

کاربرد فنون سنجش از دور و GIS در مدل SCS-CN (مطالعه موردی: حوضه بالارود، خوزستان)
مهدی کرمی مقدم، احسان مرادی مطلق، تورج سبزواری و رضا محمدپور

دوره ۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۱۶۹-۱۵۷

Vol. 7(1), Spring 2021, 157-169

DOI: 10.22034/jewe.2020.252569.1441



Application of Remote Sensing and GIS
Techniques in SCS-CN Model (Case Study:
Balarood Basin, Khuzestan)

Karami Moghadam, M., Moradi Motlagh,
E., Sabzevari, T. and Mohammadpou, R.

www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله:

کرمی مقدم م.، مرادی مطلق ا.، سبزواری ت. و محمدپور ر. (۱۴۰۰) کاربرد فنون سنجش از دور و GIS در مدل SCS-CN (مطالعه موردی: حوضه بالارود، خوزستان). محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۷، شماره ۱، صفحات: ۱۶۹-۱۵۷.

Citing this paper : Karami Moghadam M., Moradi Motlaagh E., Sabzevari T. and Mohammadpou R. (2021) Application of remote sensing and GIS techniques in SCS-CN model (Case study: Balarood Basin, Khuzestan). Environ. Water Eng., 7(1), 157-169. DOI: 10.22034/jewe.2020.252569.1441

مقاله پژوهشی

کاربرد فنون سنجش از دور و GIS در مدل SCS-CN (مطالعه موردی: حوضه بالارود، خوزستان)

مهدی کریمی مقدم^{۱*}، احسان مرادی مطلق^۲، تورج سبزواری^۳ و رضا محمدپور^۴

^۱استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

^۲دانشجوی دکتری گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

^۳دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد استهبان، استهبان، ایران

^۴استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد استهبان، استهبان، ایران

*نویسنده مسئول: m.karami.mo2014@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: [۱۳۹۹/۰۷/۲۱]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۹/۰۹/۱۳]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۹/۰۹/۲۷]

چکیده

یکی از مشکلات اساسی در زمینه پیش‌بینی سیلاب در اغلب حوزه‌های آبخیز در ایران، نبود داده‌های هیدرولوژی و اقلیمی است. از جمله روش‌های برآورد حداکثر دبی سیل در حوزه‌های فاقد آمار، روش SCS-CN است. در این پژوهش با استفاده از روش فوق، مقدار ارتفاع رواناب و حداکثر دبی سیلاب حوضه بالارود خوزستان برآورد شد. در ابتدا با استفاده از تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ و انجام تصحیح هندسی، بارسازی و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی در طبقه‌بندی شی‌گرا، نقشه کاربری اراضی تهیه شد. با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به هر زیرحوضه، گروه هیدرولوژیکی خاک و شماره منحنی تعیین گردید. در نهایت با روش SCS-CN، مقدار رواناب و حداکثر سیلاب حوضه تعیین گردید. نتایج نشان داد حوضه بالارود شامل سه نوع گروه هیدرولوژیکی خاک A، B و C به ترتیب برابر ۶۰/۶۴، ۱۱/۶۲ و ۲۷/۷۴٪ مساحت بود. مقدار شماره منحنی CN معادل این حوضه برابر ۶۲/۸۱ حاصل شد. همچنین مقدار حداکثر ضریب نگهداشت (S) مربوط به زیرحوضه‌های دوکوهه، انارکی و منگره به ترتیب ۷/۵، ۱۶/۸ و ۱۷ cm و مقدار معادل آن در حوضه مورد مطالعه برابر ۱۵ cm به دست آمد. در نهایت ارتفاع رواناب زیرحوضه‌های منگره، انارکی، دوکوهه و کل حوضه آبخیز به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۰۶، ۰/۷۳ و ۰/۱۲ cm و حداکثر دبی سیل برای آن‌ها نیز به ترتیب ۷۱، ۶۷/۲، ۴۳۵، ۲۸۲/۱ m³/s حاصل شد. نتایج پژوهش همچنین کارایی مفید سنجش از دور و تکنیک‌های GIS را در روش SCS-CN نشان داد.

واژه‌های کلیدی: حوضه بالارود؛ رواناب؛ سامانه GIS؛ طبقه‌بندی شی‌گرا؛ الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی.



۱- مقدمه

معرفی و ارزیابی این مدل انجام شده است. Hejazi and Mezban (2017) با برآورد مقادیر ارتفاع و دبی حداکثر رواناب در حوضه آبخیز سراب دره شهر با استفاده از مدل SCS-CN نشان دادند که دو پارامتر فیزیوگرافی یعنی مساحت و تراکم زهکشی بیشترین تأثیر را در پتانسیل سیل-خیزی حوضه آبخیز مورد مطالعه دارند. Roostaie et al. (2017) در پژوهشی با استفاده از مدل شماره منحنی SCS-CN و فناوری‌های نوین سنجش از دور و GIS، نقشه پهنه-بندی سیلاب حوضه آبخیز نکارود واقع در استان‌های مازندران و گلستان را تهیه نمودند. در این پژوهش نقشه شیب، CN، نفوذ (S)، ارتفاع رواناب و دبی اوج تهیه و به صورت رستری در محیط GIS همپوشانی شدند. Behzad et al. (2011, 2016) با استفاده از مدل SCS-CN، دبی اوج به همراه هیدروگراف سیل را در دوره‌های زمانی 2، 5، 10، 25، 50 و 100 سال برای حوضه‌های آبخیز لیاو و رودبار محاسبه کردند.

پژوهش‌گران دیگر نیز مدل SCS-CN را برای محاسبه رواناب و دبی اوج سیلاب حوضه‌های ساحل غربی رود اردن در کشور فلسطین (Shadeed and Almasri 2010)، پاپی-ردیپاتی^۴ در جنوب کشور هند (Satheeshkumar et al. 2017)، سونه^۵ در کشور هند (Ara and Zakwan 2018)، پسکوهک در غرب شهر شیراز (Adeli and Mohammadi 2019)، دربند در تهران-کرج (Jafar Biglo et al. 2015)، سد میناب در جنوب غربی استان کرمان و شمال شرقی استان هرمزگان (Asadi et al. 2020) بکار برده‌اند. Psomiadis et al. (2020) با استفاده از روش SCS-CN و مشاهدات میدانی، اثر هیدرولوژیکی تغییرات پوشش تدریجی و ناگهانی زمین را در حوضه آبخیز مدیترانه‌ای اطراف شهری در آتیکا واقع در کشور یونان بررسی کردند. در این پژوهش ارزیابی مقایسه‌ای اثرات شهرنشینی و آتش‌سوزی جنگل‌ها و همچنین اثر ترکیبی آن‌ها در ایجاد رواناب بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد افزایش رواناب‌های ناشی از شهرنشینی بیشتر از افزایش رواناب‌های ناشی از آتش‌سوزی در جنگل‌ها به اثرات هیدرولوژیکی مرتبط هستند. این پژوهش نشان داد

