

ارزیابی کاربرد روش ژئومورفولوژی جهت طبقه بندی ریسک مخاطرات سیل با استفاده از منطق فازی (مطالعه موردی: حوضه آبریز اوجان چای)

مهدی ثقفی^{*۲}، محمد حسین رضایی مقدم^۲

چکیده

خسارات ناشی از وقوع سیل در ایران و سایر نقاط جهان در طی دهه های گذشته نشان می دهد که برای مقابله با مسائل همراه این پدیده هنوز باید فعالیت های بسیاری انجام شود. از اینرو مطالعه این حوادث و گسترش شیوه های مؤثرتر و کاهش دهنده تر در این زمینه در بسیاری از نقاط دنیا اهمیت پیدا کرده است. اولین گام در تعیین ریسک سیل جمع آوری داده ها می باشد. در این زمینه در دسترس بودن، مناسب بودن و کیفیت داده های هیدرولوژیکی، هواشناسی، توپوگرافی و مدیریتی مورد بحث می باشند. در این مطالعه ترکیب داده های هیدرولوژی و ژئومورفولوژی با کمک سیستم های اطلاعات جغرافیایی به منظور ترسیم گستره تحت اشغال حوادث سیلابی در حوضه آبریز اوجان چای (با مساحت ۵۶۲/۵ کیلومتر مربع) که یکی از رودخانه های سیستم زهکشی رودخانه آجی چای است، بکار گرفته شده است. برای این منظور ۱۶ لایه اطلاعاتی تهیه شده به روش جمع جبری فازی رویهم گذاشته شده و به روش **C mean** بر مبنای داده های ژئومورفولوژی مورد طبقه بندی فازی قرار گرفته اند. هدف اصلی این مطالعه تعیین مناطق مخاطره آمیز در برابر سیل در حوضه رودخانه اوجان چای جهت فراهم نمودن پایه هایی برای آنالیز ریسک و آسیب پذیری سیل در آینده است. نتایج حاصل از مطالعه مخاطرات سیل در منطقه به صورت نقشه ارائه شده است چرا که نقشه ها در مقایسه با سایر شیوه های نمایش توزیع فضایی ریسک سیل اثرات مستقیم تر و قوی تری دارند. نتایج این بررسی، صحت بیش از ۷۰ درصد (با ضریب کاپای ۰/۷۵۰۲۴۵۹) را در مقایسه با داده های مبنا نشان می دهد که نشانگر قابل قبول بودن استفاده از این شیوه در تهیه نقشه مخاطرات سیل است.

واژه های کلیدی

ریسک سیل، مخاطرات، سیستم اطلاعات جغرافیا، منطق فازی، اوجان چای

۱. استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه پیام نور Email: saghafi_mahdi@yahoo.com

۲. استاد؛ عضو هیات علمی گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. E-mail: rezmogh@yahoo.com

Evaluation of geomorphology method application for flood Hazards risk classification using Fuzzy Logic (Case study: Ojan Chay drainage basin)

Saghafi M^{1*}., Rezaei Moghaddam M H²

Abstract

Past decades damage by floods in Iran and on the other of the world has shown that we have still much work to do to cope with this problem. Hence, the study of these events and development of more effective adaptation and mitigation policies has become a priority, in other parts of the globe. First step in achieving flood risk assessment is data collection. Availability, suitability and quality of hydrological, meteorological, topographic and management data is discussed. This study combines a hydrologic and geomorphic data with aim of geographical information system to delineate the extent of a flood event in the Ojan Chay basin (98,227 km²), one of the river system draining into the Aje Chay River. For This purpose, the 16-information layer has been prepared for overlaying using fuzzy sum and classified using Fuzzy C mean on the geomorphology data. The main objective of this research is to assess the flood hazard that affects Ojan Chay river basin, in order to develop a basis for further vulnerability and risk analysis.

Flood hazard risk presented in the map because that give a more direct and stronger impression of the spatial distribution of the flood risk than other forms of presentation. The results of this study show that more than 70% accuracy (Kappa coefficient 0.7502459) compared with reference data, indicating the acceptability of this method is the mapping of flood hazards.

Key Words

Flood risk, Hazards, Geographical Information System, Fuzzy Logic, Ojan Chay.

1. Assist. Prof of geomorphology Payame Noor University, Email: saghafi_mahdi@yahoo.com.
2. Professor of geomorphology in department of physical geography in Tabriz; E-mail: rezmogh@yahoo.com.

مقدمه

در مقیاس جهانی وقوع توفانها و سیلابها از جمله مخرب ترین بلایای طبیعی محسوب می شوند چنانکه بیشترین مرگ و میر در اثر حوادث طبیعی ناشی از آنها می باشد، تنها تعداد کمی از کشورها با مسائل ویرانیها و خسارات ناشی از رخداد سیلابهای بزرگ مواجه نیستند (کسل و مارگوتینی^۳، ۱۹۹۹). بروز خسارتهای ناشی از سیلابهای سالانه در مناطق مختلف جهان از جمله ایران لزوم توجه به ایجاد و گسترش سیستم های کارآمد مدیریت خطر^۴ سیل بویژه از طریق مدیریت نحوه استفاده از زمین در دشت های سیلابی را نمایان می سازد. مطالعات بسیار زیاد صورت گرفته، این موضوع را روشن می سازد که تعیین خطر سیل مسئله ای بسیار پیچیده است. در واقع برای مطالعه خطر سیل در هر منطقه ای باید آنرا به دو قلمرو از عوامل مستقل از یکدیگر تجزیه نمود و هر یک را جداگانه مورد مطالعه و بررسی قرار داد. گروه اول این عوامل شامل عواملی است که بر پایه مفهوم خطرات اقتصادی و اجتماعی وقوع سیل است و گروه دوم عوامل، شامل عواملی است که بر پایه آگاهی های حاصل از شرایط هیدرولوژیکی تأثیرگذار در بروز سیل قرار دارند (جیلارد و جیوانی^۵، ۱۹۹۷).

عوامل گروه اول عوامل آسیب پذیری^۶ نامیده می شوند که نشانگر حساسیت نحوه استفاده از زمین، توسط جوامع انسانی به پدیده سیل است و صرفاً بستگی به نوع و نحوه استفاده از زمین و درک از خطر وقوع سیل جامعه انسانی استفاده کننده از منابع زمین دارد. این گروه از عوامل حتی تحت شرایط مشابه از لحاظ زمانی و مکانی به شدت متغیر هستند (جیوانی و جیلارد، ۱۹۹۷). گروه دوم عوامل تأثیرگذار در خطر سیل، مخاطرات^۷ سیل نامیده می شوند که صرفاً به شرایط رژیم جریان آب در رودخانه ها بستگی دارند و مستقل از نحوه استفاده از زمین می باشند. بطوریکه می توان گفت چنانچه سایر پارامترهای طبیعی در یک منطقه معین دچار تغییر نشوند و بدون در نظر گرفتن نحوه استفاده از زمین، رخدادهای سیلابی مشابه می توانند وسعت مشابهی از زمین را در زمانهای مختلفی که اتفاق می افتند به زیر آب می برند. بر اساس این دو بعد تأثیرگذار در تعیین خطر سیل، می توان متذکر شد که تعیین سطح واقعی خطر آن، نیازمند تعیین دقیق سطح بعد مخاطرات سیل و آسیب پذیری منطقه است (گرین و همکاران^۸، ۱۹۹۵).

اهمیت مطالعات خطر سیل و خسارات سالانه ناشی از آن باعث شده است تا لزوم توجه به مطالعات آن در دستور کار اتحادیه اروپا قرار گیرد. به این ترتیب که در تاریخ ۲۳ اکتبر سال ۲۰۰۷ مجموعه کشورهای عضو این اتحادیه ملزم به تهیه نقشه خطر سیل برای کشور خود شدند. بر این اساس کشورهای عضو باید ساختاری را برای شناسایی و اندازه گیری خطر سیل در اروپا که در آن به هر دو جنبه مورد اشاره موضوع پرداخته می شود، تأسیس نمایند (مول و همکاران^۹، ۲۰۰۹).

