرحوزه A5 واقع شده است که از کل مساحت زیر حوزه A5 (۲۹۲/۱۴ کیلومتر مربع سطحی در حدود ۱۲۶/۴۱ کیلومتر مربع) به نام A5-1 و از کل مساحت حوزه چिخواب (۶۳۹ کیلومتر مربع) سطحی حدود ۴۷۳/۲۷ کیلومتر در بالا دست سد قرار دارد، لذا میزان رسوب حاصله از سطح زیر حوزه A5-1 در حدود ۱۲۷۴۸۴/۱ تن در سال برآورد گردید. با احتساب رسوب حاصله از چهار زیرحوزه دیگر که کاملاً در بالا دست سد قرار دارند میزان بار رسوبی حوزه در محل سد ۳۹۷۲۹۸/۳ تن در سال دیده شد که با احتساب حجم معادل ۲۶۴۸۶۵/۵ مترمکعب در سال تخمین زده می‌شود.

جدول ۱ تعیین میزان رسوب و کلاس فرسایش خاک در کل حوزه چيخواب

کلاس رسوبدهی و فرسایش	شدت رسوبدهی	مساحت (Km ²)	بار رسوبی (Ton.yr)	رسوب ویژه (Ton/Km ² .yr)	رسوب ویژه Ton/ha.yr	بار رسوبی m ³ .yr	رسوب ویژه m ³ /km ² .yr
I	خیلی کم	-	-	-	-	-	-
II	کم	۶۵/۶۶۷	۱۶۶۲۴/۱	۲۵۳/۲	۲/۵	۱۱۰۸۲/۸	۱۶۸/۸
III	متوسط	۳۲۶/۹۴۷	۲۱۱۵۶۰/۹	۶۴۷/۱	۶/۵	۱۴۱۰۴۰/۷	۴۳۱/۴
IV	زیاد	۲۴۵/۹۱۲	۲۷۶۶۳۲/۶	۱۱۲۴/۹	۱۱/۲	۱۸۴۴۲۱/۶	۷۴۹/۹
V	خیلی زیاد	۰/۴۰۱	۹۱۹/۷	۲۲۹۳/۵	۲۲/۹	۶۱۳/۱	۱۵۲۹
مجموع کل حوزه		۶۳۹	۵۰۵۷۳۷/۳	۷۹۱/۵	۷/۹	۳۳۷۱۵۸/۲	۵۲۷/۶

بحث و نتیجه گیری

در انجام پروژه‌های تحقیقاتی و حتی مطالعاتی به ویژه پروژه‌هایی که در راستای فعالیتهای اجرایی باشد، روش‌ها و فنون بکار برده شده در جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز و تجزیه و تحلیل آنها از مسایل مهمی هستند که در نیل به اهداف تعیین شده نقش به سزایی دارند. لذا جهت افزایش دقت در برآورد میزان رسوب حوزه آبخیز رودخانه چيخواب از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی استفاده شده و نتایج زیر به دست آمده است.

الف) در مطالعات فرسایش خاک به ویژه در روش پسیاک، نیاز به تعیین واحدهای کاری همگن می‌باشد که تعیین این واحدها در روش‌های دستی و سنتی به صورت سلیقه‌ای و با روی هم‌گذاری تعدادی از لایه‌های پایه چون، اجزای واحد اراضی، زمین‌شناسی، شیب و ... انجام می‌گیرد و متوسط‌گیری وزنی عوامل ۹ گانه مدل پسیاک در این واحدها منشاء بروز خطاهایی در نتیجه می‌شود، از طرفی عدم امکان کار بر روی واحدهای کوچک در مطالعات مختلف و در نتیجه حذف تأثیر این واحدها در نتایج برآوردی مورد نیاز ناد خواهد کرد. در صورتی که بکارگیری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نقش

اعمال سلیقه‌های شخصی را (در تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و تعیین واحدهای کاری) به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد.

همچنین سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به لحاظ قدرت بالای تجزیه و تحلیل اطلاعات پایه (به ویژه در بحث فرسایش و رسوب و تعداد زیاد لایه‌ها) مناطق با رسوبدهی مختلف را از یکدیگر تفکیک نموده و نقش واحدهای کوچک نیز در نظر گرفته می‌شود و با تولید نقشه حساسیت به فرسایش، مناطق مختلف فرسایشی را از نظر کیفی و کمی طبقه‌بندی و این امکان را فراهم می‌آورد تا با توجه به اهداف مختلف مناطق حساس به فرسایش را از هم تفکیک و به ترتیب اهمیت اولویت‌بندی نمود.

ب) بعد از تهیه لایه‌های اطلاعاتی و تلفیق این لایه‌ها، نقشه درجه رسوبدهی حوزه با ۱۶۳ واحد در زیر حوزه A1، ۱۳۱ واحد در زیر حوزه A2، ۶۳ واحد در زیر حوزه A3، ۴۳ واحد در زیر حوزه A4 و ۱۷۶ واحد در زیر حوزه A5 که ۱۰۴ واحد آن متعلق به A5-1 در بالا دست سد می‌باشد تهیه و وضعیت فرسایش و رسوب حوزه از نظر کیفی و کمی مورد ارزیابی قرار گرفت.