حوضه آبخیز بخشی از سطح زمین است که رواناب‌های حاصل از بارش به هم بپیوندند و به سمت نقطه یا محلی معین جریان یابند (Jalilian 2017). سیل به وضعیتی گفته می‌شود که در آن جریان رودخانه و سطح آب به صورت غیرمنتظره افزایش پیدا کرده و باعث خسارات جانی و مالی گردد. خصوصیات سیل‌هایی که در یک منطقه اتفاق می‌افتد را می‌توان با استفاده از روش‌های گوناگون پیش‌بینی کرد (Alizadeh 2012). تخمین رواناب سطحی برای ارزیابی توانایی تولید رواناب در یک حوضه و همچنین در طراحی سازه‌های آبی از قبیل آب‌بند، پل‌ها و غیره ضروری است (Adeli and Mohammadi 2019). یکی از مشکلات اساسی در زمینه پیش‌بینی سیلاب، نبود داده‌های هیدرولوژی و اقلیمی در اغلب حوضه‌های آبخیز کشور است، لذا از سال‌ها پیش محققین تلاش کرده‌اند ویژگی‌های فیزیکی، ژئومورفولوژی و بارش حوضه‌های آبخیز را با پاسخ هیدرولوژیک حوضه ارتباط دهند (Golkarian et al. 2014). سیلابی را که بر اساس آن طراحی یک سازه آبی انجام می‌شود، سیل طرح می‌نامند. در انتخاب سیل طرح دو حالت ممکن است وجود داشته باشد؛ یکی این‌که حوضه فاقد آمار اندازه‌گیری دبی باشد^۱ و دیگر این‌که حوضه دارای آمار اندازه‌گیری دبی بوده و مجهز به ایستگاه آب‌سنجی است^۲.

یکی از روش‌های برآورد حداکثر دبی سیل در حوضه‌های فاقد آمار، روش شماره منحنی^۳ SCS است که توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا ارائه شد. این روش در پروژه‌های هیدرولوژی سطحی و زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی بسیار کاربرد دارد (Alizadeh 2012). روش شماره منحنی SCS در سال 1954 توسعه یافت اما توسط سایر محققین اصلاح شد (Mishra and Singh 2013). مدل اصلی SCS و مدل‌های اصلاح‌شده آن توسط پژوهشگران دیگر از جمله Chandel and Hadda (2017) با هم مقایسه و ارزیابی شده است. این روش چندمنظوره و نام‌آشنا، برای تخمین رواناب به داده‌های نسبتاً کمی احتیاج دارد (Shrestha and Jayaraj 2018). در سال‌های اخیر پژوهش‌های وسیعی برای

¹Ungauged Catchment

²Gauged Catchment

³Soil Conservation Service (SCS) Curve-Number (CN) method

⁴Pappiredipatti

⁵Sone



قسمت شمالی این حوضه در محدوده استان لرستان و شهرستان پلدختر جای گرفته است. منطقه مورد مطالعه بین عرض جغرافیایی $31^{\circ} 32'$ تا $59^{\circ} 32'$ و طول جغرافیایی $48^{\circ} 10'$ تا $48^{\circ} 26'$ قرار دارد (شکل ۱).

رودخانه بالارود یکی از شاخه‌های رودخانه دز بوده و از دو شاخه اصلی تشکیل می‌شود. شاخه اولی سرشاخه‌های آن در میان دره‌های کوه منگره و شاخه دومی سرشاخه‌های آن در میان کوه ریت کوه قرار داشته و به ترتیب از میان دره منگره و دره انارکی عبور می‌کنند. این منطقه دارای حداقل، حداکثر و میانگین سالانه بارش به ترتیب ۲۴، ۶۹ و ۳۶ mm است. حداقل، حداکثر و میانگین دمای سالانه نیز به ترتیب ۳/۵، ۴۵ و $21^{\circ}C$ است. نوع اقلیم این حوضه طبق طبقه‌بندی دومارتن نیمه‌خشک است. کم‌ترین، بیش‌ترین و میانگین ارتفاع در حوضه مورد مطالعه به ترتیب ۱۸۴، ۲۵۸۰ و ۷۲۰ m است (Moradi Motlagh 2017).

۲-۲- روش پژوهش

ابتدا با استفاده از تصویر سنجنده OLI و طبقه‌بندی شی‌گرا، لایه کاربری اراضی و با استفاده از نقشه خاکشناسی منطقه، لایه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک منطقه تهیه شد. با توجه به این‌که هر واحد کاربری طبقه‌بندی شده با گروه هیدرولوژیکی خاک خاص آن، دارای یک CN مشخص است، CN این واحدها استخراج و به افزونه ArcCN Runoff موجود در محیط نرم‌افزار ArcMap 10.2 معرفی شد. در مرحله بعد نقشه CN از این نرم‌افزار استخراج شد. با محاسبه پتانسیل نگهداشت بارش و حداکثر بارش ۲۴ ساعته، ارتفاع رواناب و سپس حداکثر دبی لحظه‌ای سیل محاسبه گردید. برای انجام پژوهش از نرم‌افزارهای eCognition جهت طبقه‌بندی شی‌گرا و استخراج نقشه کاربری اراضی و Arc Map 10.2 جهت تهیه مدل رقومی ارتفاع، استخراج لایه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و درون‌یابی حداکثر بارش ۲۴ ساعته استفاده شد.

۲-۲-۲- نقشه شماره منحنی

شماره منحنی رواناب یا CN به خصوصیات فیزیکی حوضه بستگی دارد. در این روش نیاز به داشتن اطلاعات آب و هوایی نیست (Refahi 2014). برای تهیه نقشه شماره منحنی از نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و نقشه کاربری/پوشش اراضی استفاده شده است. خصوصیات خاک با

شهرنشینی اثرات پایدارتر نسبت به آتش‌سوزی جنگل‌ها بر واکنش رواناب دارد. همچنین آتش‌سوزی جنگل‌ها تأثیرات ناگهانی اما موقتی بر رواناب دارد. (Odiji et al. 2020) با استفاده از روش SCS-CN رواناب سطحی حوضه آبریز Upper Benue در کشور نیجریه را برآورد نمودند. این پژوهش نشان داد که بالاترین همبستگی بین رواناب سطحی و بارندگی وجود دارد. (Hoefl 2020) در پژوهش خود برای اولین بار بعد از توسعه مدل SCS-CN، توانستند CN را به‌روزرسانی نمایند.

(Verma et al. 2020) نیز با این روش، CN را برای حوزه‌های آبریز بزرگ آمریکا اصلاح کردند. در روش SCS-CN برای تخمین رواناب، سه سطح شامل شرایط رطوبت پیشین (AMC^1)، رابطه گسسته‌ای با CN و مقدار آب درون خاک وجود دارد که منجر به جهش‌های ناگهانی در رواناب برآورد شده می‌شود. (Shi and Wang 2020) یک روش SCS-CN مبتنی بر محاسبه رطوبت خاک (SMA^2) که دارای رابطه پیوسته‌ای با AMC است، برای جلوگیری از جهش‌های ناگهانی در تخمین رواناب توسعه دادند. این روش تأثیر مدت طوفان بر رواناب سطحی را نادیده می‌گیرد، درحالی‌که مدت طوفان مؤلفه با اهمیتی در فرایندهای بارش-رواناب محسوب می‌شود. آن‌ها این روش را روی سه حوزه آبریز در Loess Plateau کشور چین اجرا کردند. نتایج نشان داد که روش SCS-CN رواناب‌های بزرگ را کم-تر و رواناب‌های کوچک را بیش‌ازحد تخمین می‌زند.

