

بررسی ارتباط میان تغییر کاربری اراضی و نرخ نفوذ پذیری خاک و تأثیر آن در وقوع سیل سال ۱۳۷۸ در حوزه آبخیز جنگلی نکارود

حنانه محمدی کنگرانی*

استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان

مجتبی خلیلی زاده

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی - واحد لارستان

ارشک حلی ساز

دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

جنگل‌ها به عنوان سیستم‌هایی که قادرند رفتارهای کیفی و کمی منابع آب را تنظیم کنند، همواره مطرح بوده و مطالعات مدون در این زمینه به اروپا، آمریکا و آفریقای شرقی برمی‌گردد. سعی این تحقیق نیز بر این بوده که نقش جنگل‌ها در حفاظت آب و کاهش سیلاب‌ها را از طریق مقایسه‌ی میزان نفوذ پذیری خاک در کاربری جنگل با سایر کاربری‌های اراضی بررسی شده و اثر آن را در وقوع سیل مخرب مرداد ماه سال ۱۳۷۸ در حوزه آبخیز جنگلی نکارود نشان دهد. بر این اساس نقشه‌های کاربری اراضی این حوزه‌ی آبخیز در سال‌های ۱۳۴۶ و ۱۳۷۸ در محیط GIS تهیه و مقایسه‌ی آن‌ها نشان داد که سطح جنگل‌ها در این مدت کاهش یافته است. سپس در هر کاربری (جنگل متراکم، جنگل نیمه متراکم، جنگل تنک، مرتع و اراضی کشاورزی) ده نمونه انتخاب و نرخ نفوذ پذیری خاک در هر نمونه با حلقه‌های نفوذسنج دویل اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین دامنه نفوذ و نفوذ پذیری متعلق به خاک کاربری جنگل متراکم و کمترین آن متعلق به کاربری کشاورزی می‌باشد. همچنین آزمون دانکن نشان داد که میان داده‌های مشاهده شده‌ی نفوذ کاربری کشاورزی با سایر کاربری‌ها تفاوت معنی‌دار وجود دارد. مدل هورتون نیز برای محاسبه‌ی میزان نفوذ در خاک کاربری‌های این حوزه مناسب است. در نهایت تغییرات پوشش گیاهی در اراضی بالادست، به عنوان عاملی مؤثر در تغییر نفوذپذیری خاک و حجم سیلاب‌ها مورد تأکید قرار گرفته و به عنوان دلیل اصلی سیل نکا در سال ۱۳۷۸ معرفی شدند.

واژگان کلیدی: نرخ نفوذ پذیری خاک، کاربری اراضی، حلقه‌های نفوذسنج دویل، GIS، حوزه‌ی آبخیز جنگلی نکارود، سیل مرداد ماه ۱۳۷۸.

مقدمه

از گذشته‌های دور این عقیده که همواره جنگل‌ها بر تولید آب، جلوگیری از ایجاد سیلاب و کاهش فرسایش مؤثرند، وجود داشته است؛ اما تا اوایل قرن بیستم بیشتر نظرات به صورت تئوری بوده و تحقیق ثبت شده‌ای در این زمینه وجود نداشته است (پوراغنیایی، ۱۳۸۰). سابقه‌ی تحقیقات مدون در زمینه هیدرولوژی جنگل به اروپا، آمریکا و آفریقای شرقی برمی‌گردد (رابینسون و کوگنارد-پلانک^۱، ۲۰۰۳). محققان بسیاری همچون ونکلی^۲ (۲۰۰۹)، وان دیک و کنان^۳ (۲۰۰۷)، بنیان و همکاران^۴ (۲۰۰۷)، جکسون و همکاران^۵ (۲۰۰۵)، فارلی و همکاران^۶ (۲۰۰۵)، براون و همکاران^۷ (۲۰۰۵)، رابینسون و کوگنارد-پلانک (۲۰۰۳)، کوستا^۸ (۲۰۰۳)، کارسی^۹ (۲۰۰۲)، رینهارت و هورنبک^{۱۰} (۱۹۹۸)، ایلیاس و راید^{۱۱} (۱۹۹۳)، افندی^{۱۲} (۱۹۹۲)، بوش و هیولت^{۱۳} (۱۹۸۲)، مارزیک^{۱۴} (۱۹۸۰) بیان نموده‌اند که پوشش جنگلی با تثبیت خاک، کاهش رسوب دهی، جذب قسمتی از بارش، کاهش انرژی بارش و نفوذ آن به خاک سبب جلوگیری از وقوع سیلاب‌ها شده و چنانچه بهره برداری از جنگل‌ها سبب تخریب گسترده‌ی آن‌ها گردد، در پی کاهش نفوذپذیری خاک، افزایش دبی اوج سیلاب‌های محلی، افزایش هرز آب‌ها و سیلاب‌ها در پی خواهد آمد؛ در واقع نرخ نفوذپذیری خاک تابعی از ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی جنگلی می‌باشد.

در مطالعه‌ای که کهندل و همکاران (۱۳۸۵) به بررسی اثر شدت چرا بر مقاومت مکانیکی، نفوذپذیری و رطوبت خاک در سه منطقه‌ی ساوجبلاغ با چرای شدید، متوسط و بدون چرا پرداختند، نشان داده شد که میزان نفوذ پذیری خاک در ابتدای دوره‌ی چرا بیشتر از انتهای دوره و مقدار آن در منطقه‌ی بحرانی چرا کمتر از دو منطقه‌ی دیگر بود. همچنین میان میزان نفوذپذیری در سه منطقه بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی داری وجود داشت. در تحقیق مشابه که چایی چی و همکاران در سال ۱۳۸۲ در لار انجام دادند نیز نتایج مشابهی به دست آمد. داغستانی و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی اثرات قطع گروهی، بر خصوصیات هیدرولوژیکی جنگل پرداخته و قبل و بعد از عملیات قطع و چوبکشی، میزان جرم حجمی، درصد تخلخل خاک، درصد رطوبت و میزان نفوذ پذیری خاک را اندازه گیری نمودند. بر اساس نتایج، پس از عملیات قطع و چوبکشی میزان جرم حجمی، مقدار

¹ Robinson & Cognard-plancq

² Vanclay

³ Van Dijk & Keenan

⁴ Benyon et al.

