تحلیل خصوصیات ژئومورفیک حوزه‌آبخیز فریمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

[1]راضیه معتمدی، [2]محمود آذری
[1] دانشجوی کارشناسی‌ارشد آبخیزداری، motamedi.razieh@mail.um.ac.ir
[2] استادیار دانشکده منابع‌طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد (مسئول مکاتبات) m.azari@um.ac.ir

مقدمه

ویژگی‌های ژئومورفیکی حوزه‌های آبخیز به مجموعه عوامل فیزیکی گفته می‌شود که تحت تاثیر اقلیم، زمین‌شناسی، پوشش‌گیاهی، فیزیوگرافی، هیدرولوژی و خاک قرار دارند و مقادیر آنها برای هر حوضه به نسبت ثابت است (آبدیده و همکاران،۱۳۹۰). ویژگی‌های ژئومورفیکی حوزه‌های آبخیز در سه گروه خطی[34]، پستی و بلندی[35]و سطحی[36] گروه‌بندی می‌شوند (Singh,1998). ویژگی‌های خطی حوضه شامل رتبه آبراهه‌های حوضه، تعداد آبراهه، نسبت انشعاب و طول آبراهه‌ها است. ویژگی‌های پستی و بلندی حوزه‌آبخیز شامل ویژگی‌های سه بعدی حوضه مانند پستی و بلندی حوضه[37]، عدد ناهمواری[38] و پستی و بلندی نسبی[39] می‌باشد (Keller and Pinter, 2002). ویژگی‌های سطحی حوضه در برگیرنده ویژگی‌های ریخت‌سنجی مرتبط با سطح مانند تراکم زهکشی، فراوانی آبراهه‌ها[40] و پارامترهای شکل حوضه است. استخراج این خصوصیات با روش‌های متداول همواره وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد. اخیرا استخراج پارامترهای ژئومورفیک، با استفاده از مدل رقومی ارتفاع[41] در GIS به عنوان یک روش مناسب نسبت به روش‌های قدیمی توسعه یافته است (خانی‌تلمیه و همکاران، ۱۳۹۱). استفاده از توانمندی‌های GIS در جهت بررسی و تجزیه و تحلیل‌های ژئومورفولوژیکی می‌تواند در بهبود مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز مورد استفاده قرار گیرد. لذا در این پژوهش از قابلیت‌های GIS به منظور استخراج و تجزیه و تحلیل خصوصیات ژئومورفیک حوزه‌آبخیز فریمان در استان خراسان رضوی استفاده گردید.

کلمات کلیدی: خصوصیات ژئومورفیک، سیستم اطلاعات جغرافیایی، فیزیوگرافی، فریمان.

مواد و روش‌ها

۲-۱ منطقه مورد مطالعه

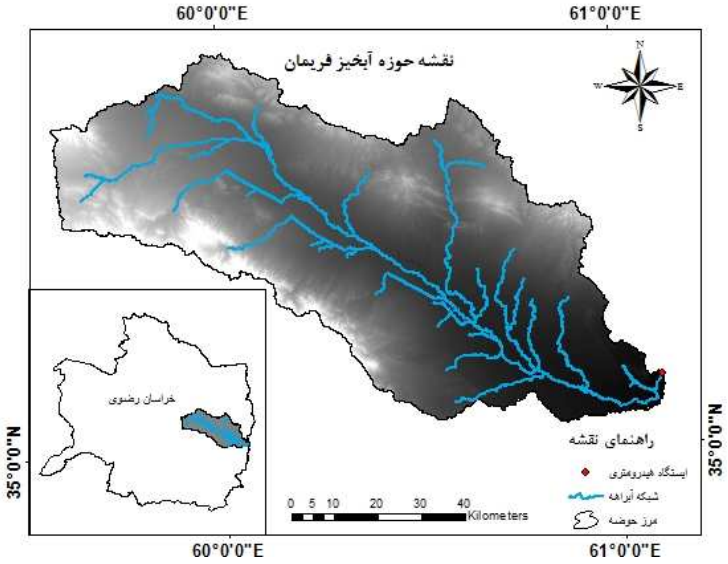
حوزه‌آبخیز فریمان با وسعت ۶۱۰۳ کیلومتر مربع بخشی از حوزه‌آبریز قره‌قوم می‌باشد که در استان خراسان رضوی واقع شده است. حداکثر و حداقل ارتفاع حوضه به ترتیب ۲۹۰۸ و ۶۴۸ متر از سطح دریا می‌باشد و متوسط بارندگی سالانه ۱۶۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. شکل۱ موقعیت حوزه‌آبخیز فریمان را در استان خراسان رضوی نشان می‌دهد.