هدف از انجام این پژوهش ارزیابی روش SCS-CN و برآورد ارتفاع رواناب و دبی اوج سیلاب در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در حوضه بالارود است. جهت رسیدن به این هدف، از تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸، سامانه GIS، بارزسازی و الگوریتم نزدیکترین همسایگی در طبقه‌بندی شی‌گرا جهت تهیه نقشه کاربری اراضی استفاده شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مشخصات منطقه مورد مطالعه

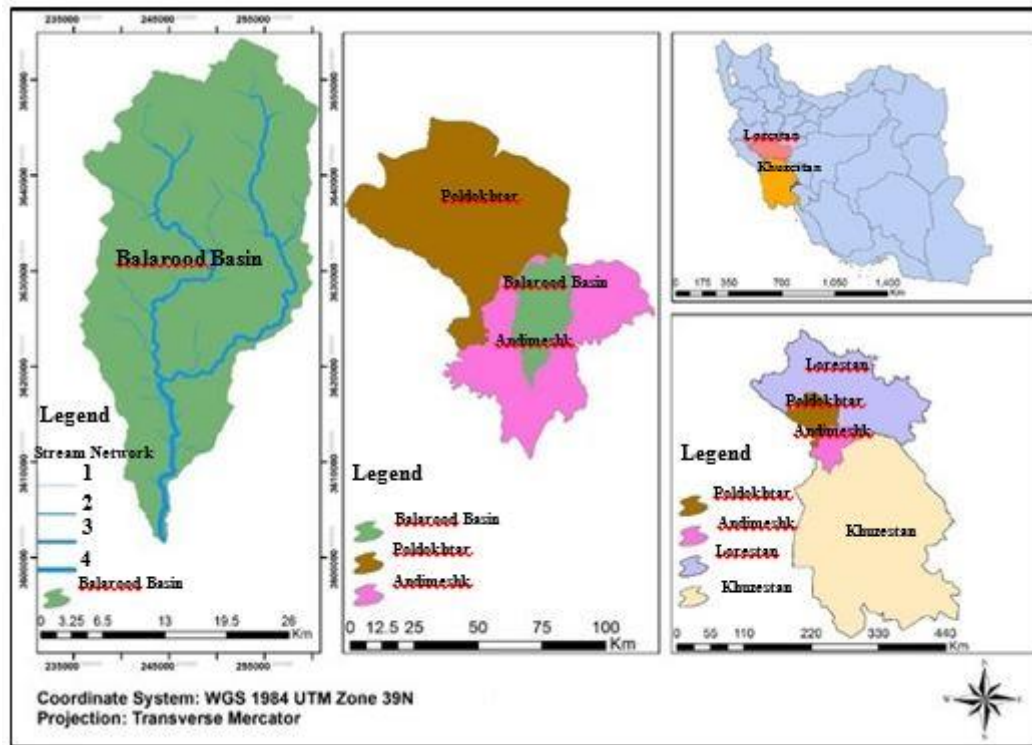
حوضه رودخانه بالارود با مساحت $781/81 \text{ km}^2$ و محیط 150 km در شمال استان خوزستان و در محدوده بخش الوار گرمسیری و بخش مرکزی شهرستان اندیمشک قرار دارد.

¹Antecedent Moisture Condition

²Soil Moisture Accounting



عامل هیدرولوژیکی حداقل سرعت نفوذپذیری خاک بیان می‌گردد. (Mahdavi 2007). گروه‌های هیدرولوژیکی خاک شامل چهار گروه A, B, C و D می‌باشند که خصوصیات آن‌ها در جدول (۲) آمده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه بالارود

Fig.1 Geographical location of the study area basin

جدول ۲- گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (Mahdavi 2007)

Table 2 Soil hydrological groups (Mahdavi 2007)

Soil hydrological groups	Minimum permibility (mm/hr)	Soil texture class	Runoff potential
A	5.5-7.11	Sand	low
B	3.7-8.5	Sandy loam, Loamy sand	Moderately low
C	1.3-3.8	Clay loam, Silty clay loam, Sandy clay loam, Loam, Silty loam, Silt	Moderately high
D	0.3-1	Clay, Silty clay, Sandy clay	High

سنجنده مادون قرمز حرارتی (TIRS^۴) است. این دو سنجنده تصاویری با قدرت تفکیک ۳۰ m در ناحیه طیف الکترومغناطیس مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی و نیز تصویر با قدرت تفکیک مکانی ۱۰۰ m در ناحیه مادون قرمز حرارتی تهیه می‌کنند. همچنین قدرت تفکیک باند پانکروماتیک آن‌ها 15 m و قدرت تفکیک زمانی و رادیومترکی سنجنده‌های این ماهواره به ترتیب ۱۶ و ۱۲ bit است. این ماهواره در روز ۵۵۰ تصویر از سطح زمین تهیه می‌کند و عرض

جهت تهیه نقشه کاربری اراضی نیز، از تصویر سنجنده OLI، طبقه‌بندی شی‌گرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی استفاده شد.

۲-۱-۲-۱- تصویر سنجنده OLI^۱

ماهواره لندست 8 در تاریخ یازدهم فوریه 2013 از پایگاه نیروی هوایی واندنبرگ^۲ کالیفرنیا در کشور آمریکا توسط موشک اطلس V-407^۳ به ارتفاع ۷۰۵ km از زمین پرتاب گردید. این ماهواره حامل دو سنجنده به نام‌های تصویربردار زمین عملیاتی (OLI) و

^۱Operational Land Imager

^۲Vandenberg Air Force Base

^۳Atlas-V 401

^۴Thermal Infrared Sensor



برداشت آن روی زمین ۱۸۵ km است. برخی ویژگی - های مهم سنجنده OLI در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳- ویژگی‌های سنجنده OLI و باندهای حرارتی آن (TIRS)

Table 2 Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)

Band Number	Wavelength (micrometers)	Band	Resolution (m)
1	0.435-0.451	Coastal aerosol	30
2	0.452-0.512	Blue	30
3	0.533-0.590	Green	30
4	0.636-0.673	Red	30
5	0.851-0.879	Near Infrared (NIR)	30
6	1.566-1.651	SWIR 1	30
7	2.107-2.294	SWIR 2	30
8	0.503-0.676	Panchromatic	15
9	1.363-1.384	Cirrus	30
10	10.60-11.19	Thermal Infrared (TIRS) 1	100
11	11.50-12.51	Thermal Infrared (TIRS) 2	100

می‌برد تا مقادیر کلاس را به اشیا سگمنت‌بندی^۳ (بخش - بندی) شده اختصاص دهد؛ بنابراین این فرایند از دو مرحله تشکیل یافته است. یکی آموزش طبقه‌بندی کننده توسط نمونه‌های آموزشی و دیگری طبقه‌بندی تصویر بر اساس نزدیک‌ترین همسایه‌های نمونه در فضای عارضه. همچنین روش نزدیک‌ترین همسایه به صورت غیر پارامتری عمل می‌کند و بنابراین مستقل از توزیع نرمال داده‌هاست (Myint et al. 2011). در طبقه‌بندی شیء‌گرا پیکسل‌ها بر اساس وزنشان به کلاس‌های مختلف نسبت داده می‌شود (طبقه‌بندی نرم). در این روش طبقه‌بندی، پیکسل آمیخته از یک درجه عضویت برای هر کلاس برخوردار است و براساس منطق فازی متناسب با بیش‌ترین درجه عضویت در یک کلاس خاص طبقه‌بندی می‌شوند. روش طبقه‌بندی نزدیک‌ترین همسایگی در نرم‌افزار eCognition در دسترس است (Salmani et al. 2019).