⁵ Jackson et al.

⁶ Farley et al.

⁷ Brown.et.al

⁸ Costa

⁹ Carssi

¹⁰ Reinhart& Hornbeck

¹¹ Ilyas & Reid

¹² Effendi

¹³ Bosch & Hewlett

¹⁴ Mrazik

رطوبت، میزان حمل رسوب و نیز مقدار رواناب افزایش یافت. پوراغنیایی نیز در پایان نامه کارشناسی ارشد (۱۳۸۰) با بررسی و مقایسه‌ی هیدروگراف‌های خروجی حوزه‌ی آبخیز نکارود با دوره بازگشت‌های مختلف و در شرایط پوششی متفاوت، نتیجه‌گیری کرد که روند دبی اوج و حجم سیلاب حوزه در اثر تغییرات پوشش گیاهی رو به افزایش می‌باشد.

لارسون و الیاسون^{۱۵} (۲۰۰۶) با بررسی و مطالعه‌ی تفاوت میان نرخ نفوذپذیری خاک در جنگل طبیعی، جنگل مصنوعی (جنگلکاری شده)، بوته زار و زمین کشاورزی به کمک حلقه‌های نفوذسنج^{۱۶} نشان دادند که نرخ نفوذپذیری بوته زار از زمین کشاورزی و جنگل کمتر است. همچنین آن‌ها بیشترین میانگین نفوذ اشباع را در جنگل مصنوعی و کمترین آن را در بوته زار مشاهده نموده و تغییر کاربری اراضی را یکی از عوامل اصلی مؤثر بر نرخ نفوذپذیری خاک برشمردند. در بررسی شاو و همکاران^{۱۷} در سال ۲۰۰۶ نیز رابطه‌ی میان ویژگی‌های بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی خاک با کاربری زراعی و تأثیر تغییر سایر کاربری‌ها به این کاربری در آمریکا مورد مطالعه قرار گرفته و نشان داده شد که خاک کاربری‌های زراعی دارای ۸۰ تا ۲۷۴ درصد نرخ نفوذ کمتر نسبت به سایر کاربری‌ها می‌باشند. همچنین یئو و همکاران^{۱۸} (۲۰۰۴) با طراحی و ارایه‌ی مدلی برای ارزیابی الگوهای مختلف کاربری اراضی و واکنش آن‌ها به نفوذ آب، نشان دادند که میان تغییر کاربری اراضی و نرخ نفوذپذیری خاک رابطه‌ی مستقیم وجود دارد.

تاکنون مطالعات اندکی در مورد هیدرولوژی جنگل‌های ایران صورت گرفته است؛ این کمبود اطلاعات در خصوص این کارکرد زیست محیطی مهم جنگل‌های ایران، به عنوان کشوری که با مشکل کم آبی روبه روست، ضرورت انجام مطالعات بیشتر در این زمینه را روشن می‌سازد. این تحقیق با هدف بررسی رابطه‌ی میان تغییر کاربری اراضی و نرخ نفوذپذیری خاک و نیز مشخص کردن بهترین کاربری از نظر نفوذ بیشترین مقدار آب به داخل خاک در پی آزمون و بررسی این فرضیه در حوزه‌ی آبخیز نکارود است که "با کاهش پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی که به دنبال تخریب جنگل‌ها و افزایش سطح مراتع و زمین‌های زراعی روی می‌دهد، نرخ نفوذپذیری خاک کاهش یافته و این امر یکی از دلایل اصلی وقوع سیل مرداد ماه ۱۳۷۸ در نکا می‌باشد".

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

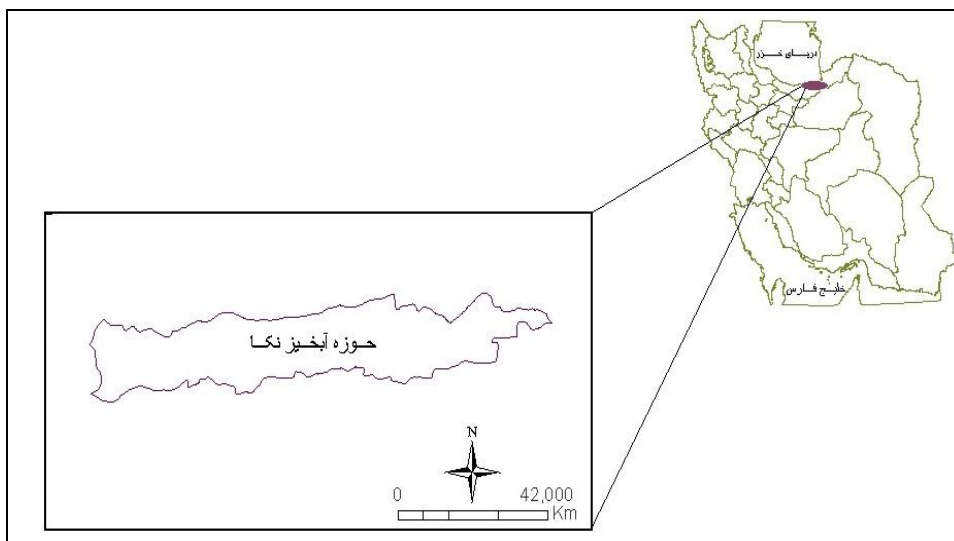
حوزه آبخیز نکارود در بین مختصات جغرافیایی $53^{\circ}17'$ و $54^{\circ}44'$ طول شرقی و $36^{\circ}28'$ و $36^{\circ}42'$ عرض شمالی واقع شده است. مساحت این حوزه آبخیز تا ایستگاه هیدرومتری آبلو، واقع در شهر نکا، ۱۹۲۲ کیلومتر مربع

¹⁵ Larsson & Eliasson

¹⁶ Double Rings

¹⁷ Shaw et al.