ج) در ارزیابی فرسایش خاک و تولید رسوب حوزه آبخیز رودخانه چیخواب از میان عوامل مؤثر بر فرسایش، پوشش سطح زمین با امتیاز ۱۳/۳۲ در اولویت اول و رواناب با کمترین امتیاز یعنی ۲/۴ در مرتبه آخر (نهم) قرار دارد و عوامل استفاده از زمین، فرسایش رودخانه‌ای، زمین‌شناسی، خاک، شیب و آب و هوا با احتساب نمرات مربوطه (۱۲/۳، ۱۲/۲، ۱۰/۷، ۷/۶، ۷/۱، ۵/۵) به ترتیب در فرسایش حوزه اولویت‌های دوم الی هشتم را به خود اختصاص داده‌اند.

پیشنهادات

اصولا برای پیشگیری از وقوع پدیده فرسایش در حوزه‌های آبخیز اعمال تنها یک روش ویژه کارساز نبوده بلکه باید مجموعه اقدامات و تمهیداتی که می‌توانند منجر به نتایج مطلوب شوند به کار برد، لذا با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق پیشنهادات زیر حائز اهمیت می‌باشد.

الف) این حوزه از نظر فرسایش و شدت رسوبدهی در کلاس زیاد قرار دارد، بنابراین کنترل فرسایش خاک و اقداماتی برای حفاظت، خاک و آب در چارچوب طرح‌های حفاظتی اولویت داشته و ضروری است.

ب) با توجه به گستردگی عرصه‌های منابع طبیعی، برای مدیریت صحیح و بهره‌برداری بهینه از آن استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی امری ضروری است.

ج) با توجه به قابلیت سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در تجزیه و تحلیل اطلاعات و اعمال تغییرات مورد نظر در لایه‌های اطلاعاتی اولیه، لازم است بانکهای اطلاعاتی پایه حوزه‌های آبخیز کشور تحت استاندارد واحدی برنامه‌ریزی و تهیه گردند.

پی‌نوشتها

۱. (شرکت جهاد آب و آبخیزداری، ۱۳۷۷، جلد اول تا پنجم).

۲. (شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری، ۱۳۷۶).

۳. (شرکت جهاد آب و آبخیزداری، ۱۳۷۷، جلد سوم).

منابع و مآخذ

۱. آل شیخ، علی‌اصغر، محمد جعفر سلطانی و حسین هلالی (۱۳۸۱)؛ کاربرد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی عرصه‌های پخش سیلاب، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۷، زمستان ۱۳۸۱، صفحات ۱۱۴۰۷-۱۱۴۲۳.
۲. آل شیخ، علی‌اصغر و ناصر فرضی (۱۳۸۰)؛ کاربرد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در تهیه نقشه فرسایش حوضه‌ها، مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی - فرسایش خاک و توسعه پایدار، اراک، ایران، صفحه ۵۲.
۳. احمدی، حسن (۱۳۷۴)؛ ژئومورفولوژی کاربری، جلد اول، دانشگاه تهران.
۴. جعفری، محمدرضا (۱۳۸۱)؛ برآورد کیفی و کمی فرسایش و رسوب حوضه آبخیز رودخانه چیخواب با استفاده از GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه GIS، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی.
۵. رفاهی حسینی (۱۳۷۸)؛ فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.
۶. شاه کرمی، ع (۱۳۷۳)؛ مطالعه فرسایش حوزه آبخیز نوزیان و تأثیر آن در خاکهای منطقه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
۷. شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری (۱۳۷۶)؛ مطالعات حوزه آبخیز و رودخانه چیخواب پخش سیلاب بر آبخوان دشت موسیان، جلد هفتم تلفیق مطالعات، وزارت جهاد کشاورزی.
۸. شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری (۱۳۷۷)؛ مطالعه هوا و اقلیم حوزه آبخیز رودخانه چیخواب، جلد اول.
۹. شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری (۱۳۷۷)؛ مطالعه هیدرولوژی حوزه آبخیز رودخانه چیخواب، جلد دوم.
۱۰. شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری (۱۳۷۷)؛ مطالعه خاکشناسی، پوشش گیاهی، فرسایش رسوب حوزه آبخیز رودخانه چیخواب، جلد سوم.
۱۱. شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری (۱۳۷۷)؛ مطالعه زمین‌شناسی حوزه آبخیز رودخانه چیخواب، جلد چهارم.
۱۲. شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری (۱۳۷۷)؛ مطالعه مهندسی رودخانه حوزه آبخیز رودخانه چیخواب، جلد پنجم.

13. Alesheikh, A.A, F.Sadeghi Naeni, and A. Talebzadeh (2003); **Improving Classification Accuracy using External Knowledge**, GIM International, Aug. 2003, Vol.17, No.8, Pp. 12-15.

14. Alesheikh, A.A, H. Helali (2002); **Web GIS Development Strategy**, GIM International, Nov.2002, Vol. 16, No. 11, Pp. 12-15.

15. Alesheikh, A.A, J.A.R. Blais, M.A. Chapman, and H. Karimi (1999); **Rigorous Geospatial Data Uncertainty Models for GIS**, in "Spatial Accuracy Assessment: Land Information Uncertainty in Natural Resources", Chapter 24. Edited by: Kim Lowell and Annick Jaton. Ann Arbor Press, Michigan,