

بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل رودخانه زاینده‌رود در محدوده شهری اصفهان

عطااله ابراهیمی^۴

محمد شایان نژاد^۳

حسین صمدی^۲

پگاه بهنام^۱

پذیرش ۹۱/۵/۲۰

دریافت ۹۰/۸/۳۰

چکیده

کاربری اراضی از جمله عواملی است که بر چرخه طبیعی آب در اکوسیستم اثر می‌گذارد. تحقیق حاضر با هدف تعیین اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل رودخانه زاینده‌رود در محدوده شهری اصفهان انجام شد. نقشه کاربری اراضی حوضه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (TM+) ۱۹۹۰، تصویر IRS سال ۲۰۰۸ و به کمک نرم افزار ENVI تعیین گردید. در مرحله بعد شبیه‌سازی وقایع بارش-رواناب به کمک روش SCS انجام گرفت و پارامترهای هیدرولوژیکی زیر حوضه‌ها واسنجی گردید. نتایج نشان داد که متوسط ضریب تلفات اولیه در حوضه مطالعاتی ۰/۲۱ است. همچنین هیدروگراف بارشهای طرح شبیه‌سازی شده از تلفیق GIS و مدل HEC-HMS نشان داد که اثر تغییر کاربری اراضی در دبی پیک سیلاب با افزایش دوره بازگشت سیل، کاهش می‌یابد به طوری که در دوره بازگشت ۵ ساله، دبی اوج کل حوضه در محل خروجی از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۷، ۳۹/۹ درصد افزایش یافته ولی در دوره بازگشت ۲۰۰ ساله تنها ۱۰/۳ درصد افزایش داشته است.

واژه‌های کلیدی: کاربری اراضی، هیدروگراف سیل، زاینده‌رود، مدل HEC-HMS

Evaluation of Impacts of Land Use Changes on Zayandehroud River Flood Hydrograph in Isfahan Region

Pegah Behnam¹

Hossein Samadi²

Mohammad Shayannejad³

Attaollah Ebrahimi⁴

(Received Nov. 20, 2011 Accepted Aug. 10, 2012)

Abstract

Land use is one of the most important that effect on the natural cycle of water. The present study evaluates land use changes effect on Zayandehroud river flood hydrograph in Isfahan region. The land used map of the studied basin was obtained from ETM(+) 1990 Landsat and IRS 2008 satellite images using ENVI software. Runoff-rainfall events were also simulated using SCS model and the model was calibrated based on the measured hydrographs. The results showed that the coefficient of the SCS model should be considered by 0.21 for the basin. Also the hydrograph obtained from the coupled HEC-HMS model and GIS tools showed that effect of the land use change in the flood peak flow may be decreased with increasing the return period of the floods. For example for 5 year flood, the peak discharge from year 1990 to 2008 to be increased by 39.9 % but for the 200 year flood, the value was obtained at 10.3 %.

Keywords: Land Use, Flood Hydrograph, Zayandehroud River, HEC-HMS Model.

1. M.Sc. of Hydraulic Structures, Shahrekord University, Shahrekord
(Corresponding Author) 09393809546 P.behnam96@yahoo.com

2. Assist. Prof. of Water Eng., Shahrekord University, Shahrekord

3. Assoc. Prof. of Water Eng., College of Agriculture, Isfahan University of Tech.,
Isfahan

4. Assist. Prof. of Rangeland and Watershed, Shahrekord University, Shahrekord

۱- کارشناس ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه شهرکرد (نویسنده مسئول) ۰۹۳۹۳۸۰۹۵۴۶
P.behnam96@yahoo.com

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه شهرکرد

همچنین حجم سیل به میزان ۱۰ درصد ناشی از این توسعه افزایش یافته است [۵].

بران^۱ و باند^۲ اثر تغییر کاربری و توسعه مناطق شهری بر رفتار هیدرولوژیک حوضه گیانزفالز واقع در ایالات متحده آمریکا را با استفاده از تلفیق Arc View GIS و مدل هیدرولوژیک HSPF مورد ارزیابی قرار داده‌اند. نتایج نشان داده است که این تغییر کاربری باعث کاهش حدود ۲۰ درصد در دبی پایه حوضه شده است. همچنین آنها به این نتیجه رسیدند که آستانه تأثیر شدید توسعه مناطق شهری بر افزایش ضریب رواناب حوضه وقتی است که حدود ۲۰ درصد سطح حوضه شامل مناطق غیر قابل نفوذ گردد و چون حوضه مورد مطالعه آنها به این آستانه نرسیده بود، تغییر چندان زیادی در ضریب رواناب مشاهده نشده است [۶].