¹⁸ Yeo et al

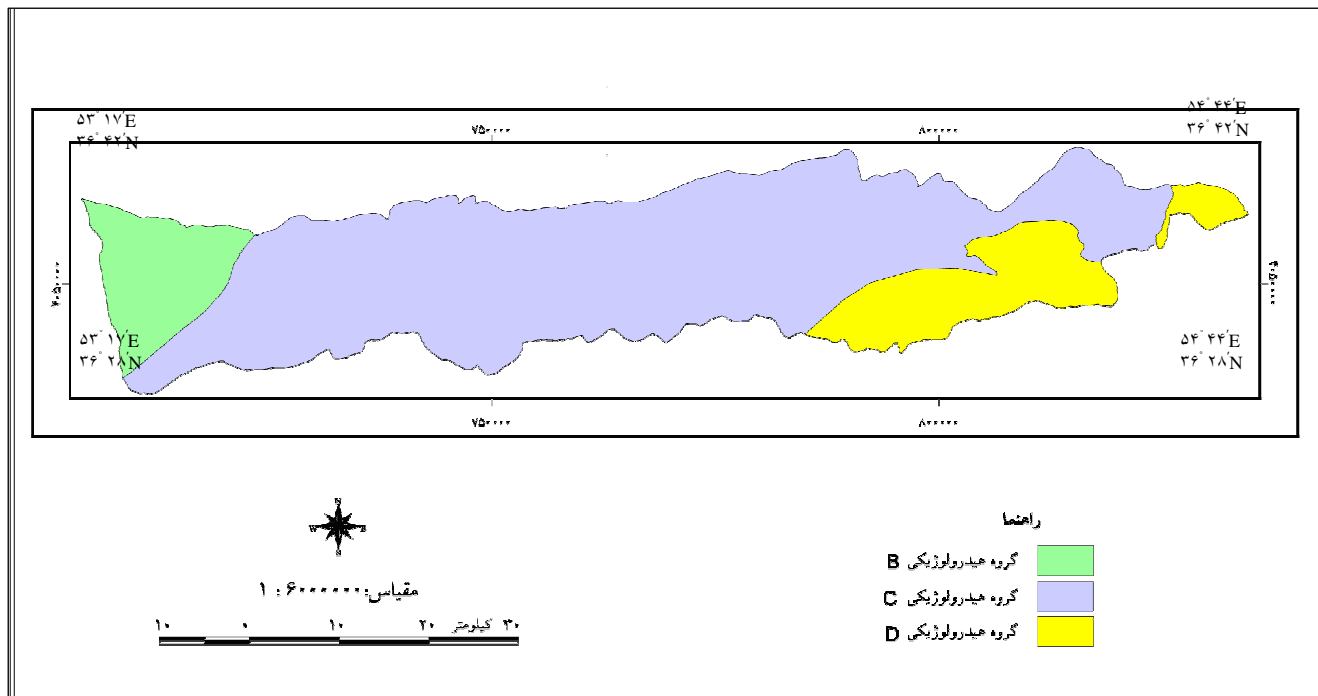


شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز نکارود

روش تحقیق

نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۴۶ بر اساس نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور و نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۸ از روی هم گذاری لایه‌های مختلف نقشه‌های رقومی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور در محیط GIS و به کمک نرم افزارهای Arcinfo، Arcview، Microstation به دست آمدند (شکل ۲ و ۳). دلیل انتخاب این دو مقطع، وجود نقشه‌های سبز سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور در سال ۱۳۴۶ و وقوع سیل در حوزه آبخیز نکارود در مرداد سال ۱۳۷۸ بود. بر این اساس شش کاربری جنگل متراکم، جنگل نیمه متراکم، جنگل تنک، مرتع، زمین کشاورزی و اراضی شهری در هر کدام از نقشه‌های کاربری ایجاد و مکان و مساحت کاربری‌ها در دو مقطع زمانی با یکدیگر مقایسه شدند (جدول ۱) تا مشخص گردد چه کاربری‌هایی به یکدیگر تبدیل شده‌اند.

نقشه‌ی گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوزه آبخیز نکارود (شکل ۲) نشان می‌دهد که غالب سطح حوزه در گروه هیدرولوژیکی C قرار گرفته است؛ همگن بودن نسبی گروه هیدرولوژیکی خاک این حوزه سبب حذف این عامل از فاکتورهای اصلی مؤثر بر میزان نفوذ پذیری خاک و تأکید بر نوع کاربری اراضی به عنوان عامل تعیین کننده‌ی نوع و میزان پوشش گیاهی موجود شد. بنابراین به منظور بررسی وضعیت نفوذپذیری خاک، کاربری‌های اراضی عمده‌ی موجود در حوزه اساس نمونه برداری‌ها قرار گرفتند. بر این اساس در هر یک از کاربری‌ها تعداد ده نمونه انتخاب گردید.



شکل ۲: تصویر نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوزه آبخیز نکارود (پوراغنیایی، ۱۳۸۰)

برای اندازه‌گیری میزان نفوذ از حلقه‌های نفوذسنج دوپل با قطر ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر استفاده شد. به این ترتیب که در محل هر نمونه میزان نفوذ در زمان‌های ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۱، ۲۴، ۲۷، ۳۰، ۳۳، ۳۶، ۳۹ و ۶۰ دقیقه اندازه‌گیری و ثبت گردیدند. ثابت شدن میزان نفوذ در دقایق متوالی نیز به منزله‌ی اشباع خاک در نظر گرفته شده و نخستین زمان ثابت شدن اعداد نفوذ به عنوان زمان رسیدن به وضعیت اشباع منظور شد. همچنین مشخصات مکانی نمونه‌های برداشت شده مانند طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، شیب، و نوع و درصد پوشش گیاهی یادداشت شدند. به منظور بررسی و آزمون معنی دار بودن تفاوت میان نفوذپذیری کاربری‌های مختلف از جدول تجزیه واریانس و آزمون دانکن در محیط نرم افزار SPSS استفاده شد؛ به این صورت که هر کاربری به منزله‌ی یک تیمار و هر نمونه به عنوان یک تکرار وارد محاسبات گردیدند (جدول ۲ و ۳). در گام بعد، میانگین میزان نفوذ در زمان‌های مختلف برای پنج کاربری محاسبه و منحنی نفوذ آن‌ها رسم شد (شکل ۵). همچنین معادله‌ی نفوذ هر کاربری و ضریب همبستگی آن به دست آمد (جدول ۴). از نمودارهای ستونی نیز برای مقایسه‌ی دقیق تر میزان نفوذ اولیه، دامنه‌ی نفوذ و نیز زمان رسیدن به وضعیت اشباع در خاک کاربری‌های مختلف استفاده گردید (شکل‌های ۶ و ۷).