در خصوص مطالعات اخیر انجام شده در زمینه خطر سیل می توان به پژوهشهای انجام شده توسط: هویجر و همکاران^{۱۰} (۲۰۰۴)، پترو و همکاران^{۱۱} (۲۰۰۶)، ون آلفن و ون بیک^{۱۲} (۲۰۰۶)، اشاره نمود. هدف اصلی تمامی این مطالعات کاهش مجموع مؤلفه های تأثیرگذار در خطر سیل است. هدف اصلی این مقاله نیز معرفی و ارزیابی صحت کاربرد شیوه ای مبتنی بر داده ها و اطلاعات حاصل از مجموعه شرایط زمین شناسی، ژئومورفولوژی و هیدرولوژی بر پایه منطق فازی است. چنانکه نتایج حاصله، مخاطرات ناشی از وقوع سیل را در قالب نقشه مخاطرات سیل ارائه نماید.

³ Casale and Margottini

⁴ Risk

⁵ Gilard and Givone

⁶ Vulnerability

⁷ Hazards

⁸ Green, et al

⁹ Moel, et al

¹⁰ Hooijer, et al

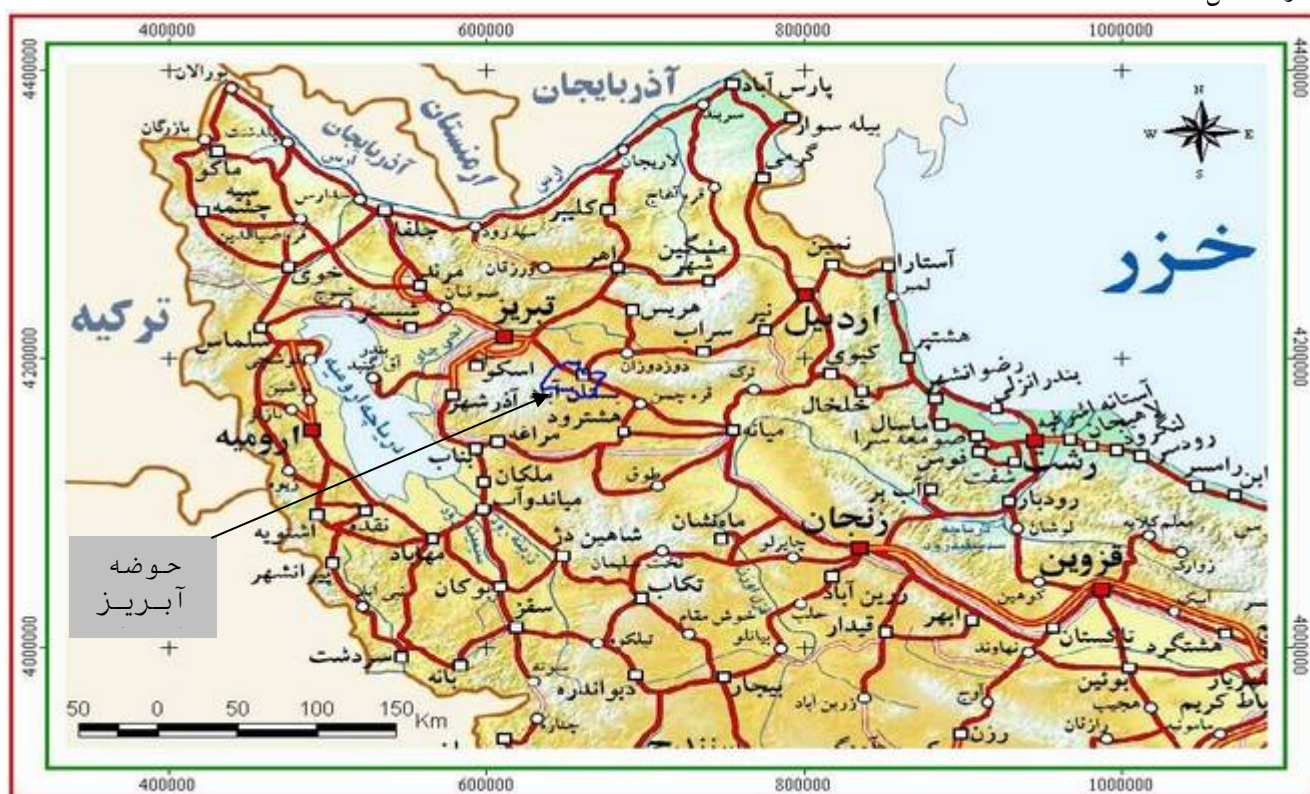
¹¹ Petrow, et al

¹² Van Alphen and Van Beek

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز اوجان چای یکی از زیرحوضه‌های اصلی رودخانه آجی چای یا تلخه رود می باشد که بخشی از دامنه‌های شمال شرقی توده کوهستانی سهند را به صورت واگرا زهکشی می‌نماید. محدوده مورد نظر در مختصات جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی در استان آذربایجان شرقی و در محدوده سیاسی شهرستان بستان‌آباد قرار گرفته است (شکل ۲). رودخانه اوجان چای از قله مرتفع توده کوهستانی سهند سرچشمه گرفته با عبور از چندین مرکز سکونت‌گاهی روستایی به شهرستان بستان‌آباد می‌رسد و در محل این شهرستان با اتصال به رودخانه دیگری تحت عنوان اسب‌آباد چای جهت شمالی را در پیش گرفته و نهایتاً در محل روستای بخشایش به مهمترین رودخانه در شرق دریاچه ارومیه یعنی آجی چای می‌پیوندد.

مساحت حوضه مورد مطالعه در حدود ۵۶۲/۵ کیلومتر مربع، حداکثر ارتفاع آن در مناطق جنوبی که قله سهند را در بر گرفته در حدود ۳۵۴۰ متر (بز داغ) و حداقل ارتفاع آن در محل خروجی حوضه واقع شده که در حدود ۱۷۴۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد (شکل ۳).