۲-۲ محاسبه پارامترهای ژئومورفیک با سامانه اطلاعات جغرافیایی

در این پژوهش به منظور استخراج ویژگی‌های ژئومورفیک حوضه مورد مطالعه از مدل رقومی ارتفاع منطقه استفاده گردید. بدین منظور مدل رقومی ارتفاع حوزه‌آبخیز فریمان از سایت سازمان زمین شناسی امریکا[42]، مربوط به سنجنده Aster با فرمت GeoTIFF و با دقت مکانی ۳۰ متر دانلود و وارد افزونه Arc Hydro در نرم‌افزار Arc GIS10.3 گردید. Arc Hydro یک مدل داده‌ای زمین – مکانی است و جزء برنامه‌های الحاقی Arc GIS محسوب می‌گردد و یکی از مهم‌ترین ابزارهای نرم‌افزار Arc GIS است که در مسائل مربوط به هیدرولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش با استفاده از این افزونه تصحیحات لازم از قبیل حذف چاله‌های هیدرولوژیکی با ابزار Fill Sink در نقشه DEM انجام گردید و سپس پیش‌پرازش‌های لازم برای

[34] Linear
[35] Relief
[36] Areal
[37] Basin relief
[38] Ruggedness number
[39] Relative Relief
[40] Stream frequency
[41] Digital Elevation Model
[42] USGS

تشخیص الگوی زهکشی سطح زمین برای تولید شبکه هیدروگرافی انجام گردید. با مشخص کردن نقطه خروجی حوضه، مرز دقیق حوضه و شبکه آبراهه‌ها استخراج و سپس نقشه جهت جریان آبراهه[43] تهیه گردید.



شکل ۱- موقعیت حوزه‌آبخیز فریمان در استان خراسان رضوی

شیب برای هریک از سلول‌ها بر اساس ارتفاع نقاط و فاصله آنها بر حسب درجه و یا درصد محاسبه می‌شود. به‌طوری که ارزش هر سلول در نقشه شیب، معادل شیب متوسط آن در جهات مختلف است. در این پژوهش شیب حوضه بر حسب درصد محاسبه گردید. همچنین نقشه جهت شیب حوضه با استفاده از توابع موجود در نرم‌افزار، بر روی لایه مدل رقومی ارتفاع اعمال گردید و نقشه جهت شیب با ۸ کلاس بدست آمد. رتبه‌بندی آبراهه‌ها با روش استراهلر و توسط ابزار Stream order تهیه گردید. پس از محاسبه خصوصیات ژئومورفیک اولیه اقدام به محاسبه ویژگی‌های ثانویه و ترکیبی گردید. در جدول۱ ویژگی‌های ژئومورفیکی برای حوزه‌آبخیز فریمان ارایه شده است.

پارامترهای خطی نسبت مستقیم با مقدار فرسایش دارد (آمانی، نجفی‌نژاد، ۱۳۹۳). در یک حوضه تعداد کمتر آبراهه‌ها معرف بلوغ توپوگرافی مناطق مجاور آبراهه است و تعداد بالاتر آبراهه‌ها در هر شاخه نشاندهنده این است که هنوز منطقه تحت تاثیر فرسایش است (احمدی و طاهری، ۱۳۸۸). طول آبراهه یکی از مهم‌ترین خصوصیات هیدرولوژی حوضه است و نقش مهمی در مطالعات فیزیوگرافی، هیدرولوژی، فرسایش و رسوب یک حوزه‌آبخیز دارد. عموما در حوضه‌های مسطح طول آبراهه‌ها بیشتر می‌باشد (Waikar and Nilawar, 2014). نسبت انشعاب پارامتر دیگری است که از، نسبت بین تعداد آبراهه در هر رتبه به تعداد آبراهه در رتبه پایین‌تر بدست می‌آید. هر چه نسبت انشعاب کوچکتر باشد نشاندهنده این است هیدروگراف سیلاب تیزتر خواهد بود (رحمتی و همکاران، ۱۳۹۴). تراکم زهکشی یکی از مهم‌ترین پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوزه‌آبخیز است که اغلب از آن به عنوان شاخصی برای بیان وضعیت آبراهه‌های حوضه، بارندگی، رواناب، ظرفیت نفوذپذیری، تکامل توپوگرافی و فرسایش حوضه استفاده می‌شود. فراوانی آبراهه به تعداد کل آبراهه همه رتبه به ازای واحد سطح بیان می‌شود این شاخص همبستگی مثبتی با تراکم زهکشی در حوزه‌آبخیز دارد(Waikar and Nilawar, 2014). بافت زهکشی به برخی فاکتورهای طبیعی نظیر اقلیم، بارش، پوشش، نوع سنگ و خاک، ظرفیت نفوذپذیری، مرحله تکامل ناهمواری و... بستگی دارد بافت سنگ‌ها به طور کلی به نوع پوشش‌گیاهی و اقلیم بستگی دارد (Smith, 1950).