از آن‌جا که عموماً از معادله‌ی هورتون^{۱۹} (۱۹۳۳) برای بررسی وضعیت نفوذپذیری خاک در کاربری‌های

¹⁹ Horton

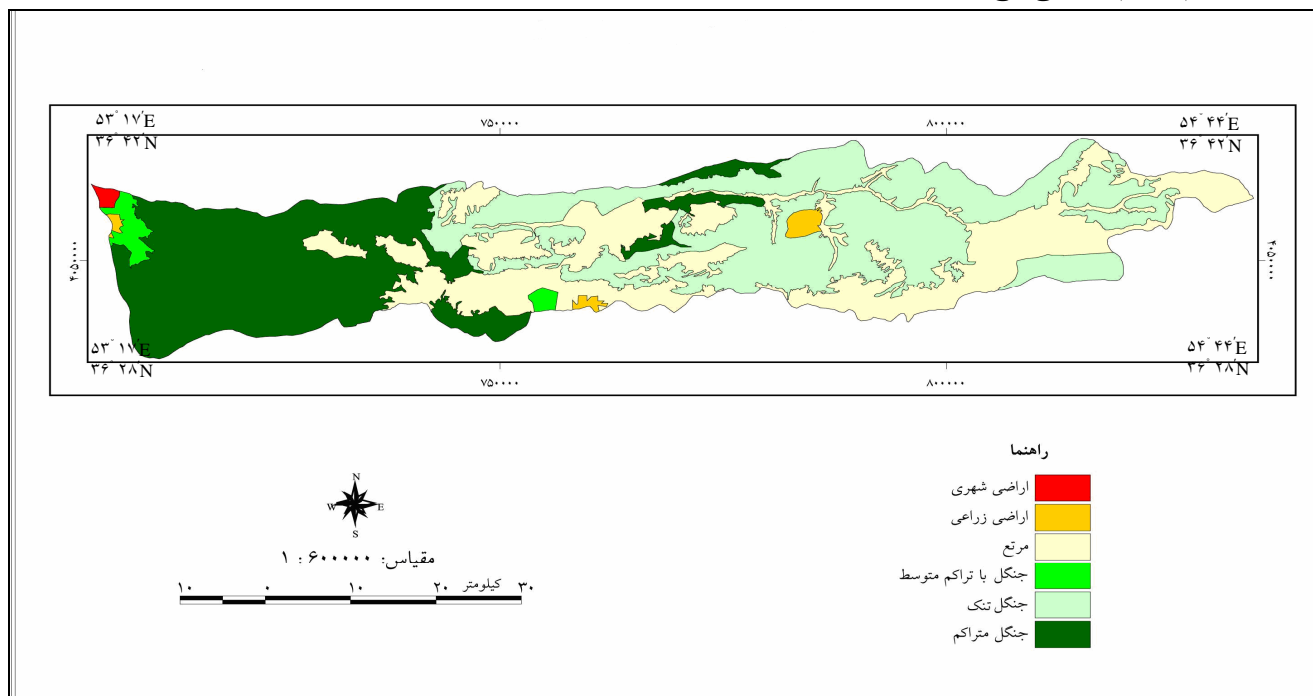
مختلف استفاده می‌شود و نیز با توجه به ضریب همبستگی بالای معادلات نمایی در نمودار نفوذ کاربری‌های این حوزه، معادله‌ی هورتون هر کاربری به کمک داده‌های مشاهده شده و نیز ضریب همبستگی آن به دست آمد (جدول ۴). به طور کلی مطالعات هورتون نشان داده است که منحنی سرعت نفوذ بر حسب زمان، از تابع زیر تبعیت می‌کند (مهدوی، ۱۳۷۸):

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad \text{معادله (۱)}$$

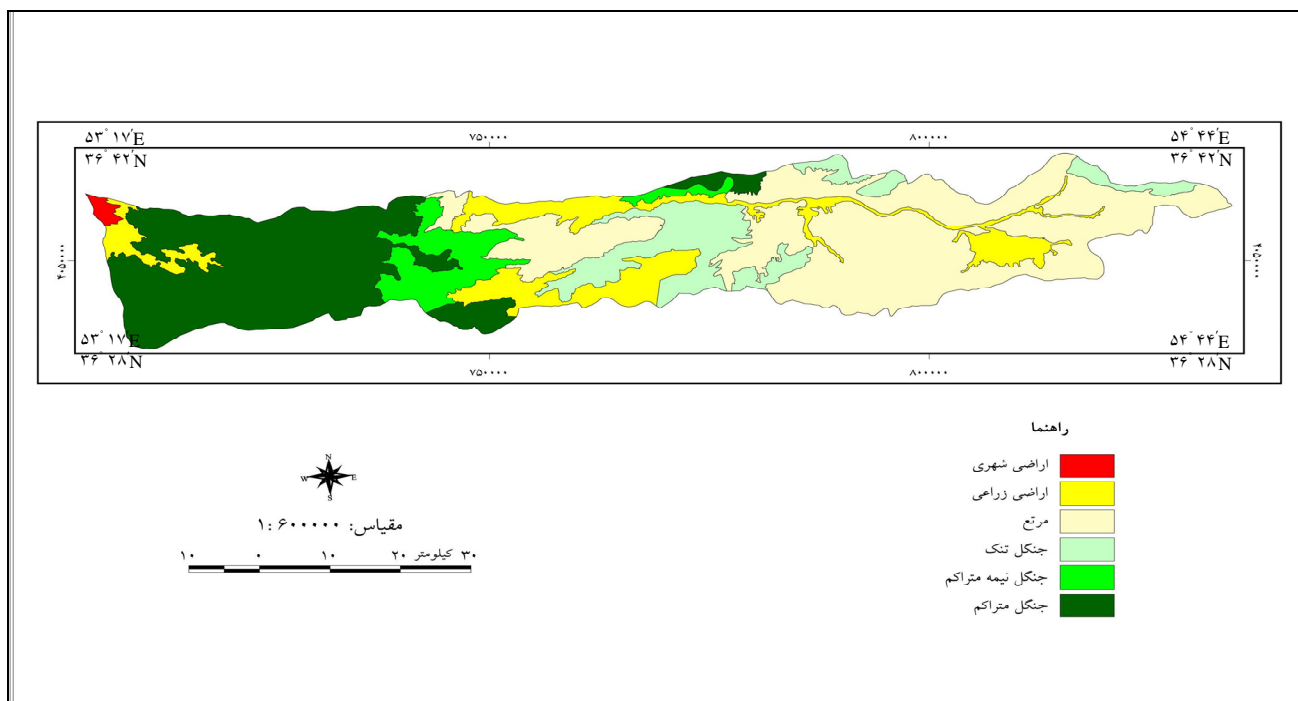
که در آن f : سرعت نفوذ در زمان مشخص (میلی‌متر / ساعت)؛ f_0 : حداکثر سرعت نفوذ اولیه (میلی‌متر / ساعت)؛ f_c : سرعت نفوذ ثابت یا ظرفیت نهایی (میلی‌متر / ساعت)؛ k : ضریبی بی بعد که بستگی به شرایط خاک و سایر عوامل مؤثر در نفوذ و حرکت آب در خاک داشته و نرخ کاهش ظرفیت نفوذ را بیان می‌کند؛ t : زمان از شروع نفوذ (ساعت).