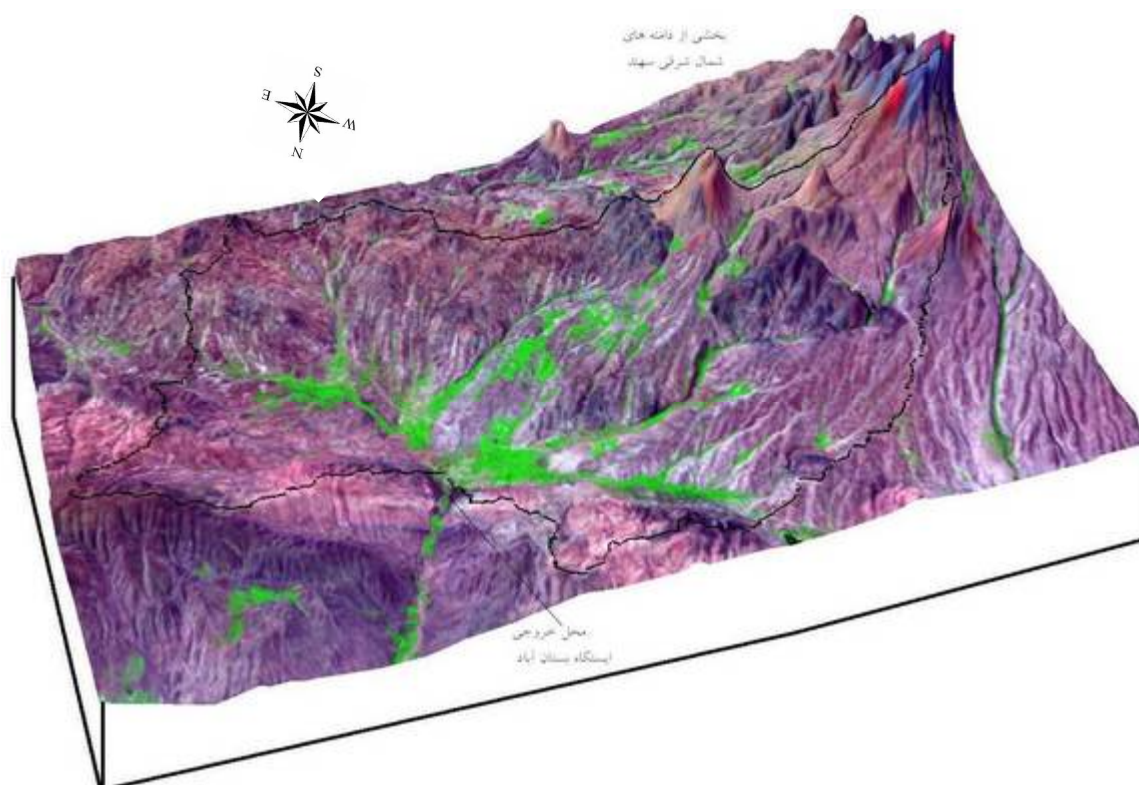


شکل ۲- نقشه محدوده شمالغربی ایران و موقعیت حوضه آبریز اوجان چای در استان آذربایجان شرقی

ژئومورفولوژی ناهمواری‌های حوضه اوجان چای توسط دلفوس و برتراند^{۱۳} (جتتی‌سراب، ۱۳۷۲، ۵۴) در چهار اشکوب ارتفاعی با سیستم مورفوزن خاص، طبقه‌بندی شده که عبارتند از: ۱- اشکوب فوقانی؛ ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر که تحت تسلط سیستم مورفوزن پریگلاسیر یا مجاور یخچالی قرار دارد. ۲- اشکوب ارتفاعی ۲۲۰۰-۳۰۰۰ متر، که مواریث دوره‌های یخچالی، فعالیت سیستم مورفوزن پریگلاسیر و نیز نیواسیون در طی فصول سرد و زبانه‌های سولی فلوکسیون و جریان‌های ناشی از ذوب برف در طی فصول گرم، از اختصاصات این اشکوب است. ۳- اشکوب ارتفاعی ۱۹۰۰-۲۲۰۰ متر، تحت تسلط سیستم مورفوزن

¹³ Delfus and Bertrand

جریان های سطحی خصوصا در فصول گرم سال قرار دارد. ۴- اشکوب ارتفاعی ۱۹۰۰-۱۷۰۰ متر، اشکوب تراکمی نامیده شده و محل تشکیل دره های وسیع، مخروط افکنه ها و در مجموع انباشت مواد حمل شده از سایر اشکوب های ارتفاعی است.



شکل ۳- نمایی سه بعدی از تصویر ماهواره لندست حوضه آبریز اوجان چای در دامنه توده کوهستانی سهند.

بخش وسیعی از منطقه توسط سنگ های آذرین و مواد آواری پوشیده شده که حاوی توده های نفوذی متعدد، سنگ های آتشفشانی، مواد آذرآواری نظیر خاکسترهای آتشفشانی، پومیس، لاهار و کنگلومرای سخت شده در بخش جنوب و جنوب شرقی است. بطور کلی در منطقه مورد مطالعه هیچ گونه برونزد سنگی متعلق به دورانهای اول و دوم زمین شناسی وجود ندارد و از دوران سوم نیز قدیمی ترین برونزدهای سنگی متعلق به دوره ائوسن است که از نوع آندزیت و ایگنمبریت بوده و در قسمت های جنوبی حوضه دیده می شود. همچنین از دوره الیگوسن انواع سنگ های آذرین از قبیل پیروکسن آندزیت، آگلومرا، ریولیت و نیز توف تنها در بخش های کوچکی در جنوب شرقی شهرستان بستان آباد وجود دارد. اما در مجموع سطح وسیعی از منطقه مورد مطالعه توسط برونزدهای سنگی و رسوبات آبرفتی مربوط به دوره پلیوسن و کواترنری که شامل سنگ های آذرین خروجی و مواد آذرآواری است تشکیل شده (درویش زاده، ۱۳۸۲).

مواد و روش مطالعه

برای تعیین مناطق مخاطره آمیز سیل شیوه های مختلفی وجود دارد که می توان در یک تقسیم بندی کلی آنها را در دو گروه طبقه بندی نمود. این شیوه ها عبارتند از: ۱- شیوه های مبتنی بر داده های زمین شناسی- ژئومورفولوژیکی و ۲- شیوه های مبتنی بر داده های هیدرولیکی- هیدرولوژیکی. در شیوه های گروه اول، مبنای تعیین مناطق مخاطره آمیز سیل، استفاده از ابزارهایی مانند: عکس های هوایی، مطالعات میدانی و شواهد مربوط به جریانهای آب سطحی است (بیکر و همکاران^{۱۴}، ۱۹۹۸). در حالیکه در

¹⁴ Baker, et al

شیوه های مورد استفاده در گروه دوم مبنای مطالعات، محاسبه دبی پیک جریان آب در طی دوره های بازگشت معین می باشد، بطوریکه به این وسیله گستره تحت اشغال جریان آب تعیین می شود (ویدر^{۱۵}، ۲۰۰۲). در این میان گروه سوم داده ها، که حاصل از بررسی وقایع سیلاب های اتفاق افتاده در گذشته می باشد به عنوان مکمل و جهت کالیبره کردن نتایج بدست آمده از دو روش فوق مورد استفاده قرار می گیرند (تورندی کرافت و همکاران^{۱۶}، ۲۰۰۳). در مقایسه این دو روش، مطالعات متعدد انجام شده نشانگر کارایی بیشتر روش ژئومورفولوژی در تعیین مناطق مخاطره آمیز سیل است. بویژه تحت شرایطی که رودخانه مورد مطالعه از مجرا و دشت سیلابی بسیار متغیری برخوردار باشد یا در مواردی که رودخانه مورد مطالعه دارای پتانسیل فرسایش زیادی است و انتقال محلی رسوب در وضعیت ویژه ای است و مهمتر از آن زمانیکه سایر داده های مورد نیاز به علت عدم وجود ایستگاه هیدرومتری و رسوبسنجی وجود ندارند (ولمان^{۱۷}، ۱۹۷۱، کلیمیک و همکاران^{۱۸}، ۲۰۰۳). از این شیوه برای تهیه نقشه پهنه بندی مخاطرات وقوع سیل برای مناطقی در جنوب فرانسه (بلایس و همکاران^{۱۹}، ۲۰۰۵) و ایتالیا (گوزیتی و تونلی^{۲۰}، ۲۰۰۴، گوزیتی و همکاران، ۲۰۰۵) استفاده شده است.

در این مقاله با استفاده از عوامل مؤثر در تعیین مناطق مخاطره آمیز سیل به روش مبتنی بر داده های زمین شناسی-ژئومورفولوژی مناطق مخاطره آمیز سیل در حوضه مورد مطالعه طبقه بندی شده است. عوامل اصلی مؤثر در پنج گروه طبقه بندی شده اند که هر کدام از آنها مشتمل بر عوامل جزئی تری اند که مجموعاً ۱۶ عامل یا لایه اطلاعاتی را تشکیل می دهند (شکل ۱). به این ترتیب مواد مورد استفاده در این مقاله عبارتند از:

- داده های اقلیمی (متوسط درجه حرارت ماهانه و مجموع بارش ماهانه) منطقه مورد مطالعه در طی دوره آماری ۲۴ ساله (۱۳۷۵-۱۳۵۱).

- مدل رقومی شده ارتفاعی منطقه با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰

- نقشه کاربری اراضی به روز شده با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ با کمک داده های ماهواره لندست

- نقشه زمین شناسی به روز شده با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ با کمک داده های ماهواره لندست

- سری زمانی متناوب داده های ماهواره لندست در دوره زمانی ۲۴ ساله (۱۳۷۵-۱۳۵۱).