۲-۱-۲-۴- نرم‌افزار 9 eCognition

نرم‌افزار 9 eCognition ساخت شرکت تریمبل^۴ بوده و نرم - افزاری جامع برای تجزیه و تحلیل انواع تصاویر چندبندی است و می‌تواند به استخراج اطلاعات از تصاویر به صورت خودکار و نیمه خودکار بپردازد^۵. این نرم‌افزار قابلیت ورود انواع تصاویر هوایی و ماهواره‌ای با قدرتهای تفکیک متفاوت را دارد و تصاویر و لایه‌های کمکی وارد شده را بر اساس تشکیل

۲-۱-۲-۲- طبقه‌بندی شیء‌گرا

در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا واحد اصلی پردازش تصویر، شکل اشیا یا سگمنت‌ها هستند. در این روش، تصویر متناسب با نظر مفسر در قالب اشیا تصویری جداسازی شده، بر اساس قطعه‌های حاصل (سگمنت) طبقه‌بندی می‌شود (Rasoli 2014). این روش که بر پایه الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی به طبقه‌بندی می‌پردازد علاوه بر انواع باندهای تصویری چندطیفی و حرارتی، از روشنایی، شکل، بافت، نسبت طول به عرض، انواع شاخص‌ها، انواع عملگرهای فازی و غیره برای اختصاص یک سگمنت به یک کلاس استفاده می‌کند. تحقیقاتی در رابطه با روش طبقه‌بندی تصویر به روش شیء - گرا در تعیین کاربری/پوشش اراضی، تغییرات آن و تشخیص پدیده‌های ژئومورفولوژیکی انجام شده است که نشان‌دهنده دقت بالای آن در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است (Moradi Motlagh and Valizadeh Kamran 2016;) (Faizzafeh 2019).

۲-۱-۲-۳- الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی

برای طبقه‌بندی تصویر توسط الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی باید فضای عارضه^۱ (باندهای اصلی، باندهای تبدیل‌شده، شاخص‌ها)، نمونه‌های آموزشی^۲، مرور خروجی‌ها و بهینه کردن طبقه‌بندی را تعیین نماییم. این روش برای نشان دادن کلاس‌های مختلف، مجموعه‌ای از نمونه‌ها را بکار

³Segmented

⁴Trimble

⁵www.eCognition.com

¹Feature Space

²Training Samples (Objects)



دبی لحظه‌ای و زمان رسیدن به دبی پیک موردنظر است. در این روش برای برآورد ارتفاع رواناب از رابطه (۲) استفاده می‌شود (Alizadeh 2012).

$$Q_d = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \quad (2)$$

که در آن، P مقدار بارش (cm)، I_a تلفات اولیه بارش شامل برگاب، چلاب و نفوذ (cm)، S حداکثر یا پتانسیل نگهداشت بارش روی زمین (cm)، Q_d ارتفاع رواناب روی حوضه (cm) است. مقدار تلفات بارش ۱۰ تا ۳۰٪ پتانسیل انباشت برآورد شده است که معمولاً برابر $0.2 S$ فرض می‌شود، لذا برای شرایط کلی و فرض $0.2 S$ ، رابطه (۳) را خواهیم داشت (Alizadeh 2012).

$$Q_d = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (3)$$

مقدار S نیز بستگی به شماره منحنی CN داشته و مقدار آن در سیستم متریک برحسب cm از رابطه (۴) محاسبه می‌شود (Alizadeh 2012).

$$S = \frac{2540 - 25.4CN}{CN} \quad (4)$$

برای محاسبه حداکثر بارش ۲۴ hr (P) که در رابطه (۳) نقش دارد، از داده‌های حداکثر بارش ۲۴ hr مربوط به ۱۷ ایستگاه سینوپتیک استان‌های خوزستان، لرستان و ایلام برای سال آبی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ استفاده شد. علت استفاده از داده‌های این سال آبی به انتخاب زمان تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده مرتبط است. با استفاده از درون‌یابی کریجینگ معمولی برای این داده‌ها، مقدار حداکثر بارندگی ۲۴ hr در هر زیر حوضه محاسبه شد. علت استفاده از این نوع روش درون‌یابی، مقدار RMS^1 کم‌تر آن نسبت به سایر روش‌های درون‌یابی زمین آمار بوده است (Mokhtari et al. 2020).

۲-۲-۳- حداکثر دبی لحظه‌ای سیل

پس از تعیین ارتفاع رواناب سطحی ناشی از حداکثر بارش ۲۴ ساعته، می‌توان حداکثر دبی لحظه‌ای سیل (دبی اوج) را با استفاده از رابطه (۵) که در سیستم متریک ارائه شده محاسبه کرد.

سگمنت طبقه‌بندی می‌کند. اندازه سگمنت‌ها به نظر محقق و هدف مورد تشخیص او بستگی دارد. انواع عملگرهای فازی، حسابی و غیره را می‌تواند روی سگمنت‌ها اعمال نماید. الگوریتمی که در استخراج اطلاعات از تصویر در آن استفاده می‌شود، الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی است.

۲-۱-۲- تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی

جهت تهیه نقشه کاربری اراضی، ابتدا در محیط نرم‌افزاری eCognition 9 با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی، تصحیحات هندسی و بارزسازی تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ انجام و سپس طبقه‌بندی شی‌گرا (استفاده از آستانه‌گذاری) صورت گرفت. در این نوع طبقه‌بندی از باندهای ۱ تا ۷ و نیز باند ۱۰ حرارتی تصویر ماهواره‌ای، مدل رقومی ارتفاع، شیب (درجه)، نسبت طول به عرض، شاخص-های نمک و پوشش گیاهی نرمال شده استفاده شد.

با توجه به اینکه هر واحد کاربری/پوشش طبقه‌بندی شده همراه با گروه هیدرولوژیک خاک خاص آن، دارای یک CN مشخص است (Refahi 2014)، لذا می‌توان CN این واحدها را استخراج و به افزونه ArcCN Runoff موجود در محیط نرم‌افزار ArcMap 10.2 معرفی نمود. این افزونه را شرکت ESRI برای محاسبه CN در محیط نرم‌افزاری ArcMap 10.2 طراحی نموده است. ابتدا با استفاده از لایه کاربری/پوشش اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، لایه کاربری-خاک ساخته شد. سپس با استفاده از شاخص‌های انتخاب‌شده، شماره منحنی در هر واحد کاربری اراضی محاسبه شد. برای محاسبه CN میانگین کل حوضه آبخیز می‌توان از رابطه (۱) استفاده نمود.

$$\overline{CN} = \sum \left(\frac{A_i}{100} CN_i \right) \quad (1)$$

که در آن، \overline{CN} میانگین وزنی CN در سطح حوضه، A_i درصد مساحتی از حوضه که شماره منحنی آن CN_i است. باید توجه داشت افزونه مورد استفاده در ArcMap 10.2، مقدار \overline{CN} را در خروجی ارائه می‌دهد.