پستی و بلندی حوضه نقش مهمی در توسعه زهکشی، حرکت آبهای سطحی و زیرزمینی، تراوایی، توسعه اشکال سطحی زمین و ویژگی عوارض زمینی دارد. مقدار بالای ناهمواری نشاندهنده شدت جریان آب، نفوذ پایین و مقدار بالای رواناب می‌باشد (Keller and Pinter, 2002). ناهمواری حوضه اختلاف میان مرتفع‌ترین تا پست‌ترین نقطه در حوضه را نشان می‌دهد. یکی دیگر از پارامترهای پستی و بلندی، نسبت پستی و بلندی می‌باشد که برابر است با تانژانت زاویه‌ای که بین دو صفحه متقاطع در خروجی حوزه‌آبخیز ایجاد شده است (Schumm, 1963). بین میانگین شیب و نسبت پستی و بلندی رابطه عکس وجود دارد و افزایش این نسبت در شیب‌های تندتر منجر به رسوبدهی کمتر می‌شود. مقادیر بالای عدد ناهمواری نشاندهنده نقاط مستعد برای فرسایش است. پارامتر دیگر شاخص انشعاب است که برای درک بهتر مورفومتری، ویژگی‌های فیزیوگرافی و نوع زمین تعیین

[43] Flow direction

می‌شود (Singh and Dubey, 1994). شاخص انشعاب نسبت بین تخریب واقعی توسط رودخانه و پتانسیل آن از سطح پایه را نشان می‌دهد (Pal et al. 2012) کم بودن مقدار شاخص انشعاب نشاندهنده پایین بودن میزان تخریب است.