- سری زمانی متناوب عکس های هوایی در دوره زمانی ۲۴ ساله (۱۳۷۵-۱۳۵۱).

در اولین مرحله، نقشه داده های ژئومورفولوژی منطقه با تأکید بر ژئومورفولوژی فرسایش آبی تهیه شده است. برای این منظور پارامترهای اصلی تعیین کننده شکل هندسی عناصر زمین یا لندفرمها (شیب، ارتفاع نسبی و نوع پروفیل) با کمک مدل ارتفاعی رقومی شده و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی محاسبه شد. برای طبقه بندی پارامترهای شیب، ارتفاع نسبی و نوع پروفیل از آستانه های پیشنهاد شده توسط هامند^{۲۱} (۱۹۵۴) استفاده شده است. جهت طبقه بندی خودکار لندفرمهای منطقه مورد مطالعه از شیوه پنجره آنالیز همسایگی^{۲۲} برای تعیین محدوده نفوذ آستانه های بکار گرفته شده برای پارامترهای شیب، ارتفاع نسبی و نوع پروفیل، استفاده شده است. در این مطالعه از پنجره ای به شکل دایره و شعاع ۱۰۰۰ متر برای محاسبات آنالیز همسایگی استفاده شده است. شعاع مورد استفاده برای پنجره آنالیز همسایگی متناسب با مقیاس نقشه خروجی و نیز اهداف مطالعه تعیین می شود. در انتهای این مرحله با استفاده از نقشه تهیه شده از لندفرمها، عکس های هوایی در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰، نقشه های توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ و

¹⁵ Wheeler

¹⁶ Thorndy Craft, et al

¹⁷ Wolman

¹⁸ Klimek, et al

¹⁹ Ballais, et al

²⁰ Guzzetti and Tonelli

²¹ Hammond

²² Neighbourhood Analysis Window

زمین شناسی به روز شده در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰، تصاویر ماهواره ای و عملیات میدانی، نقشه داده های ژئومورفولوژی فرسایش آبی منطقه مورد مطالعه تهیه شده است.



شکل ۱- فلوچارت داده های مورد استفاده و ورودی به مدل جهت طبقه بندی ریسک مخاطرات سیل

در دومین مرحله، شاخص های فرعی عوامل مورد استفاده در این مقاله شامل لایه های اطلاعاتی ۱۶ گانه (سطر دوم شکل ۱) با استفاده از شیوه درونیابی کریجینگ و محاسبه واریوگرام^{۲۳} با کمترین مربعات خطا، به صورت نقشه هایی جداگانه در قالب مدل های رقومی تهیه و در پایگاه اطلاعاتی ورودی مدل ذخیره گردید. از آنجا که شیوه محاسبات مورد استفاده در این مقاله مبتنی بر منطق فازی است و با توجه به اینکه داده های مورد نظر غیر فازی هستند، فازی سازی^{۲۴} آنها ضروری است. بنابراین در مرحله دوم، تمام مقادیر لایه های ۱۶ گانه ورودی به مدل و نیز نقشه داده های ژئومورفولوژی فرسایش آبی منطقه مورد مطالعه که در مرحله اول تهیه شده بود، با در نظر گرفتن رابطه زیر در مقیاس فازی مرتب شده اند (رابطه ۱).

$$\mu_i = \frac{\lambda_i}{1 + \lambda_i} \Leftrightarrow \lambda_i = \frac{\lambda_i}{1 - \lambda_i} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه μ_i درجه عضویت هر پیکسل در تابع را نشان می دهد و λ_i مقدار نسبت تشابه هر کدام از پیکسل ها است. به این صورت به جای در نظر گرفتن ارزش واقعی هر پیکسل در مدل های رقومی شده، درجه عضویت پیکسل ها در تشکیل مدل های رقومی شده، مورد محاسبه قرار گرفت.

در مرحله سوم، با استفاده از آنالیزهای چند متغیره مقادیر مربوط به روابط آماری بین متغیرهای ورودی به مدل (لایه های ۱۶ گانه شکل ۱) و داده های ژئومورفولوژی منطقه تعیین شد. به این ترتیب میزان وزن تأثیرگذاری متغیرهای ورودی، در بروز سیل بر اساس داده های ژئومورفولوژی محاسبه شده است. سپس محاسبه میزان ریسک مخاطرات سیل با توجه به وزن محاسبه شده برای هر کدام از واحدهای فرعی ژئومورفولوژی و به روش انطباق لایه های ۱۶ گانه فازی شده، محاسبه شد.

²³ variogram

²⁴ Fuzzy Fication

در چهارمین مرحله، برای محاسبه نقشه مخاطرات وقوع سیل منطقه مورد مطالعه با کمک عملگر جمع جبری فازی و از رابطه زیر لایه های مربوطه رویهم قرار داده شدند (رابطه ۲).

$$W_{\text{Combination}} = 1 - \left(\prod_{i=1}^n (1 - W_i) \right) \quad \text{رابطه (۲)}$$

در مرحله پنجم، جهت طبقه بندی مخاطرات سیل در $Mat\ lab$ جهت خوشه بندی اطلاعات نقشه نهایی تهیه شده در ۵ طبقه شامل: ۱- مناطق فاقد خطر ۲- مناطق با میزان خطر اندک ۳- مناطق با میزان خطر متوسط ۴- مناطق با میزان خطر زیاد و ۵- مناطق پرمخاطره، استفاده شد.

در آخرین مرحله، پس از طبقه بندی مناطق مختلف محدوده مورد مطالعه از جهت میزان آسیب پذیری در برابر خطر سیل، ارزیابی میزان صحت نتایج حاصل شده با شرایط واقعی منطقه اقدامی مهم و ضروری است. به این ترتیب میزان صحت و قابلیت اعتماد به نتایج حاصل از فرآیند طبقه بندی، تعیین و اعتبار روش بکار گرفته شده مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. برای این منظور باید داده های مشاهده ای در دوره آماری مورد استفاده را با نتایج حاصله مورد مقایسه قرار داد. با توجه به اینکه در زمینه خطر سیل در منطقه مطالعه دقیق و کاملی انجام نشده و پایگاهی از اطلاعات مربوط به سیلابهای اتفاق افتاده در دوره های قبل که بتوان به آنها استناد نمود، در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد، لذا با کمبود اطلاعات مواجه هستیم. این در حالی است که برای ارزیابی و تعیین میزان صحت نتایج حاصل از این مطالعه الزاما باید یکسری از داده های مبنایی^{۲۵} را در اختیار داشته باشیم.

در این بررسی جهت تهیه پایگاهی از داده های مبنایی در زمینه ریسک سیل برای مقایسه نتایج حاصل از طبقه بندی خطر سیل از دو شاخص $TWI^{۲۶}$ و $NDWI^{۲۷}$ استفاده شده است. شاخص TWI یا شاخص رطوبت توپوگرافی براساس داده های رقومی شده ارتفاعی^{۲۸} و شاخص $NDWI$ یا شاخص نرمال شده آب بر اساس داده های تصاویر ماهواره ای حاصل می شوند. بررسی های متعدد انجام شده در خصوص کاربرد این دو شاخص برای تهیه انواع نقشه های پهنه بندی سیلاب، تعیین دشت سیلابی، ریسک سیل، آسیب پذیری در برابر سیل، بررسی جریانهای آبی و مدیریت منابع آب، نشانگر قابلیت و دقت بسیار خوب این دو شاخص است (ژائو چنگو^{۲۹}، ۱۹۹۳، مک فیتز^{۳۰}، ۱۹۹۶، سانجانی و همکاران^{۳۱}، ۲۰۰۵، اسمیت^{۳۲}، ۱۹۹۷، سادو کیمیترو^{۳۳}، ۲۰۰۲، گانتز^{۳۴}، ۲۰۰۴، ساکایی و همکاران^{۳۵}، ۲۰۰۹). از اینرو در این بررسی برای تهیه اطلاعات مبنایی برای تعیین صحت نقشه طبقه بندی خطر سیل، از این دو شاخص استفاده شده است.