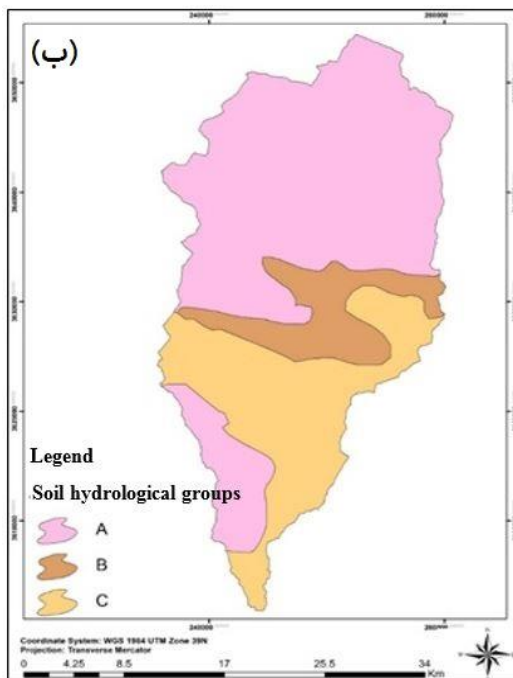
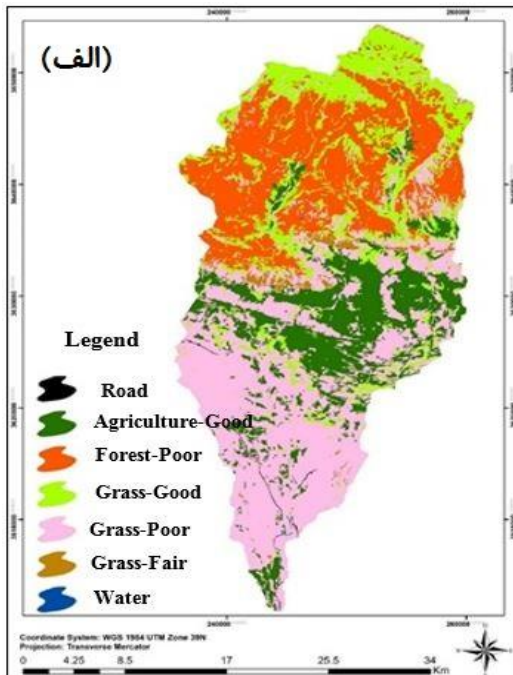
۲-۲-۲- تخمین ارتفاع رواناب

سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) برای به دست آوردن دبی سیل، روش‌های ساده‌ای را پیشنهاد نموده است که در پروژه‌های هیدرولوژی و زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی بسیار کاربرد دارد. در ساده‌ترین روش فقط حداکثر

¹Root Mean Square



در $Index$ ۲۷٪/۷۴ مساحت کل است. این جدول به نام $Index$ در محیط نرم‌افزاری ArcCN Runoff وارد شد. در نهایت از تلفیق لایه‌های کاربری/پوشش، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و $Index$ در محیط نرم‌افزاری ArcCN Runoff، نقشه CN حوزه آبخیز بالارود مطابق شکل (۳-ج) برای شرایط رطوبتی متوسط خاک (نه خشک و نه مرطوب) حاصل شد. همچنین نقشه CN مربوط به هر زیرحوضه تهیه شد که در شکل (۳-د) نشان داده شده است.



$$Q_p = \frac{0.208 \times A \times Q_d}{T_p} \quad (5)$$

که در آن، Q_p دبی اوج (m^3/s)، A مساحت حوزه آبخیز (ha)، Q_d ارتفاع رواناب (cm) و T_p زمان رسیدن دبی به مرحله اوج (hr) است که از رابطه (۶) تخمین زده می‌شود.

$$T_p = 0.6T_c + \sqrt{T_c} \quad (6)$$

که در آن، T_c زمان تمرکز است و از رابطه (۷) که رابطه کریچ نام دارد محاسبه می‌شود.

$$T_c = 0.949 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (7)$$

که در آن T_c زمان تمرکز (hr)، L طول آبراهه اصلی و H اختلاف ارتفاع بین نقطه تمرکز و بلندترین قسمت حوضه (m) یا اختلاف ارتفاع بلندترین و پایین‌ترین نقطه حوضه است (Alizadeh 2012).

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- تهیه نقشه CN

در ابتدا به منظور فراهم نمودن نقشه کاربری/پوشش اراضی که یکی از عوامل تأثیرگذار در تهیه نقشه CN منطقه است، تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ به روش شی‌گرا طبقه‌بندی شد. در این روش از آستانه‌گذاری بر روی سگمنت‌های ایجادشده با پارامترهای مقیاس، شکل و فشردگی به ترتیب ۵۰، ۰/۶ و ۰/۴ استفاده شد. دقت کلی و ضریب کاپا در این طبقه‌بندی به ترتیب برابر ۹۳/۶۵٪ و ۰/۹۲ محاسبه گردید. شکل (۳-الف) نقشه کاربری/پوشش اراضی و جدول (۴) مساحت هر کلاس را نشان می‌دهند.

با توجه به نقشه کاربری، آب با ۰/۰۹۴٪ و اراضی با مرتع متوسط با ۳۸/۰۳٪ به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین مساحت را دارند. با استفاده از نقشه خاکشناسی، نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک تهیه شد که در شکل (۳-ب) نشان داده شده است.

با توجه به شکل (۳-ب)، حوضه بالارود شامل سه نوع گروه هیدرولوژیکی خاک A، B و C به ترتیب با مساحت‌های ۴۷۴/۴۵، ۹۰/۹۲ و 217 km^2 و معادل ۶۰/۶۴، ۱۱/۶۲ و

مقدار CN مربوط به زیرحوضه‌های دوکوهه، انارکی و منگره به ترتیب ۷۷/۲۸، ۶۰/۱۸ و ۵۹/۸۶ حاصل شد. با توجه به مساحت هر زیرحوضه، مقدار CN معادل حوضه مورد مطالعه برابر ۶۲/۸۱ به دست آمد که به نتایج Moradi (2017) و Motlagh and Mokhtari (2017) با استفاده از روش SCS در این حوزه آبخیز نزدیک است.