جدول ۱- پارامترهای ژئومورفیک حوزه‌آبخیز و مقادیر آن برای حوضه فریمان

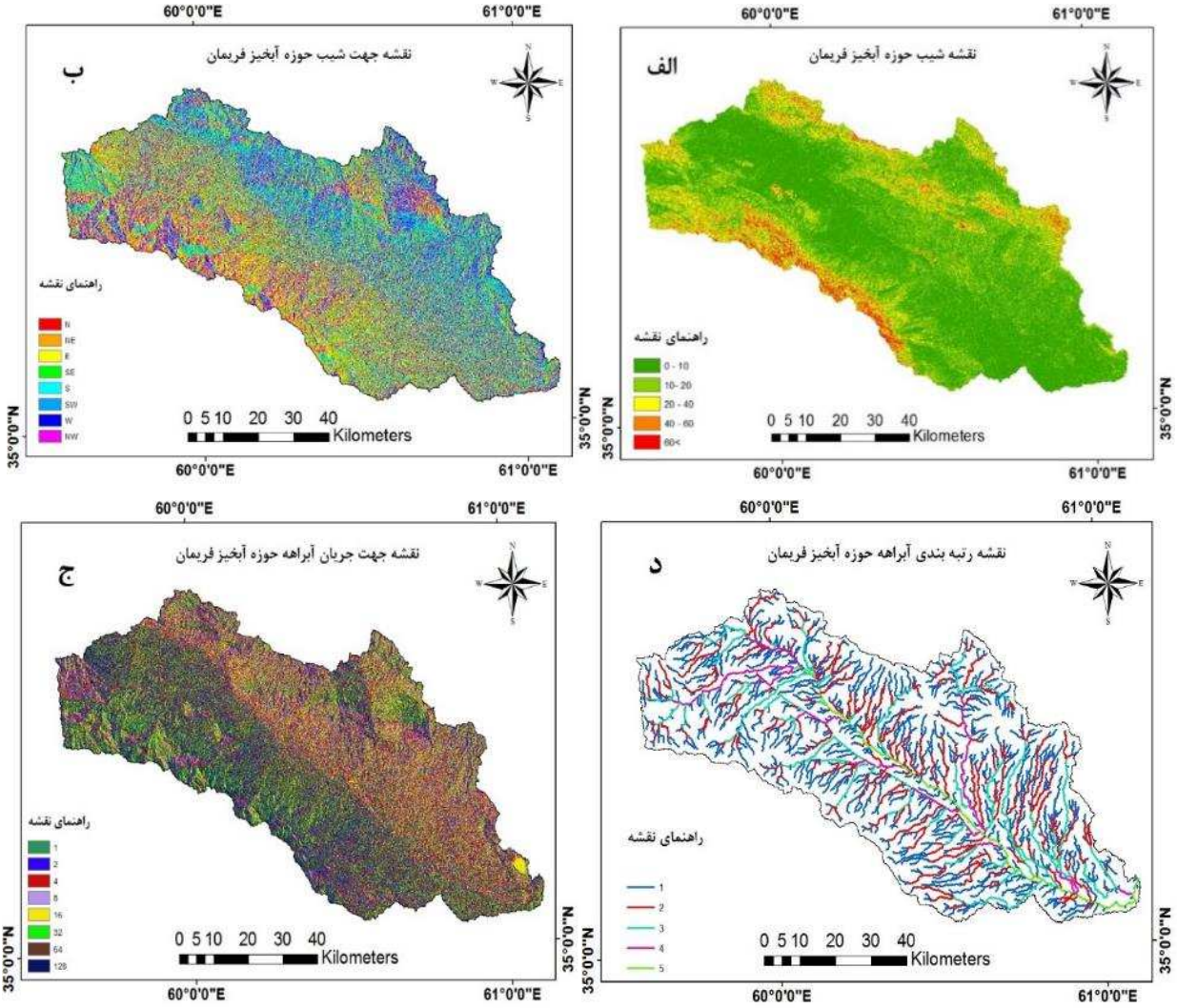
گروه	ویژگی ژئومورفیک	اختصار	واحد	رابطه	مقدار	منابع
خطی	رتبه آبراهه‌های حوضه	μ	---	---	۵	استراهلر (۱۹۵۸)
	تعداد آبراهه	Nμ	---	---	۱۷۰۸	استراهلر (۱۹۵۸)
	میانگین نسبت انشعاب	AR_b	---	$BR = (\frac{N_1}{N_2} + \frac{N_2}{N_3} + \cdots \frac{N_{n-1}}{N_n})(\frac{1}{n-1})$	۳/۶۱	شیوم (۱۹۵۶)
	مجموع طول آبراهه	∑X	کیلومتر	طول آبراهه :X	۴۶۰۶/۶۱	هورتن (۱۹۴۵)
سطحی	تراکم زهکشی	Dd	کیلومتر برکیلومتر مربع	$D_d = \frac{\sum X}{A}$	۰/۷۵	هورتن (۱۹۴۵)
	فراوانی آبراهه	F_s	بدون واحد	$F_S = \frac{N_\mu}{A}$	۰/۲۸	هورتن (۱۹۴۵)
	بافت زهکشی	D_t	بدون واحد	$D_t = D_d * F_S$	۲/۷۰	اسمیت (۱۹۵۰)
	ضریب فرم حوضه	F_f	بدون واحد	$F_f = \frac{Area}{L^2}$	۰/۰۹	شارما و تیواری (۲۰۰۹)
	ضریب گردی	Rc	بدون واحد	$Rc = \frac{4\pi A}{P^2}$	۰/۱۶	میلر (۱۹۵۳)
	ضریب کشیدگی	Er	بدون واحد	$E = \frac{2\sqrt{A/\pi}}{L}$	۰/۳۴	شیوم (۱۹۵۶)
	شاخص شکل حوضه	S_W	بدون واحد	$S_W = \frac{1}{Ff}$	۱۱/۲۰	هورتن (۱۹۴۵)
	نسبت لمنیسکیت	L_r	بدون واحد	$L_r = \frac{L^2}{4Area}$	۲/۸۰	شرلی و همکاران (۱۹۵۷)
پستی و بلندی	پستی و بلندی حوضه	B_F	متر	$B_F = E_{max} - E_{min}$	۲۲۶۰	شیوم (۱۹۵۶)
	نسبت پستی و بلندی	Rr	بدون واحد	$Rr = \frac{BF}{L_{SMAX}}$	۱۰/۰۶	شیوم (۱۹۵۶)
	عدد ناهمواری	Rn	بدون واحد	$Rn = B_F * Dd$	۱۷۰۵/۷۰	استراهلر (۱۹۵۸)
	شاخص انشعاب	DI	بدون واحد	$DI = \frac{BF}{E_{max}}$	۰/۷۸	سینگ و دابی (۱۹۹۴)