برای محاسبه شاخص TWI شیوه های متنوعی وجود دارد اما رابطه کلی آن به صورت زیر است (رابطه ۳):

رابطه (۳)

$$TWI = \ln a / \tan \beta$$

در این رابطه a مساحت موضعی بالای دامنه که از طریق مسیرهای معینی زهکشی می شود و β شیب دامنه های موضعی زهکش شده تأثیرگذار در شیب هیدرولیک مسیر زهکشی است (هجردت و همکاران^{۳۶}، ۲۰۰۴). در این مقاله با استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی و داده های رقومی شده ارتفاعی شاخص TWI برای منطقه محاسبه و طبقه بندی شده است.

²⁵ Reference Data

²⁶ Topographic Wetness Index

²⁷ Normalized Deference Water Index

²⁸ DEM

²⁹ Zhou Chenghu

³⁰ McFeeters

³¹ Sanjany, et al

³² Smith

³³ Sado Kimiteru

³⁴ Guntner

³⁵ Sakai et al

³⁶ Hjerdt, et al

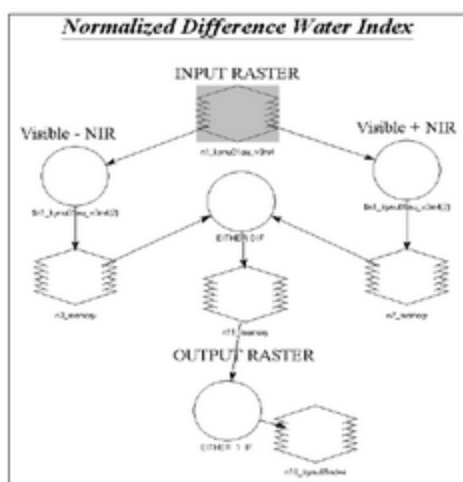
شاخص دیگر محاسبه شده جهت استخراج داده های مبانی برای مقایسه نتایج طبقه بندی در این مطالعه، شاخص NDWI است که با استفاده از تصاویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه و نرم افزارهای پردازش تصاویر ماهواره ای مانند ERDAS حاصل شده است. برای محاسبه شاخص NDWI از رابطه زیر استفاده می شود (رابطه ۴):

رابطه (۴)

$$NDWI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}}$$

در این رابطه NIR داده های اخذ شده در طول موج مادون قرمز نزدیک و SWIR داده های اخذ شده در طول موج مادون قرمز کوتاه است (مک فیترز، ۱۹۹۶). برای محاسبه این شاخص با استفاده از قابلیت مدلسازی نرم افزار ERDAS مدل سازی صورت گرفت و با استفاده از این قابلیت نرم افزار شاخص NDWI محاسبه شد (شکل ۲).

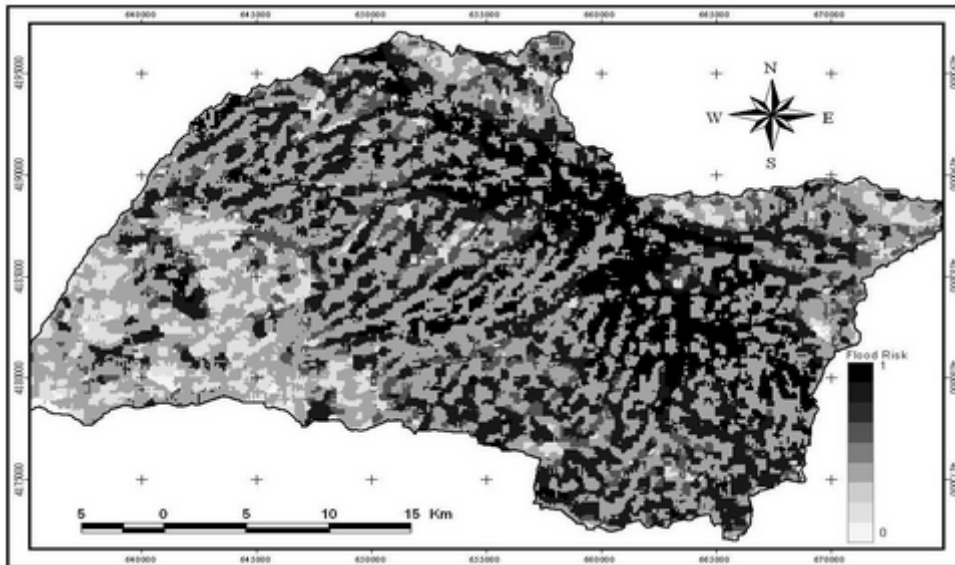
با توجه به اینکه پایگاه تهیه شده از داده های مبانی با استفاده از دو شاخص TWI و NDWI جایگزین قابل اطمینانی بجای داده های مشاهده ای خطر سیل در منطقه مورد مطالعه می باشند، میزان صحت نتایج حاصل از طبقه بندی خطر سیل در مقایسه با این دو گروه از داده های مبانی تعیین شده است. برای این منظور محاسبه ماتریس آنالیز صحت و ضریب کاپا، جهت تعیین میزان صحت نتایج این مطالعه مورد توجه قرار گرفته است.



شکل ۲- الگوریتم مدل مورد استفاده در نرم افزار ERDAS جهت محاسبه شاخص NDWI

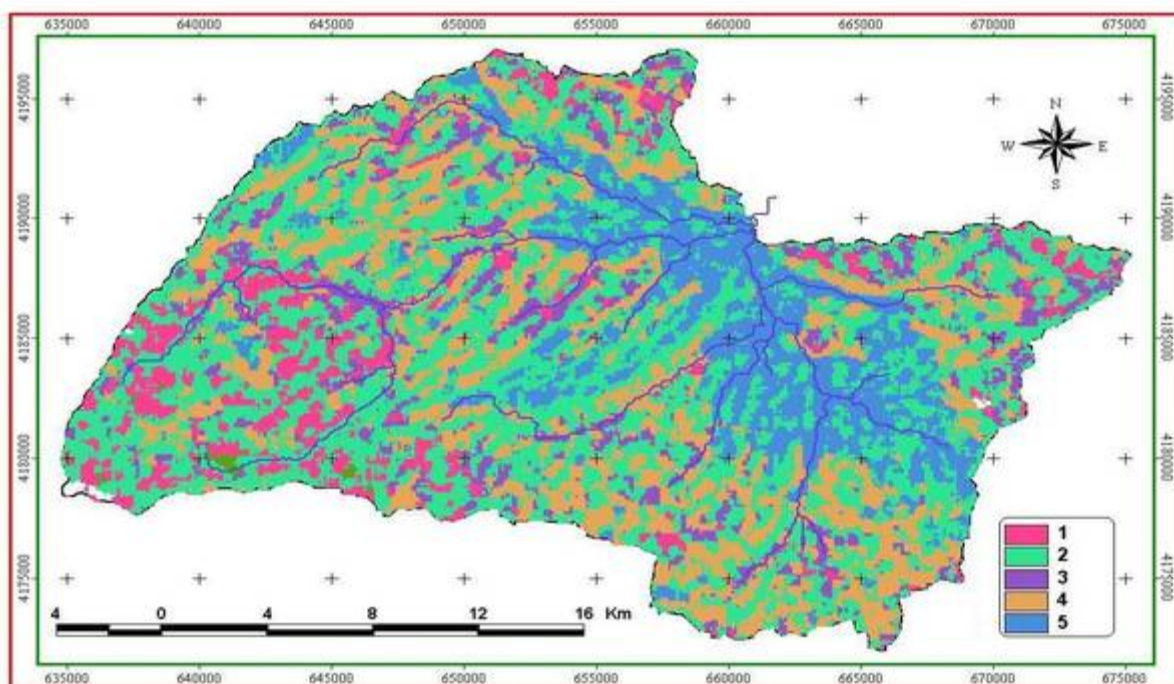
نتایج

نتایج حاصل از جمع جبری فازی ۱۶ لایه اطلاعاتی فازی شده ورودی به مدل با توجه به وزن آنها در شکل (۳) نشان داده شده است. چنانکه ملاحظه می شود درجه تأثیرگذاری یا به عبارتی در مقیاس فازی درجه عضویت هر پیکسل در میزان خطر سیل بین صفر (فاقد تأثیر) تا یک (بیشترین میزان تأثیر) متفاوت است. مشاهده می شود که مناطق با بیشترین درجه خطر سیل در محدوده مجاورت شاخه های اصلی رودخانه اوجان چای و بویژه در محل خروجی که اتصال چند شاخه اصلی رودخانه اوجان چای صورت گرفته و توپوگرافی منطقه ملایم تر می شود، قرار گرفته است. با توجه به طیف رنگی شکل (۳) مشاهده می شود که قسمت اعظم حوضه اوجان چای در دامنه خطر متوسط به بالا قرار گرفته است.