نتایج:

شکل‌های ۳ و ۴ نقشه‌های کاربری اراضی حوزه آبخیز نکارود در سال‌های ۱۳۴۶ و ۱۳۷۸ و جدول ۱ مقایسه تغییرات کاربری اتفاق افتاده در این دو بازه زمانی را نشان می‌دهد. بر این اساس مشاهده می‌شود که در طول ۳۲ سال بیشترین میزان کاهش سطح در جنگل‌های متراکم و نیمه متراکم و بیشترین میزان افزایش سطح در جنگل‌های کم تراکم و مراتع رخ داده است.



شکل ۳: تصویر نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۴۶ حوزه آبخیز نکارود



شکل ۴: تصویر نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۸ حوزه آبخیز نکارود

جدول ۱: جدول مقایسه نوع و درصد کاربری‌ها در حوزه آبخیز نکارود در سال‌های ۱۳۴۶ و ۱۳۷۸

مساحت در سال ۱۳۷۸		مساحت در سال ۱۳۴۶		نوع کاربری در حوزه آبخیز نکارود
کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	
۵۱۵	۲۷	۱۷	۱	جنگل با تراکم کم
۱۹۸	۱۰	۶۵۸	۳۴	جنگل با تراکم متوسط
۱۵۸	۸	۵۳۰	۲۸	جنگل با تراکم زیاد
۳۵	۲	۶	۰	اراضی زراعی
۱۰۰۳	۵۲	۷۱۰	۳۷	مرتع
۱۳	۱	۱	۰	مناطق شهری
۱۹۲۲	۱۰۰	۱۹۲۲	۱۰۰	مجموع

جدول ۲ و ۳ نتایج آزمون آماری داده‌های نفوذ را نشان می‌دهند. بر این اساس مشاهده می‌گردد که تفاوت معنی دار موجود بر اساس آزمون تجزیه واریانس (جدول ۲) ناشی از تفاوت میزان نفوذ در زمین‌های کشاورزی با اراضی جنگلی و مرتعی است (جدول ۳).

جدول ۲: جدول نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) کاربری‌ها (تیمارها)

سطح معنی داری	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	
۰/۰۰۰	۱۷/۸۶۰	۲۳/۸۱۴	۴	۹۵/۲۵۸	واریانس میان گروهی
		۱/۳۳۳	۱۶۰	۲۱۳/۳۴۳	واریانس درون گروهی
			۱۶۴	۳۰۸/۶۰۱	مجموع

جدول ۳: جدول نتایج آزمون دانکن کاربری‌ها (تیمارها)

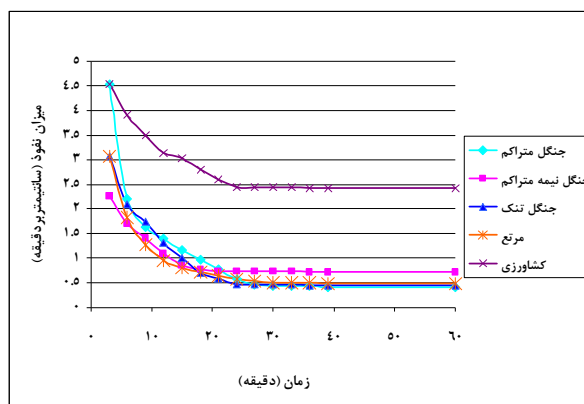
زیرمجموعه های آلفا = ۰/۰۵		تعداد N	تیمار Treatment
۲	۱		
	۱/۰۳۴۸	۳۳	۴
	۱/۰۶۹۷	۳۳	۲
	۱/۱۲۴۲	۳۳	۳
	۱/۳۲۴۲	۳۳	۱
۳/۰۲۱۲		۳۳	۵
۱/۰۰۰	۰/۳۶۱		سطح معنی داری

جدول ۴ معادلات نفوذ داده‌های مشاهده شده و محاسبه شده با فرمول هورتون را نشان داده که ضریب همبستگی بالای آن نشان دهنده مناسب بودن فرمول هورتون برای محاسبه میزان نفوذپذیری در حوزه آبخیز نکارود می‌باشد.