A: مساحت حوزه‌آبخیز، L: طول حوزه‌آبخیز،P : محیط حوضه، Emax: حداکثر ارتفاع حوضه، Emin: حداقل ارتفاع حوضه، L_{smax}: بلندترین طول آبراهه

نتایج و بحث

در این پژوهش با مدل رقومی ارتفاع در محدوده مورد مطالعه، نقشه‌های شیب، جهت شیب، جهت جریان آبراهه و رتبه‌بندی آبراهه تهیه گردید (شکل ۲). میزان شیب متوسط حوزه‌آبخیز فریمان ۱۴ درصد محاسبه گردید. همچنین براساس جدول۱ رتبه آبراهه اصلی حوضه فریمان به روش استراهلر رتبه ۵ می‌باشد که نشاندهنده شبکه آبراهه نسبتا تکامل یافته است همچنین تعداد آبراهه و مجموع طول آبراهه برای حوضه مورد مطالعه به ترتیب ۱۷۰۸ و ۴۶۰۶ /۶۱ کیلومتر محاسبه گردید. مقدار نسبت انشعاب در زیر حوضه فریمان ۳/۶۱ می‌باشد که این نسبت در حوضه‌های معمولی بین ۳ تا ۵ می‌باشد، هر چه مقدار میانگین نسبت انشعاب بزرگ‌تر از ۳ باشد نشاندهنده این است که هیدروگراف در نقطه خروجی قاعده پهن و در نقطه اوج کوتاه می‌باشد (فرجی و همکاران، ۱۳۹۱). تراکم زهکشی منطقه مورد مطالعه ۰/۷۵ کیلومتر بر کیلومترمربع می‌باشد. با توجه به جدول ۱ به علت وجود تراکم زهکشی پایین بافت زهکشی منطقه درشت دانه است و خاک نفوذپذیری مناسبی نداشته و پوشش‌گیاهی فقیر است (Strahler, 1964). فراوانی آبراهه در کل حوزه‌آبخیز ۰/۲۸ بدست آمد. کمتر یا بیشتر بودن آبراهه‌ها در سطح حوضه تحت تاثیر بارش، دما، تراکم زهکشی و... می‌باشد (احمدی و طاهری، ۱۳۸۸). برای بیان وضعیت شکل حوضه از پارامترهای مختلفی نظیر شاخص شکل حوضه، ضریب فرم حوضه، ضریب کشیدگی، ضریب گردی، نسبت لمنیسکیت و... استفاده گردید و نتایج حاصل نشان می‌دهد حوضه مورد مطالعه، جزء حوضه‌های کشیده محسوب می‌گردد. پستی و بلندی برای حوزه‌آبخیز فریمان ۲۲۶۰ متر می‌باشد و نسبت ناهمواری حوزه‌آبخیز فریمان ۱۰/۰۶ می‌باشد که نشاندهنده فرسایش بالا در شیب‌های کم در حوضه مورد مطالعه است. مقدار عدد ناهمواری،۱۷۰۵/۷۰ دلالت بر مستعد بودن منطقه به فرسایش دارد. در نهایت مقدار نسبت لمنیسکیت برای حوضه منتخب، ۲/۸۰ محاسبه گردید. در پایان تحقیق حاضر با هدف استفاده از آخرین فناوری‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور استخراج

۱۶ پارامترهای ژئومورفولوژی حوزه‌آبخیز فریمان انجام پذیرفت. نتایج این تحقیق بیانگر توانایی GIS در استخراج خصوصیات ژئومورفیکی حوزه‌آبخیز با دقت و سرعت بسیار بالا می‌باشد. با توجه به حساسیت پارامترهای مورد مطالعه به دقت مدل رقومی ارتفاع تحقیقات آتی می‌تواند به ارزیابی دقت مدل ارتفاعی رقومی در استخراج پارامترهای مورد مطالعه بپردازد.