شکل ۳- نقشه حاصل از جمع جبری فازی ۱۶ لایه اطلاعاتی که در مقیاس فازی میزان خطر سیل مناطق مختلف حوضه را نشان می دهد

از نظر ژئومورفولوژی برخی از مناطق برای وقوع و گسترش سیلاب مناسب تر هستند بطوریکه از این مناطق به عنوان مناطق بالقوه سیلابی یاد می شود. از جمله این گونه مناطق، دشت های سیلابی می باشد. تعیین دقیق حدود این مناطق که انواع مختلفی را نیز در برداشته و در بخش های مختلف یک حوضه آبریز پراکنده هستند، کاری مشکل و زمانبر بوده و اساسا مبتنی بر انجام یکسری مطالعات ژئومورفولوژی در منطقه می باشد. به این ترتیب پس از تعیین مناطق مساعد برای وقوع سیلاب از نظر ژئومورفولوژی و اولویت بندی آنها، در مرحله بعد می توان میزان ریسک وقوع سیل در هر یک از انواع لندفرم های ژئومورفولوژیک را تعیین و در نهایت طبقه بندی نمود. برای این منظور نقشه فاقد طبقه بندی حاصل از جمع جبری فازی ۱۶ لایه اطلاعاتی، بر مبنای نقشه داده های ژئومورفولوژی منطقه و روش طبقه بندی چند متغیره فازی به شیوه **C-Mean** به کمک نرم افزار **Mat lab** پهنه بندی شده است. به این ترتیب با کمک تجزیه و تحلیل های ژئومورفولوژیک و انطباق لایه های فازی شده، لندفرم های ژئومورفولوژیک واقعی در مناطق مختلف حوضه که در برابر وقوع سیل مساعد هستند، بطور عددی در گروه ۱ تا ۵ شامل: ۱- مناطق فاقد خطر ۲- مناطق با میزان خطر اندک ۳- مناطق با میزان خطر متوسط ۴- مناطق با میزان خطر زیاد و ۵- مناطق پرمخاطره، طبقه بندی شده اند. بطوریکه میزان مساعد بودن گروه های مختلف لندفرمها از سمت مناطق با مقدار عددی حداکثر به سمت مقادیر عددی حداقل، کاهش پیدا می کند (شکل ۴).



شکل ۴- نقشه طبقه‌بندی لندفرمهای ژئومورفیک منطقه بر حسب ریسک مخاطرات سیل در آنها (مقادیر راهنما معرف میزان ریسک هستند بطوریکه به سمت مقادیر کوچکتر میزان ریسک کاهش می یابد)

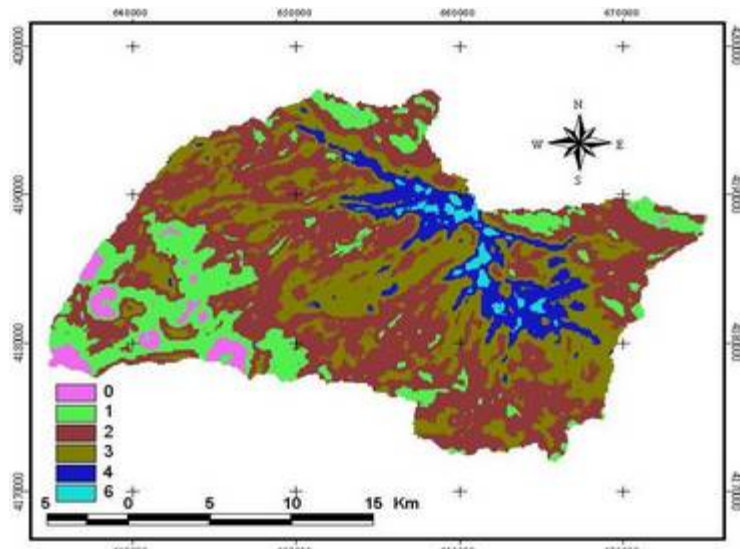
بررسی صحت نتایج حاصل از طبقه بندی مخاطرات سیل

جهت بررسی صحت نقشه ریسک سیل بدست آمده (شکل ۴) در منطقه می توان داده های هیدرومتری ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری اوجان چای که در محل خروجی حوضه قرار گرفته را با کمک شیوه های هیدرولوژیکی مورد استفاده قرار داد. اما معمولاً این شیوه ها برای بازه های معینی از مسیر رودخانه اصلی و یا برای محدوده های بسیار کوچک استفاده می شوند. از اینرو نمی توان از آنها برای تمامی محدوده یک حوضه آبریز استفاده نمود. همچنین، نتایج حاصل از این روش ها نیز باید با استفاده از داده های مشاهده ای مورد تحلیل های صحت قرار گیرد. از اینرو با توجه به این مطلب و نظر به نبود پایگاه داده ای از سیلابهای اتفاق افتاده در دوره های قبل که بتوان به آنها استناد نمود، برای مقایسه نتایج حاصل از طبقه بندی خطر سیل (شکل ۴) از داده های مبنایی دو شاخص **TWI** و **NDWI** که در زمینه ریسک سیل مورد استفاده و اعتماد هستند، استفاده شده است.

شاخص **TWI** محاسبه شده با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰، نشانگر شدت تغییرات رطوبت خاک به سمت مسیر شبکه آبراهه های رودخانه اوجان چای است. به نحوی که در امتداد مسیرهای اصلی و با رتبه بزرگتر شدت رطوبت افزایش پیدا کرده و به سمت شعبات فرعی رودخانه شدت رطوبت کمتر و به سمت اینترفلوها میزان شدت رطوبت خاک به دلیل اثر گذاری شیب توپوگرافی به حداقل می رسد (شکل ۵).

برای محاسبه ماتریس آنالیز صحت در این مطالعه تعداد ۲۵۶ نقطه بطور تصادفی و با استفاده از نرم افزار پردازش تصاویر ماهواره ای **ERDAS** انتخاب شده است. ماتریس آنالیز صحت حاصل از مقایسه اطلاعات مبنایی بدست آمده از محاسبه شاخص **TWI** با طبقه بندی ریسک آسب پذیری سیل (برای تعداد ۲۵۶ نقطه تصادفی مربوط به تمامی طبقات ریسک آسب پذیری سیل) در منطقه مورد مطالعه حاکی از این مطلب است که بطورکلی در طبقات با خطر ریسک کم آسب پذیری سیل صحت نتایج در تمامی طبقات بیش از ۷۴ درصد است و میزان صحت نتایج در طبقات با ریسک بالای آسب پذیری سیل مقدار صحت طبقه بندی

تا ۴۸ درصد تقلیل پیدا می کند. اما در مجموع آنالیز صحت طبقه بندی صورت گرفته مقدار ۸۳/۲۹ درصد صحت با ضریب کاپای ۰/۸ مشاهده می شود (جدول ۲).