جدول ۴- مساحت انواع کاربری اراضی حاصل از طبقه‌بندی شیء-گرا

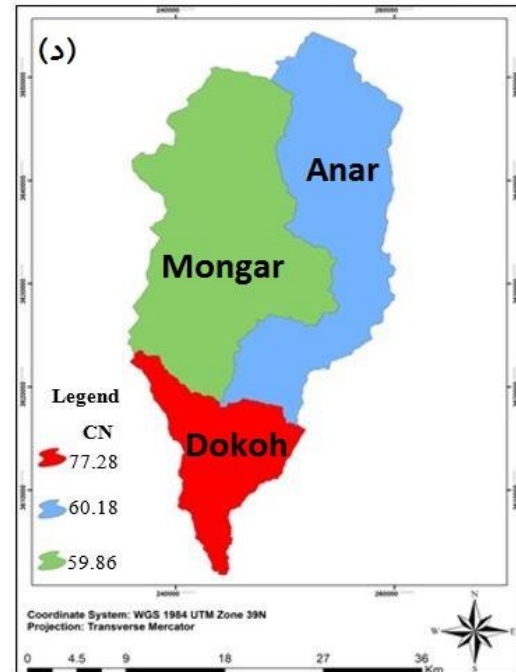
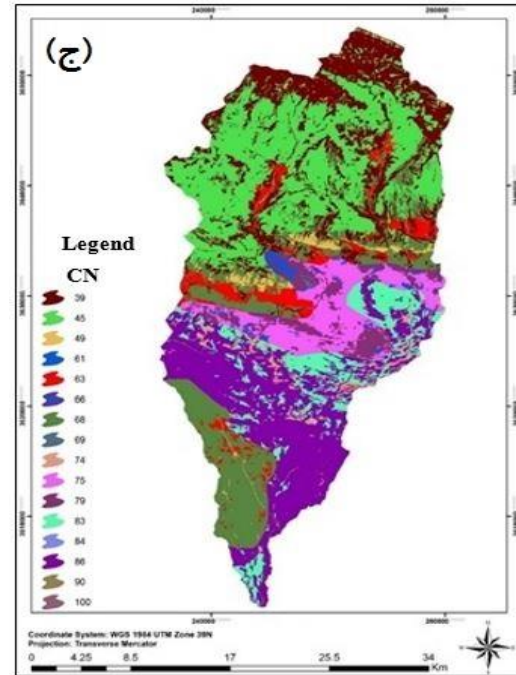
Table 4 Area of land use types resulting from Object Oriented Classification

Land use	Area (km ²)	Percentage (%)
Road	1.25	0.16
Agriculture	137.6	17.60
Grass- Good	141.7	18.13
Grass- Medium	297.3	38.03
Grass- Poor	11.91	1.52
Water	0.73	0.094
Forest	191.4	24.47

۳-۲- تخمین ارتفاع رواناب و حداکثر دبی سیل

با در نظر گرفتن نقشه CN برای هر زیر حوضه و مقدار محاسبه شده برای کل حوضه، حداکثر یا پتانسیل نگهداشت بارش روی زمین (S) برآورد شد که در شکل (۴) نمایش داده شده است.

مقدار S مربوط به زیرحوضه‌های دوکوهه، انارکی و منگره به ترتیب ۷/۵، ۱۶/۸ و ۱۷ cm حاصل شد. با توجه به مساحت هر زیرحوضه، مقدار S معادل حوضه مورد مطالعه برابر ۱۵ cm به دست آمد. یکی دیگر از عواملی که در ارتفاع رواناب تأثیر دارد حداکثر بارندگی ۲۴ hr (P) است. با استفاده از داده‌های ۱۷ ایستگاه سینوپتیک در اطراف و داخل حوضه آبخیز مورد مطالعه (مانند ایستگاه‌های اهواز، ایذه، بستان) و نیز استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ معمولی^۱، حداکثر بارندگی ۲۴ hr در هر زیرحوضه و نیز کل حوضه تخمین زده شد. دلیل استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ معمولی، مقدار RMS کمتر آن نسبت به سایر روش‌های درون‌یابی کریجینگ است که در جدول (۵) نشان داده شده است.

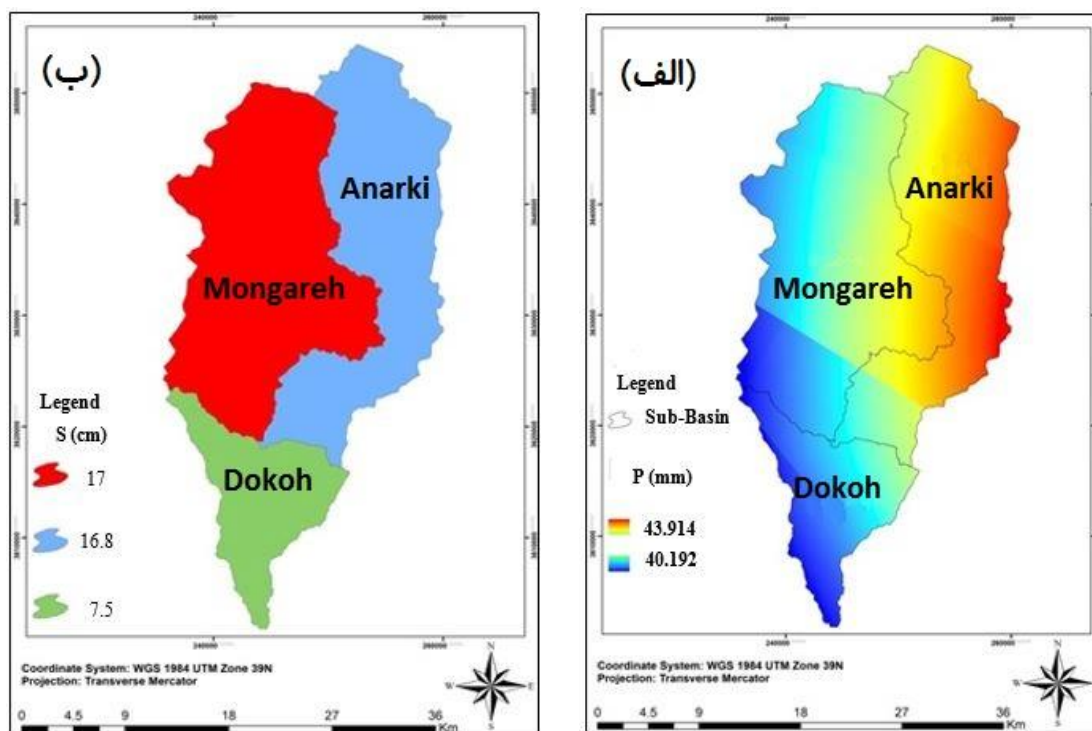


شکل ۳- نقشه‌های (الف) - کاربری اراضی، (ب) گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، (ج) مقدار CN برای هر کاربری اراضی با توجه به گروه هیدرولوژیکی خاک و (د) مقدار CN برای هر زیرحوضه

Fig. 3: a) Land use map, b) Soil hydrological groups, c) The value of CN for each land use according to the soil hydrological group, d) The value of CN for each sub-basin

با توجه به شکل (۳-ج)، کم‌ترین و بیش‌ترین CN کاربری اراضی به ترتیب ۳۹ و ۱۰۰ می‌باشد.