شکل۲- نقشه شیب (الف)، جهت شیب (ب)، جهت جریان (ج)، رتبه‌بندی آبراهه (د) منطقه مورد مطالعه

یافته‌ها و منابع

[۱] احمدی، حسن، طاهری، سمیه، اهمیت آنالیزهای مورفومتریک جهت بدست آوردن مناطق با پتانسیل آب‌های زیرزمینی با کنترل ساختمان زمین (مطالعه موردی: حوزه‌آبخیز تسوج) پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان.

[۲] آبدیده، محمد، قریشی، منوچهر، رنگزن، کاظم، آرین، مهران، ارزیابی نسبی زمین‌ساخت فعال با استفاده از تحلیل ریخت‌سنجی، بررسی موردی حوزه‌آبریز رودخانه دز، جنوب باختری ایران، علوم زمین، شماره ۸۰، ۴۶-۳۳، تابستان ۱۳۹۰.

[۳] آمانی، محمد، نجفی‌نژاد، علی، اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها با استفاده از آنالیز مورفومتری، فنون سنجش از دور و GIS حوزه‌آبخیز لهندر استان گلستان، پژوهشنامه مدیریت حوزه‌آبخیز سال پنجم، شماره ۹، بهار و تابستان ۱۳۹۳.

[۴] خانی‌تملیه، ذبیح‌الله، احمی‌زاده، شهین، جوانمرد، معصومه، منتصری، مجید، استخراج خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز و شبکه‌های آبراهه با استفاده از GIS (مطالعه موردی: حوضه‌آبریز دریاچه ارومیه)، نهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، بهمن‌ماه ۱۳۹۱.

[۵] رحمتی، امید، طهماسبی‌پور، ناصر، پورقاسمی، حمیدرضا، اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز استان گلستان بر اساس آنالیز مورفومتریک و همبستگی آماری، اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۲، ۱۶۱-۱۵۱، تابستان ۱۳۹۴.

[۶] فرجی، عبدالله، دوستکامیان، مهدی، نوروزی، خدیجه، بیرانوند، آذر، بررسی ویژگی‌های مورفومتری و فیزیوگرافی حوضه رودخانه ایزدخواست با استفاده از GIS، اولین همایش بین‌المللی بحران‌های زیست‌محیطی و راهکارهای بهبود آن، جزیره کیش، بهمن، ۱۳۹۱.

[7] Chorley, R.J., Malm, D.E., Pogorzelski, H.A., 1957. A new standard for estimating drainage basin shape. Am. J. Sci. 255 (2), 138–141.

[8] Horton, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Bull. Geol. Soc. Am. 56 (3), 275

[9] Keller, E. A. & Pinter, N., 2002- “Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape”, Prentice Hall, New Jersey

[10] Miller, V.C., 1953. A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee, Proj. NR 389-402. Tech. Rep. 3. Columbia University, Department of Geology, ONR, New York.

[11] Pal B, Samanta S, Pal DK (2012) Morphometric and hydrologicalanalysis and mapping for Watut watershed using remote sensing and GIS techniques. Int J Adv Eng Technol 2(1):357–368

[12] Singh, Savindra, 1998- Geomorphology, Department of Geology, University of Allahabad INDIA, Printed at Artiorinters Sarvodaya Nagar, Allahpur, p.330-353

[13] Schumm SA (1956) Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geol Soc Am Bull 67:597–646

[14] Schumm SA (1963) Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. Geol Soc Am Bull 74:1089–1100

[15] Smith KG (1950) Standards for grading texture of erosional topography. Am J Sci 248:655–668

[16] Sharma, S., Tiwari, K., 2009b. Bootstrap based artificial neural network (BANN) analysis for hierarchical prediction of monthly runoff in Upper Damodar Valley Catchment. J. Hydrol. 374 (3), 209–222.

[17] Singh S, Dubey A (1994) Geo environmental planning of watersheds in India. Chugh Publications, Allahabad, pp 28–69.

[18] Strahler A.N., (1958). Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. Geol Soc Am Bull 69:279–300

[19] Strahler A.N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks.In: V.T. Chow (Ed.), Handbook ofApplied Hydrology. McGraw-Hill, New York, pp.4.39-4.76. 1964.

[20] Waikar M.L. and Nilawar Aditya P. Morphometric Analysis of a Drainage Basin Using Geographical Information System: A Case study. Int. J. of Multidisciplinary and Current research, Vol 2. 2014.