شکل ۵- نقشه تغییرات شاخص TWI در حوضه مورد مطالعه

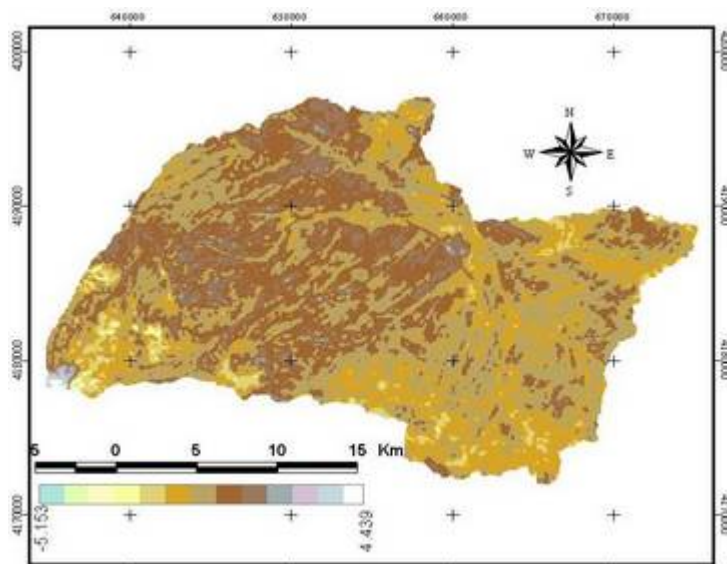
جدول (۲) ماتریس آنالیز صحت نتایج طبقه بندی ریسک آسیب پذیری سیل در مقابل داده های مبنای حاصل شده از محاسبه شاخص TWI

مجموع صحت طبقه بندی = ۸۳/۲۹٪				
مجموع ضریب کاپا = ۰/۸۰۲۷۴۳۵				
نام طبقات	مجموع داده های مبنا	تعداد مشاهدات صحیح	میزان صحت حاصل شده	میزان صحت کاربر
طبقه ۱	۹۳	۶۷	۷۵/۹۲٪	۸۰/۲۶٪
طبقه ۲	۱۴	۱۰	۷۱/۴۲٪	۷۴/۱۸٪
طبقه ۳	۶۳	۴۸	۷۹/۴٪	۸۲/۱۹٪
طبقه ۴	۳۳	۱۱	۴۸/۸۵٪	۵۲/۶۱٪
طبقه ۵	۳۴	۱۲	۴۲/۵٪	۴۸/۵۱٪

براساس شاخص NDWI حاصل شده از داده های ماهواره ای مقدار رطوبت سطح زمین در حوضه در دره های دارای پوشش گیاهی انبوه نسبت به سایر دره ها شدت بیشتری دارد. به عبارتی دیگر تغییرات میزان این شاخص با توزیع فضایی و تراکم پوشش گیاهی در منطقه انطباق کاملی را نشان می دهد. چنانکه در دره های فرعی تر و کم عرض تر بالادست حوضه مقدار این شاخص به دلیل تراکم پوشش گیاهی، بیشتر است. در انتهای حوضه مورد مطالعه نیز که دره های فرعی متعدد به یکدیگر متصل شده و عرض دره به بیشترین مقدار خود می رسد تراکم پوشش گیاهی و میزان شاخص NDWI به بیشترین مقدار می رسد (شکل ۷).

برای آنالیز صحت نتایج در این بخش نیز تعداد ۲۵۶ نقطه تصادفی از داده های مبنایی NDWI و نتایج حاصل از طبقه بندی ریسک آسیب پذیری سیل انتخاب و ماتریس آنالیز صحت و ضریب کاپا محاسبه شده است. براساس محاسبات آنالیز صحت انجام شده با کمک این نوع از داده های مبنایی، طبقات با ریسک بالا حداقل به میزان ۶۷ درصد و طبقات با ریسک پایین حداقل میزان ۳۸

درصد صحت طبقه بندی را نشان می دهند. در مجموع میزان صحت حاصل از مقایسه نتایج طبقه بندی ریسک آسیب پذیری سیل و اطلاعات NDWI مبنای قرار گرفته، ۷۶/۴۶ درصد با مقدار ضریب کاپای ۰/۷۵ است (جدول ۳).



شکل ۷- نقشه تغییرات شاخص NDWI در حوضه مورد مطالعه

جدول ۳- ماتریس آنالیز صحت طبقه بندی ریسک آسیب پذیری سیل در مقابل داده های مبنای حاصل شده از محاسبه شاخص

NDWI

مجموع صحت طبقه بندی = ۷۶/۴۶٪				
مجموع ضریب کاپای = ۰/۷۵۲۲۳۶۱				
نام طبقات	مجموع داده های مبنای	تعداد مشاهدات صحیح	میزان صحت حاصل شده	میزان صحت کاربر
طبقه ۱	۲۵	۱۰	۴۶/۶٪	۵۲/۳۱٪
طبقه ۲	۲۱	۸	۳۸/۱٪	۴۳/۲۳٪
طبقه ۳	۸۲	۶۶	۶۷/۱۲٪	۷۳/۰۲٪
طبقه ۴	۵۱	۳۳	۶۷/۲۴٪	۷۴/۳۳٪
طبقه ۵	۳۲	۲۱	۷۶/۵٪	۷۸/۱۲٪

بحث و نتیجه گیری

تحلیل های هیدرولوژیکی حوضه آبریز اوجان چای حاکی از این مطلب است که در یک دوره زمانی ۲۴ ساله (۱۳۷۵-۱۳۵۱)، میزان رواناب فصل بهار در حوضه مستقل از بارش های زمستان و پائیز در منطقه نیست. ضریب جریان در فصل بهار بالا بوده و در بعضی نقاط حتی بیش از یک می باشد. در فصل تابستان به علت وقوع بارش کم ضریب جریان به غیر از چند مورد نزدیک به صفر است. ضریب جریان فصل پاییز بطور متوسط در حدود ۳۵٪ محاسبه شده و مدل رواناب فصل زمستان منطقه ضریب جریان بالایی را که متوسط آن ۶٪ است، نشان می دهد. ضریب جریان سالانه در تمام سالها کمتر از یک و نزدیک ۷٪ است (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ و ۱۳۸۷). بر این اساس حوضه آبریز اوجان چای یکی از سیلخیزترین حوضه ها در دامنه شمالی کوهستان سهند و در شمال غرب ایران است.

با وجود اینکه برای جلوگیری از وقوع سیل کار زیادی از دست انسانها ساخته نیست، اما می توان ماهیت و گستره تلفات و خسارات ناشی از سیل را تحت تأثیر قرار داد. تعیین ریسک مناطق مختلف در برابر وقوع سیل شامل تخمین احتمال وقوع حوادث سیلابی در یک مکان معین براساس دامنه گسترده ای از عوامل (از قبیل: خصوصیات حوضه زهکشی رودخانه، تاریخچه سیلابهای منطقه، توپوگرافی و پدیده های محلی، تغییرات آب و هوایی و غیره) است. بنابراین بررسی میزان ریسک نقاط مختلف در برابر سیل تنها با انجام مطالعات مفصل امکان پذیر است. از طرفی بر اساس نتایج حاصل از مطالعات متعدد انجام شده در زمینه ریسک سیل باید گفت که به دلیل بروز تغییرات در شرایط آب و هوایی کره زمین فراوانی و میزان وقوع سیلها افزایش پیدا کرده است (مایلی و همکاران^{۳۷}، ۲۰۰۲، کلینن و پچلهلد^{۳۸}، ۲۰۰۷، کاندزویز^{۳۹}، ۲۰۰۷).