¹Ordinary Kriging



شکل ۴- (الف) مقدار پتانسیل نگهداشت بارش (S) برای هر زیرحوضه، (ب) حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته (P)
 Fig. 4 a) The value of the maximum soil water retention (S) for each sub-basin, b) 24-hr probable maximum precipitation (P)

جدول ۵- انواع درون‌یابی بر روی داده‌های بارش

Table 5 Types of interpolation on precipitation data

Interpolation Type	Number of samples	Transformation Type	Nugget	model	Range	Partial Sill	RMS
Ordinary Kriging	17	Logarithmic	0.04	Circular	143873.8	0.035	11.7
Simple Kriging	17	Logarithmic	0.03	Rational Quadratic	109772.2	0.044	12.33
public kriging	17	Logarithmic	0.02	Circular	162462.4	0	13.34
disjunctive kriging	17	Logarithmic	0.05	Circular	137465.1	0.019	12.58
Inverse Distance Weighting (IDW)	17			Exponent=1.63			12.72

جدول (۶) مقادیر ارتفاع رواناب، حجم رواناب و حداکثر دبی سیل را برای هر زیر حوضه و کل حوزه آبخیز بالا رود نشان می‌دهد. ارتفاع رواناب زیرحوضه‌های منگره، انارکی، دوکوهه و کل حوزه آبخیز به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۰۶، ۰/۷۳، ۰/۱۲ cm و حداکثر دبی سیل (Q_p) برای آن‌ها نیز به ترتیب ۷۱، ۶۷/۲، ۴۳۵ و ۲۸۲/۱ m³/s حاصل شد.

حداکثر دبی سیل که توسط مدل SCS-CN در زیر حوضه دوکوهه تخمین زده شد ۴۳۵ m³/s است که بسیار نزدیک به مقدار مشاهده‌ای آن در ایستگاه آسنجی دوکوهه (m³/s)

در روش درون‌یابی کریجینگ، از برازش مدل کروی^۱ برای سمی‌واریوگرام^۲ استفاده شد. مقدار RMS برای داده‌های مورد استفاده ۱۱/۷ mm حاصل شد. شکل (۴- ب) نقشه حداکثر بارندگی ۲۴ hr را در کل آبخیز مورد مطالعه نشان می‌دهد. در این روش درون‌یابی، حداکثر بارندگی ۲۴ hr برای زیرحوضه‌های انارکی، منگره، دوکوهه و کل حوزه آبخیز به ترتیب ۴/۳۹، ۴/۳۲، ۴/۲۲ و ۴/۳۹ cm تخمین زده شد.

¹Circular

²Semivariogram

(۴۴۷) در انتهای حوضه آبخیز بالارود است (Anonymous) تقریب خوبی دبی اوج را تخمین بزند. (2005) که نشان می‌دهد مدل SCS-CN توانسته است با

جدول ۶- ارتفاع رواناب (cm)، حجم رواناب (m^3) و حداکثر دبی سیل (m^3/s)

Table 6 The height of runoff (cm), runoff volume (m^3) and maximum flood discharge (m^3/s)

Basin/Sub Basin	Area (km^2)	Runoff Height (cm)	Runoff Volume (m^3)	Maximum Flood Discharge (m^3/s)	Concentration Time (hr)	Time to Peak (hr)
Mongareh Sub-Basin	363.958	0.04670	1699783.6	71	4.7	5
Anarki Sub- Basin	288.821	0.05944	1716758.5	67.2	5.1	5.3
Dokohe Sub-Basin	129.031	0.7283	9397390.4	435	4.1	4.5
Balarood Basin	810781	0.12	9113695	282.1	6.97	6.83

۴- نتیجه‌گیری

۲- مقدار حداکثر ضریب نگهداشت (S) مربوط به زیرحوضه-های دوکوهه، انارکی و منگره به ترتیب ۷/۵، ۱۶/۸ و ۱۷ cm حاصل شد. با توجه به مساحت هر زیرحوضه، مقدار S معادل حوضه مورد مطالعه برابر ۱۵ cm به دست آمد.
۳- ارتفاع رواناب زیرحوضه‌های منگره، انارکی، دوکوهه و کل حوضه آبخیز به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۰۶، ۰/۷۳ و ۰/۱۲ cm و حداکثر دبی سیل (Q_p) برای آن‌ها نیز به ترتیب ۷۱، ۶۷/۲، ۴۳۵ و $۲۸۲/۱ m^3/s$ حاصل شد.
۴- این پژوهش کارایی مفید و مؤثر سنجش از دور و فنون GIS را در مطالعه ارتفاع رواناب و حداکثر دبی سیلاب به روش SCS-CN نشان داد.

در این پژوهش مقدار رواناب و حداکثر دبی سیل در حوضه بالارود با استفاده از روش SCS-CN برآورد شد. از ویژگی‌های بارز این پژوهش استفاده از یکی از جدیدترین روش‌های طبقه‌بندی کاربری/پوشش اراضی بر روی تصاویر ماهواره‌ای به نام روش طبقه‌بندی شی‌گرا است. در این روش طبقه‌بندی که بر روی تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ انجام شد، علاوه بر دخالت باندهای طیفی، از مدل رقومی ارتفاع، شیب، بافت، نسبت طول به عرض، انواع شاخص‌های پوشش گیاهی و نمک به صورت هم‌زمان استفاده شد. مهم‌ترین نتایج این پژوهش به شرح زیر است:
۱- روش درون‌یابی کریجینگ معمولی جهت برآورد حداکثر بارش ۲۴ hr، دارای مقدار RMS کم‌تری نسبت به سایر روش‌های درون‌یابی کریجینگ است.

References

- Adeli, M. and Mohammadi, Z. (2019). Calibration and evaluation of SCS method for estimating flood runoff in Pasekohak Watershed. *Irrig. Sci. Eng.*, 42(3), 1-15 [In Persian].
- Alizadeh, A. (2012). Principles of applied hydrology. University of Emam Reza Press. Mashhad [In Persian].
- Anonymous. (2005). Hydrological studies of the first stage of Balarud irrigation and drainage network. Dezab Consulting Engineers Co. Ahvaz [In Persian].
- Ara, Z. and Zakwan, M. (2018). Estimating runoff using SCS curve number method. *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, 8(5), 195-200.
- Asadi, M., Jabbari, I. and Hesadi, H. (2020). Flood modeling in arid and semi-arid areas using HEC-HMS model (Case Study: Esteghlal Minab Basin). *Quant. Geomor. Res.*, 8(3), 17-33 [In Persian].
- Behzad, A., Fozoni, B. and Hakimi, F. (2011). Estimating the flood water potential with emphasis on geomorphologic characteristics in Leyafo watershed by using SCS method. *Geogr.* 5(16), 1-16 [In Persian].