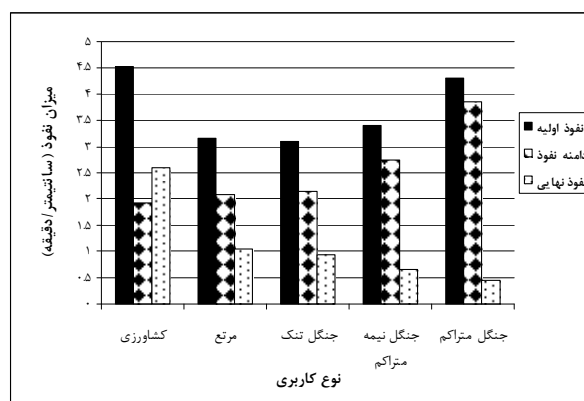
جدول ۴: جدول معادلات نفوذ و هورتون داده‌های مشاهده شده و محاسبه شده در سطح اطمینان ۰/۹۵

نوع کاربری	معادله نفوذ داده‌های مشاهده شده	ضریب همبستگی	معادله هورتون داده‌های محاسبه شده	ضریب همبستگی
جنگل متراکم	$Y=730/72X^{-1/9198}$	۰/۹۹	$f=0/77+50.83e^{-0.07t}$	۰/۹۹
جنگل نیمه متراکم	$Y=164/93X^{-1/3635}$	۰/۹۹	$f=0.88+25.68e^{-0.01t}$	۰/۹۸
جنگل تنک	$Y=589/67X^{-1/8846}$	۰/۹۸	$f=0/9+36/3e^{0.09t}$	۰/۹۸
مرتع	$Y=157/81X^{-9802}$	۰/۸۴	$f=1.92+32e^{-0.067t}$	۰/۹۵
اراضی کشاورزی	$Y=345/51X^{-1/2353}$	۰/۹۹	$f=5.44+48.96e^{0.16t}$	۰/۹۶

در شکل ۵ معادله نفوذ کاربری‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شده و در شکل ۶ و ۷ این مقایسه تطبیقی میان نفوذ اولیه، نهایی، دامنه نفوذ، و زمان رسیدن به وضعیت اشباع در کاربری‌ها می‌باشد که هر دو نشان دهنده تفاوت بارز نفوذ در اراضی کشاورزی با سایر کاربری‌ها و نیز دامنه نفوذ بالای جنگل‌های متراکم است.



شکل ۵: نمودار مقایسه تطبیقی معادله نفوذ در کاربری‌های مختلف



شکل ۶: نمودار مقایسه تطبیقی میزان نفوذ اولیه، نهایی و دامنه نفوذ در کاربری‌های مختلف



شکل ۷: نمودار مقایسه تطبیقی زمان رسیدن به وضعیت اشباع در کاربری‌های مختلف

بحث و نتیجه گیری

بررسی نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۷۸ و نیز مقایسه‌ی تغییرات کاربری صورت گرفته در این بازه‌ی زمانی نشان دهنده‌ی تخریب کمی و کیفی پوشش گیاهی حوزه‌ی آبخیز نکارود و تبدیل جنگل‌های دارای تراکم بالا و متوسط به جنگل‌های تنک، مراتع و زمین‌های کشاورزی می‌باشد. نکته‌ی مهم این‌که عمده‌ی تغییر

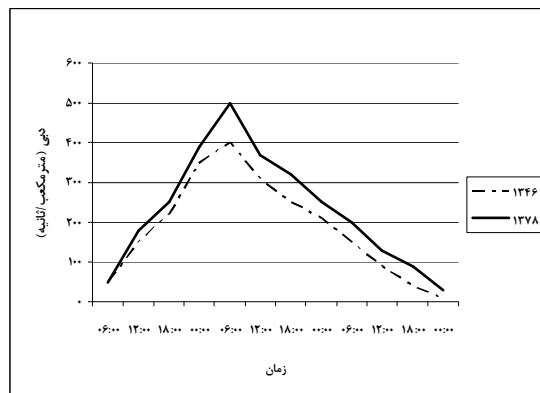
کاربری‌ها در اراضی بالا دست رخ داده که با توجه به نتایج این پژوهش مبنی بر کمتر بودن قابلیت نفوذ خاک مراتع و زمین‌های کشاورزی نسبت به جنگل‌ها، امکان وقوع سیلاب‌ها افزایش می‌یابد. به این ترتیب که در زمان وقوع بارش‌های شدید، حجم زیادی از بارش در قالب رواناب و سیلاب به سمت پایین دست جریان می‌یابد که این امر خود سبب انتقال رسوبات به اراضی زراعی و شهری پایین دست و نیز افزایش میزان فرسایش خاک‌های مرتعی و زراعی می‌گردد. بر این اساس می‌توان ادعا کرد که یکی از علل اصلی وقوع سیلاب نکا در سال ۱۳۷۸ تغییرات کاربری صورت گرفته بوده است؛ شکل‌های ۸ و ۹ که نشان دهنده‌ی تغییرات قابل توجه دبی اوج این حوزه در دو مقطع زمانی مورد مطالعه می‌باشند، تأییدی بر این مدعا هستند.