برای تعیین احتمال وقوع سیل مدل های بسیاری وجود دارد که در مطالعات هیدرولوژی قابل مشاهده هستند (سینگ^{۴۰}، ۱۹۹۸، کونانن^{۴۱}، ۱۹۷۳). در قالب روشهای مورد استفاده برای تهیه نقشه های پهنه های مخاطرات سیل به آمار دقیق ایستگاههای هیدرومتری به تعداد زیاد نیاز است که با توجه به کمبود این نوع از ایستگاهها و نیز کافی نبودن طول دوره اخذ داده ها ناگزیر به استفاده از شیوه های تخمینی هستیم. این در حالی است که برای بسیاری از رودخانه های فصلی و اتفاقی کشورمان اصلا هیچ گونه ایستگاه اخذ داده ای وجود ندارد در حالی که همواره به دلیل شرایط اقلیمی و طبیعی حاکم بر این مناطق خسارات ناشی از وقوع سیل در آنها ناگهانی تر و بیشتر نیز می باشد. شیوه ارائه شده و مورد بحث واقع شده در این مقاله پهنه بندی قابل قبولی را از مناطق با ریسک های مختلف در برابر آسیب پذیری سیل ارائه می کند. چنانکه ارزیابی های انجام شده در زمینه صحت نتایج طبقه بندی موید این موضوع است. می توان نتیجه گرفت که پهنه بندی ریسک سیل مبتنی بر روش ژئومورفولوژی، نتایج قابل اعتمادی را ارائه می نماید بطوریکه در فرایند برنامه ریزی می تواند به عنوان ابزاری سودمند در اختیار برنامه ریزان قرار گیرد.

منابع

- ۱) جنتی سراب، ابوالفضل. ۱۳۷۲؛ مطالعات ژئومورفولوژی و هیدرومورفولوژی حوضه اوجان چای، خیام مقصود، دانشگاه تبریز، گروه جغرافیای طبیعی، ص ۲۳۰.
- ۲) درویش زاده، علی. ۱۳۸۲؛ زمین شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر، ص ۹۰۰.
- ۳) رضایی مقدم، محمدحسین، احد مولوی و مهدی ثقفی. ۱۳۸۳؛ بررسی هیدروژئومورفولوژی حوضه آبریز اوجان چای از دیدگاه آب قابل استحصال، پروژه مطالعاتی، مدیریت پژوهشی و فناوری دانشگاه تبریز.
- ۴) رضایی مقدم، محمدحسین، احد مولوی و مهدی ثقفی. ۱۳۸۷؛ تعیین بهترین مدل میزان رواناب حاصل از بارش (مطالعه موردی: حوضه آبریز اوجان چای)، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، شماره ۲۵. صص ۱۴۸-۱۳۱.
- ۵) رضایی مقدم، محمدحسین، سعید جهانبخش و مهدی ثقفی. ۱۳۸۴. کاربرد تکنیکهای جدید در تعیین و پهنه بندی ریسک مناطق مختلف در برابر مخاطرات سیل (مطالعه موردی: جلگه تبریز با تاکید بر حوضه آبریز مهرانرود). طرح تحقیقاتی قطبهای علمی دانشگاه تبریز، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی
- 6) Baker VR, Kochel RC, Patton PC. 1988. Flood geomorphology. Wiley Interscience, Toronto (Canada), 503pp.
- 7) Ballais JL, Garry G, Masson M. 2005. Contribution of hydrogeomorphological method to flood hazard assessment: the case of French Mediterranean region. CR Geosci 337(13):1120-1130.

³⁷ Milly, et al

³⁸ Kleinen and Petschel-Held

³⁹ Kundzewicz

⁴⁰ Singh

⁴¹ Cunnane

- 8) Casale, R. and C. Margottini. 1999. Floods and Landslides: Integrated Risk Assessment. Chapter 11, 147-189, Springer.
- 9) Gilard, O. & P. Givone. 1997. Flood risk management: new concepts and methods for objective negotiations. Destructive Water: Water-Caused Natural Disasters, their Abatement and Control. (Proceedings of the Conference held at Anaheim, California, June 1996). IAHS Publ. no. 239.
- 10) Green, C. et al. 1995. Vulnerability refined: analysing full flood impacts. In: Floods across Europe (Flood Hazard Assessment, Modelling and Management). (ed. by E. Penning-Rowsell & M. Fordham). European Research Programme EUROFLOOD.
- 11) Guntner, A., Seibert, J., and Uhlenbrook, S. 2004. Modeling spatial patterns of saturated areas: an evaluation of different terrain indices. *Water Resour. Res.*, 40.
- 12) Guzzetti F, Stark CP, Salvati P. 2005. Evaluation of flood and landslide risk to the population in Italy. *Environmental Mangement* 36(1):15-36.
- 13) Guzzetti F, Tonelli G. 2004. Information system on hydrological and geomorphological catastrophes in Italy (SICI): a tool for managing landslide and Flood hazards. *Nat Hazard Earth Syst Sci* 4:213-232.
- 14) Hammond, E. H. 1954. Small scale continental landform maps. *Annals of Association of American Geographers*, 44, pp32-42.
- 15) Hjerdt, K. N., McDonnell, J. J., Seibert, J., and Rodhe, A. 2004. A new topographic index to quantify downslope controls on local drainage. *Water Resour. Res.*, 40,
- 16) Hooijer, A., Klijn, F., Pedroli, G. B. M., and Van Os, A. G. 2004. Towards sustainable flood risk management in the Rhine and Meuse river basins. Synopsis of the findings of IRMA-SPONGE, *River Res. Appl.*, 20, 343-357.
- 17) Klimek K, Malik I, Owczarek P, Zygmunt E. 2003. Historical flood evidence using geomorphological and dendrochronological records, Sudetes mountains, Central Europe. In: Thorndycraft VR et al (eds) Palaeofloods, historical data & climatic variability. Applications in flood risk assessment, pp 61-72.
- 18) McFeeters S.K. 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*. 17(7):1425-1432.
- 19) Moel, H. de, J. van Alphen and J. C. J. H. Aerts. 2009. Flood maps in Europe – methods, availability and use. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 289-301.
- 20) Sado, Kimiteru. 2002. Flood Hazard Assessment for the Construction of Flood Hazard Map and Land Development Priority Map Using NOAA/AVHRR Data and GIS - A Case Study in Bangladesh. Department of Civil Engineering. Kitami Institute of Technology, 165 Koen-cho, Kitami 090-8507, Japan.
- 21) Sakai, T. Sasai, T. Kobayashi, N. Hiyama, T. Yamamoto, K. Yamaguchi, Y. Inoue, G. 2009. Flood detection and monitoring around Lena River in Siberia with SPOT-VGT. American Geophysical Union, Fall Meeting.
- 22) Sanjay K. Jain, R. D. Singh, M. K. Jain and A. K. Lohani. 2005. Delineation of Flood Prone Areas Using Remote Sensing Techniques. *Water Resources Management*. Springer Netherlands, Volume 19, Number 4. 333-347.
- 23) Smith LC. 1997. Satellite remote sensing of river inundation area, stage and discharge: a review. *Hydro Process* 11:1427-1439.
- 24) Thompson A, Clayton J. 2002. The role of geomorphology in flood risk assessment. *Proc Inst Civil Eng-Civil Eng* 150:25-29
- 25) Thorndycraft VR, Benito G, Barriendos M, Llasat MC (eds). 2003. Palaeofloods, historical data and climatic variability: applications in flood risk assessment. CSIC, Madrid, 378 pp.
- 26) Van Alphen, J. and van Beek, E. 2006. From flood defense to flood management Prerequisites for sustainable flood management. Edited by: van Alphen, J., van Beek, E., and Taal, M., Taylor & Francis Group, London.
- 27) Wheater HS. 2002. Progress and prospects for fluvial flood modeling. *Phil Trans R Soc Lond A* 360:1409-1431.
- 28) Wolman MG. 1971. Evaluating alternative techniques of floodplain mapping. *Water Resour Res* 7:1383-1392.
- 29) Zhou Chenghu. 1993. The Study of Flood and Waterlog Disaster by Remote Sensing Monitoring. *Geography Research* 12(2).