- Behzad, A., Moghimi, E. and Asadian, F. (2016). Estimating flood potential of Germe basin with emphasize on risk management by using SCS method (Rudbar, Gilan Province). *J. Environ. Hazard. Manag.*, 3(4), 315-330 [In Persian].
- Chandel, S. and Hadda, S. (2017). Quantification of surface runoff in Patiala-Ki-Rao watersheds using modified NRCS model: A case study. *J. Appl. Nat. Sci.*, 9(3), 1573-1581.
- Faizizafteh, B. (2019). A comparative evaluation of Pixel-Based and Object-Oriented processing techniques used for the classification of Aster Satellite imageries and extracting agricultural and orchard maps in the Eastern Margin of Urmia Lake. *Sci. Res. Quart. Geogra. Data*, 28(109), 167-183 [In Persian].
- Golkarian, A., Naghibi, S. A. and Davuodi Moghaddam, D. (2014). Capability assessment of GIUH method for predicting the dimension of instantaneous unit hydrograph and compare it with Snyder, SCS and Triangular methods. *J. Water Soil*, 28(2), 440-450 [In Persian].
- Hejazi, A. and Mezbani, M. (2017). The estimation of runoff volume and maximum discharge by using curve number (CN) Method (case study in Darrehshahr Drainage Basin). *Hydrogeomorph.*, 2(5), 63-81 [In Persian].
- Hoefl, C. C. (2020). Incorporating updated runoff curve number technology into NRCS directives. *Watershed Management Conf.*, May 20–21, Henderson, Nevada, USA.
- Jafar Biglo, M., Hoseini, S. M. and Riahi, S. (2015). Effects of land cover change and land use in Tajrish region on the Darband river discharge regime. *Quant. Geomor. Res.*, 3(3), 95-113 [In Persian].
- Jalilian, A. H. (2017). *Sedimentary Environments*. Payame Noor University Press. Tehran [In Persian].
- Mahdavi, M. (2007). *Applied hydrology*. University of Tehran Press. Tehran [In Persian].
- Mishra, S. K. and Singh, V. P. (2013). Soil conservation service Curve Number (SCS-CN) methodology. Springer Netherlands Press.
- Mokhtari, D., Valizadeh Kamran, K. and Moradi Motlagh, E. (2020). The role of interpolation methods for the production of R factor to estimate soil erosion of basins using RUSLE model (Case Study: Balarood Basin). *Quant. Geomor. Res.*, 8(3), 222-241 [In Persian].
- Moradi Motlagh, E. (2017). The rule of remote sensing resources and GIS techniques changes in results of estimating the erosion and sedimentation of Balarood River's basin by RUSLE model. M. Sc. Dissertation, University of Tabriz, Tabriz, Iran [In Persian].
- Moradi Motlagh, E. and Mokhtari, D. (2017). Determining the Curve Number runoff map of Balarood basin Using satellite images, Remote Sensing and GIS techniques. *Proc. 2017, 1st Int. Conf. on Silk GIS 24-36 May*. Industrial University of Isfahan, Isfahan, Iran [In Persian].
- Moradi Motlagh, E. and Valizadeh Kamran, K. (2016). Evaluation of Pixel-based and Object-Oriented methods in land use/cover classification of Andimeshk City using Landsat 8 satellite image sensor. *Proc. 2016, 2th Int. Conf. on Civil Engineering, Architecture and Urban Development*. 27-29 December. Shahid Beheshti University, Tehran. Iran [In Persian].
- Myint, S. W., Gober, P., Brazel, A., Grossman-Clarke, S. and Weng, Q. (2011). Per-Pixel vs. Object-Based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote Sens. Environ.*, 115(5), 1145–1161.
- Odiji, C. A., Aderoju, O. M., Ekwe, M. C., Oje, D. T. and Imhanfidon, J. O. (2020). Surface runoff estimation in an upper watershed using geo-spatial based soil conservation service-curve number method. *Global J. Environ. Sci. Manage.*, 6(3), 415-428.
- Psomiadis, E., Soulis, K. X. and Efthimiou, N. (2020). Using SCS-CN and earth observation for the comparative assessment of the hydrological effect of gradual and abrupt spatiotemporal land cover changes. *Water*, 12(5), 1386.



- Rasoli, A. (2014). Principles of applied remote sensing satellite image processing. Tabriz University Press. Tabriz. [In Persian].
- Refahi, H. G. (2014). Water erosion and conservation. University of Tehran Press. Tehran [In Persian].
- Roostaie, S., Mosavi, R. and Alizadehgorgi, G. (2017). Watershed flood zoning map preparation using CN and GIS/RS methods: A Case Study on Nekarood. Quant. Geomor. Res., 6(1), 108-118 [In Persian].
- Salmani, S., Ebrahimi, H., Mohammadzade, K. and Valizadeh Kamran, K. (2019). Evaluating efficiency of Object-Based classification techniques used to extract land use from IKONOS satellite imageries. Sci. Res. Quart. Geogra. Data, 28(111), 205-215 [In Persian].
- Satheeshkumar, S., Venkateswaran, S. and Kannan, R. (2017). Rainfall-runoff estimation using SCS-CN and GIS approach in the Pappiredipatti Watershed of the Vaniyar sub basin, South India. Model. Earth. Syst. Environ., 3(1), 24.
- Shadeed, S. and Almasri, M. (2010), Application of GIS-based SCS-CN method in west Bank catchments, Palestine. Water Sci. Eng., 3(1), 1-13.
- Shi, W. and Wang, N. (2020). Improved SMA-based SCS-CN method incorporating storm duration for runoff prediction on the Loess Plateau, China. Hydrol. Res., 51(3), 443-455.
- Shrestha, M. P. and Jayaraj, K. G. (2018). Application of SCS-CN model in runoff estimation. Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol., 6(3), 2363-2369.
- Verma, S., Mishra, S. K. and Verma, R. K. (2020). Improved runoff curve numbers for a large number of watersheds of the USA. Hydrol. Sci. J., 65(16), 1-11.



Research Paper

Application of Remote Sensing and GIS Techniques in SCS-CN Model (Case Study: Balarood Basin, Khuzestan)

Mehdi Karami Moghadam¹, Ehsan Moradi Motlagh², Touraj Sabzevari³ and
Reza Mohammadpour⁴

¹Assist. Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran

²PhD Student, Remote Sensing and GIS Development, Earth Sciences Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

³Assoc. Professor, Department of civil engineering, Islamic Azad University, Estahban Branch, Estahban, Iran

⁴Assist. Professor, Department of civil engineering, Islamic Azad University, Estahban Branch, Estahban, Iran

*Corresponding author: m.karami.mo2014@pnu.ac.ir

Received: October 21, 2020

Revised: December 3, 2020

Accepted: December 17, 2020

Abstract

One of the main problems in flood predicting is often lack of hydrological and climatic data in most basins of Iran. Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) method is used to estimate the maximum flood discharge in the ungauged basins. In this study, the runoff height and the maximum flood discharge were estimated by SCS-CN method in Balarood Basin on Khuzestan Province of Iran. Firstly, geometric correction, enhancement and nearest neighbor algorithm of object-oriented classification on Landsat 8 satellite's OLI sensor images were used to prepare the land use maps. Then the soil hydrological groups and curve number (CN) were determined for each sub-basin using land use map. Finally, the runoff and maximum flood discharge of the basin were estimated by SCS-CN method. The results indicated that the Balarood basin had three soil hydrological groups A, B, and C, with 60.64, 11.62, and 27.74% respectively. The CN of the basin was 62.81. The maximum soil water retention (S) of Dokohe, Anarki and Mongareh sub-basins and the basin calculated were 7.5, 16.8, 17, and 15 cm respectively. The height of runoff and maximum flood discharge of them were estimated 0.05, 0.06, 0.73, 0.12 cm and 71, 67.2, 435, 282.1 m³/s respectively. The results also demonstrated the good efficiency of remote sensing and GIS techniques in study on SCS-CN method.

Keywords: Balarood Basin; GIS; Nearest Neighbor Algorithm; Object-Oriented Classification; Runoff.