از سوی دیگر آزمون‌های آماری صورت گرفته بر روی داده‌های نفوذ، نشان دهنده‌ی وجود تفاوت آماری معنی دار میان نفوذ در خاک زمین‌های کشاورزی با سایر کاربری‌ها می‌باشد. مقایسه‌ی نمودارهای نفوذ کاربری‌های مختلف با یکدیگر نیز تأییدی بر این مدعا است (شکل ۵). همچنین تفاوت در نمودارهای نفوذ اولیه، نهایی، دامنه نفوذ و زمان رسیدن به وضعیت اشباع در کاربری‌های مختلف به دلیل تفاوت در نوع و میزان پوشش گیاهی، دخالت‌های انسانی و گستردگی تخریب‌های صورت گرفته می‌باشد. بر این اساس با توجه به یکسان بودن گروه هیدرولوژیکی خاک، کاربری‌های دارای پوشش گیاهی متراکم تر و دخالت انسانی و تخریب‌های کمتر دارای دامنه‌ی نفوذ بیشتر بوده و زمان رسیدن به وضعیت اشباع در آن‌ها بیشتر است. همچنان که کاربری جنگل متراکم دارای بیشترین دامنه نفوذ، کمترین نفوذ نهایی، نفوذ اولیه‌ی بالا و نیز بیشترین زمان اشباع خاک می‌باشد. اما بیشتر بودن میزان نفوذ اولیه در کاربری کشاورزی در مقایسه با سایر کاربری‌ها، مربوط به استفاده بیش از حد، خاک این زمین‌ها و تخریب آن‌ها است؛ در واقع تکرار عملیات کاشت، داشت و برداشت به صورت سالانه در این حوزه سبب ضعف بیش از حد خاک و خشکی آن شده و نفوذ اولیه را افزایش داده است. اما از سوی دیگر دامنه نفوذ و زمان اشباع این خاک‌ها، کمترین و نفوذ نهایی آن‌ها، بیشترین می‌باشد. وضعیت نفوذ در جنگل نیمه متراکم پس از جنگل متراکم و در وضعیتی بهتر از کاربری‌های جنگل تنک، مرتع و زمین کشاورزی قرار دارد. یکسان بودن حدودی وضعیت کاربری‌های جنگل تنک و مرتع نیز نشان دهنده‌ی دخالت بیش از حد در عرصه‌های جنگلی (تأمین سوخت، چرای دام و ...) و تخریب گونه‌های درختی می‌باشد؛ در واقع جنگل‌های تنک در وضعیت مناسبی قرار نداشته و در معرض تبدیل به مرتع یا زمین کشاورزی هستند.

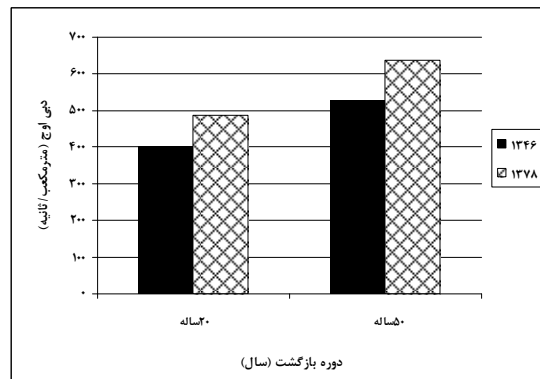
به طور کلی، مقایسه میزان، دامنه و زمان نفوذ در کاربری‌های مختلف نشان می‌دهد که در هنگام بارندگی‌های کوتاه مدت، زمین‌های کشاورزی و جنگل متراکم دارای بیشترین شدت نفوذ می‌باشند؛ حال آن که در زمان بارندگی‌های طولانی مدت، خاک کاربری کشاورزی بسیار سریع اشباع شده و بیشترین میزان رواناب را نسبت به سایر کاربری‌ها تولید می‌نماید که شخم‌های پی در پی و تخریب خاک از عوامل اصلی پدید آورنده این وضعیت می‌باشند. در واقع این تحلیل، تفاوت ساختاری نفوذپذیری در دو خاک جنگلی و کشاورزی را نشان داده و

توجه تبدیل عرصه‌های جنگلی به کشاورزی را درون یک زیست بوم پایدار رد می‌کند. بر اساس جدول ۴ نیز معادلات نمایی به دلیل دارا بودن بالاترین ضریب همبستگی، معادلات مناسبی برای داده‌های مشاهده شده نفوذ در حوزه آبخیز نکاورد می‌باشند. از سوی دیگر محاسبه‌ی معادلات نفوذ هورتون و ضریب همبستگی بالای آن‌ها برای کاربری‌های این حوزه بیان‌کننده‌ی مناسب بودن این معادله در محاسبات مرتبط با نفوذپذیری خاک در حوزه آبخیز نکاورد است.

کاهش میزان نفوذ پذیری خاک در پی تخریب و تغییر کاربری، نتیجه‌ای است که کهندل و همکاران (۱۳۸۵)، داغستانی و همکاران (۱۳۸۴)، و چایی چی و همکاران (۱۳۸۲) نیز در مطالعات و بررسی‌های خود به آن دست یافتند. هم‌چنین لارسون و الیاسون (۲۰۰۶) و شاو و همکاران (۲۰۰۶) در پی بررسی‌های خود بیان کردند که میزان نفوذپذیری خاک زمین‌های کشاورزی کمتر از خاک‌های جنگلی می‌باشد. رابطه‌ی میان تغییر کاربری اراضی و میزان نفوذ پذیری خاک نیز در مطالعاتی که توسط ونکلی در سال ۲۰۰۹، وان دیک و کنان در سال ۲۰۰۷، و یئو و همکاران در سال ۲۰۰۴ انجام شده، مورد تأکید قرار گرفته است. پوراغنیایی (۱۳۸۰) نیز افزایش دبی اوج و نوک شدن هیدروگراف را در حوزه آبخیز نکاورد در دوره بازگشت‌های ۲۰ و ۵۰ ساله نشان داده است (شکل‌های ۸ و ۹).



شکل ۸: هیدروگراف‌های ناشی از بارش با دوره بازگشت ۲۰ ساله در سال‌های ۱۳۴۶ و ۱۳۷۸



شکل ۹: روند تغییرات دبی اوج ناشی از بارش حداکثر ۲۴ ساعته با دوره بازگشت‌های ۲۰ و ۵۰ ساله در سال‌های ۱۳۴۶ و ۱۳۷۸

جمع بندی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نظر برخی از متخصصان و کارشناسان در خصوص دلیل اصلی سیل مرداد ۱۳۷۸ نکا تایید شده و تخریب اراضی بالادست و تغییر کاربری‌های بیرویه دلیل اصلی این سیل مخرب بوده است. همچنین وضعیت کنونی حوزه‌ی آبخیز نکارود، مناسب نبوده و در صورت ادامه‌ی روند تخریبات، هیدروگراف حوزه نوک تیزتر شده و احتمال وقوع سیلاب‌های سهمگین در این حوزه افزایش می‌یابد. بنابراین ضروری است که پیش از انجام هر نوع اقدام توسعه‌ای در حوزه‌ی آبخیز نکارود، توان اکولوژیک حوزه ارزیابی و مد نظر قرار گیرد. همچنین علاوه بر توجه به وضعیت جنگل‌ها و مراتع حوزه، جلوگیری از گسترش بیرویه‌ی زمین‌های کشاورزی دارای اهمیت بسیار است؛ زیرا بر اساس نتایج این پژوهش، خاک این زمین‌ها از نظر میزان نفوذ دارای تفاوت بسیار با خاک سایر کاربری‌های طبیعی می‌باشند. نکته‌ی حایز اهمیت دیگر، توجه بیشتر به جنگل‌های تنک است که وضعیت مشابه و گاه نامناسب تر آن‌ها از نظر نفوذ نسبت به مراتع نشان دهنده‌ی توجه کمتر به این جنگل‌ها می‌باشد. یکی از دلایل این امر، توان تولیدی بسیار کم و ناچیز این جنگل‌ها است که سبب توجه کمتر به آن‌ها در مقایسه با جنگل‌های دارای تراکم بیشتر شده است.

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانم از راهنمایی‌ها و همراهی‌های جناب آقای دکتر علیرضا صفری و آقای مهندس جواد پوراغنیایی سپاسگزاری و قدردانی می‌نمایم.

منابع

- ۱- پوراغنیایی، م. (۱۳۸۰): بررسی اثر تغییرات پوشش گیاهی بر رژیم سیلابی حوزه‌های آبخیز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.
- ۲- چایی چی، م.، م. محسنی ساروی و آ. ملکیان، (۱۳۸۲): اثر لگدکوبی و چرای دام بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و پوشش گیاهی مرتع. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۶، شماره ۴، صص ۴۹۱-۵۰۸.
- ۳- داغستانی، م.، ه. سبحانی، م. محسنی ساروی و م. مروی مهاجر، (۱۳۸۴): بررسی اثر قطع گروهی بر خصوصیات فیزیکی خاک جنگل. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۸، شماره ۴، صص ۷۶۹-۷۷۸.
- ۴- شریفی، ف.، غ. نوروزی. (۱۳۷۸): تحلیلی بر سیل مرداد ۱۳۷۸ مازندران و گلستان. مجله جنگل و مرتع، شماره ۴۳.
- ۵- کهندل، الف.، م. چایی چی، ح. ارزانی، م. محسنی ساروی، ق. زاهدی امیری، (۱۳۸۵): تأثیر شدت‌های چرای دام بر ترکیب پوشش گیاهی، رطوبت، مقاومت مکانیکی و نفوذپذیری خاک. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۹، شماره ۴، صص ۱۰۰۱-۱۰۱۱.

- ۶- محمدی کنگرانی، ح. (۱۳۸۳): تأثیر تخریب جنگل بر کیفیت آب‌های سطحی و نفوذپذیری خاک (مطالعه موردی حوزه آبخیز نکارود). پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۷- مهدوی، م. (۱۳۷۸): هیدرولوژی کاربردی (جلد دوم). انتشارات دانشگاه تهران.

- 8- Benyon, R., England, J., Eastham, J., Polglase, P., White, D., (2007): Tree Water Use in Forestry Compared to other Dry-Land Agricultural Crops in The Victorian Context: Report Prepared for The Department of Primary Industries Victoria to Promote Scientific knowledge in This Area. Ensis Technical Report, Pp. 50-159.
- 9- Brown, A.E., Zhang, L., McMahon, T.A., Western, A.W., Vertessy, R.A., (2005): A Review of Paired Catchment Studies for Determining Changes in Water Yield Resulting from Alterations in Vegetation. Journal of Hydrology, No. 310, Pp. 28-61.
- 10- Costa, M .H, A. Botta and J. A. Cardilie. (2003): Effects of Large Scale Changes in Land Cover on The Discharge of The Toccatas River, Southeastern Amazonia. Journal of Hydrology, No. 283, Pp. 206 – 217.
- 11- Farley, K.A., Jobba' Gy, E.G., Jackson, R.B., (2005): Effects of a Forestation on Water Yield: a Global Synthesis With Implications for Policy. Global Change Biology, No. 11, Pp. 1565-1576.
- 12- Horton, R. E. (1933): The Role of Infiltration in The Hydrology Cycle. Geophysics Union, No. 14, Pp. 446-460.
- 13- Ilyas, M.A. and E. Ried. (1993): Flood Related Damage of Bataghari Watershed, Judas Penelition of Indonesia, No. 8, Vol. 27, pp. 25-61.
- 14- Jackson, R.B., Jobba' gy, E.G., Avissar, R., Roy, S.B., Barrett, D.J., Cook, C.W., Farley, K.A., le Maitre, D.C., McCarl, B.A., Murray, B.C., (2005): Trading Water for Carbon With Biological Carbon Sequestration. Science, No. 310, Pp. 1944-1947.
- 15- Larsson, M. and S. Eliasson. (2006): The Influence of Land-Use Change, Root Abundance and Macrospores on Saturated Infiltration Rate-a Field Study on Western Java, Indonesia. Water Resources Engineering (http://www.uppsater.se/uppsats_777c6b162347.php)
- 16- Robinson, M. and A.L. Cognard-Plancq. (2003): Studies of The Impact of Forest on Peak Flows and Base Flows: a European Perspective. Forest Ecology and Management, No. 186, Pp. 85-97.
- 17- Shaw, J. N., I. Fesha, D. Wayne Reeves, C. Wesley Wood, Y. Feng and M. Lee Norfleet. (2006): Soil Change in Southeastern USA Ultisols. 18 th World Congress of Soil Science; July 9-15, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- 18- Van Dijk, A. I. J. M., Keenan, R. J., (2007): Planted Forests and Water in Perspective. Forest Ecology and Management, No. 251, Pp. 1-9.
- 19- Vankley, J.K. (2009): Managing Water Use From Forest Plantations. Forest Ecology and Management, No. 257, Pp. 385-389.
- 20- Yeo, I., S. I. Gordon and J. Guldmann. (2004): Optimizing Patterns of Land Use to Reduce Peak Runoff Flow and Non Point Source Pollution With an Integrated Hydrological and Land-Use Model. AMS Online Journals Access Control, No. 8, Vol. 6, Pp. 1-20.