شیدر و همکاران^۳ با مطالعه در سه حوضه کوچک واقع در ایالات متحده آمریکا، اثر توسعه اراضی شهری را بر واکنش هیدرولوژیک مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داده است که با توسعه اراضی شهری، شماره منحنی حوضه افزایش یافته و زمان تاخیر حوضه، کاهش می‌یابد. در نتیجه، واکنش هیدرولوژیک حوضه به وقوع بارندگی، سریع‌تر شده و دبی اوج بیشتری تولید می‌شود. همچنین آنها منشأ دبی اوج هیدروگراف سیل را تفکیک نموده و بیان کردند که منشأ رواناب در پیک‌های سریع، اراضی شهری است و پیک‌های تأخیری هیدروگراف ناشی از رواناب اراضی طبیعی (غیر شهری) است [۷].

گان و همکاران^۴ در مطالعه خود در محیط Arc و L-THIA View GIS، مقدار رواناب سالانه را در هر سناریو به دست آورده‌اند. نتایج نشان داده است که با توسعه مناطق شهری، میزان رواناب سالانه افزایش خواهد یافت ولی بین سناریو کاربری فعلی با کاربری مناسب، اختلاف زیادی در مقدار رواناب مشاهده نشد. آنها به این نتیجه رسیدند که در بین عوامل مؤثر در تولید رواناب، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک نسبت به کاربری اراضی دارای نقش مؤثرتری هستند. بنابراین در طرح‌های توسعه مناطق شهری باید به نقش گروه‌های هیدرولوژیکی خاک توجه بیشتری شود [۸].

یکی از مسائلی که در حوضه زاینده‌رود اتفاق افتاده توسعه قابل توجه شهرسازی به‌ویژه در محدوده اصفهان است. لذا در این تحقیق با تفسیر تصاویر ماهواره‌ای در دو بازه زمانی سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۷ در محدوده شهری اصفهان بین دو ایستگاه آب‌سنجی موسیان و پل جوم، تأثیر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل رودخانه زاینده‌رود مورد ارزیابی قرار گرفت.

عوامل متعددی در بروز سیل در یک منطقه مؤثر است. وقوع سیل علاوه بر اینکه تابع وقایع اقلیمی به‌ویژه مقدار، شدت، توزیع مکانی و زمانی بارندگی است، تحت تأثیر ویژگی‌های مختلف حوضه آبخیز مانند کاربری اراضی و دخالت انسان نیز است. افزایش سطوح نفوذ ناپذیر حوضه که ناشی از شهرسازی و احداث انواع سازه‌ها بر خاکهای نفوذپذیر است، به‌طور طبیعی از میزان سطوح نفوذپذیر که قادر به جذب بخشی از بارندگی هستند، می‌کاهد. حاصل این تغییرات، توسعه زهکشی حوضه، کوتاه شدن زمان تمرکز و افزایش شدت آبدهی سیلابهای حوضه خواهد بود [۱].

تغییر شرایط طبیعی در حوضه آبخیز در مناطق مختلف بسیار زیاد است و کنترل و اندازه‌گیری تمام آن عوامل تقریباً غیر ممکن است، به‌همین دلیل استفاده از مدل‌های هیدرولوژیک برای کشف روابط حاکم بین پدیده‌های مختلف بسیار متداول است. در این زمینه برخی مطالعات در ایران و جهان صورت گرفته که از آن میان می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

پوراغانی با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره لندست و پردازش آن‌ها در محیط GIS به کمک نرم‌افزار Idrisi، نقشه پوشش گیاهی حوضه نکارود را تهیه نموده و روند افزایش دبی اوج و حجم سیلاب حوضه در طی سالهای ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۹ را به دست آورده است. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش دوره بازگشت سیل، تأثیر تغییر کاربری اراضی کاهش می‌یابد [۲].

خسروشاهی و ثقفیان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM، نقشه پوشش گیاهی حوضه آبخیز دماوند را تهیه نموده و سیل‌خیزی زیر حوضه‌ها با توجه به مشارکت آنها در دبی خروجی کل حوضه را اولویت‌بندی نموده‌اند [۳].

شوشتری و همکاران برای تعیین هیدروگراف سیل در حوضه رودخانه کر و سیوند با مساحت ۱۶۶۸۵ کیلومترمربع از مدل HEC-HMS استفاده نموده‌اند. آنها برای تعیین تلفات بارش از روش SCS کمک گرفته و هیدروگراف حوضه را با استفاده از روش هیدروگراف واحد شناسید به دست آورده‌اند. نتایج مطالعه مؤید قابلیت‌های مدل HEC-HMS در پیش‌بینی هیدروگراف سیل بوده است [۴].

آشوری و همکاران با پردازش تصاویر ماهواره‌ای حوضه آبریز رودخانه دارآباد شمال تهران مربوط به سالهای ۱۹۹۸ و ۲۰۰۲ و تعیین CN در هر دو مورد با استفاده از الحاقیه HEC-Geo HMS و مدل HEC-HMS پدیده بارش رواناب را برای شرایط قبل و بعد از توسعه شهری شبیه‌سازی نموده‌اند. نتایج نشان داد که به ازای توسعه شهری به میزان ۸ درصد و افزایش پیک سیلاب به میزان ۹ تا ۲۰ درصد، زمان پایه به میزان ۱۰ دقیقه کاهش یافته است.

1 Brun

2 Band

3 Sheeder et al.

4 Gun et al.

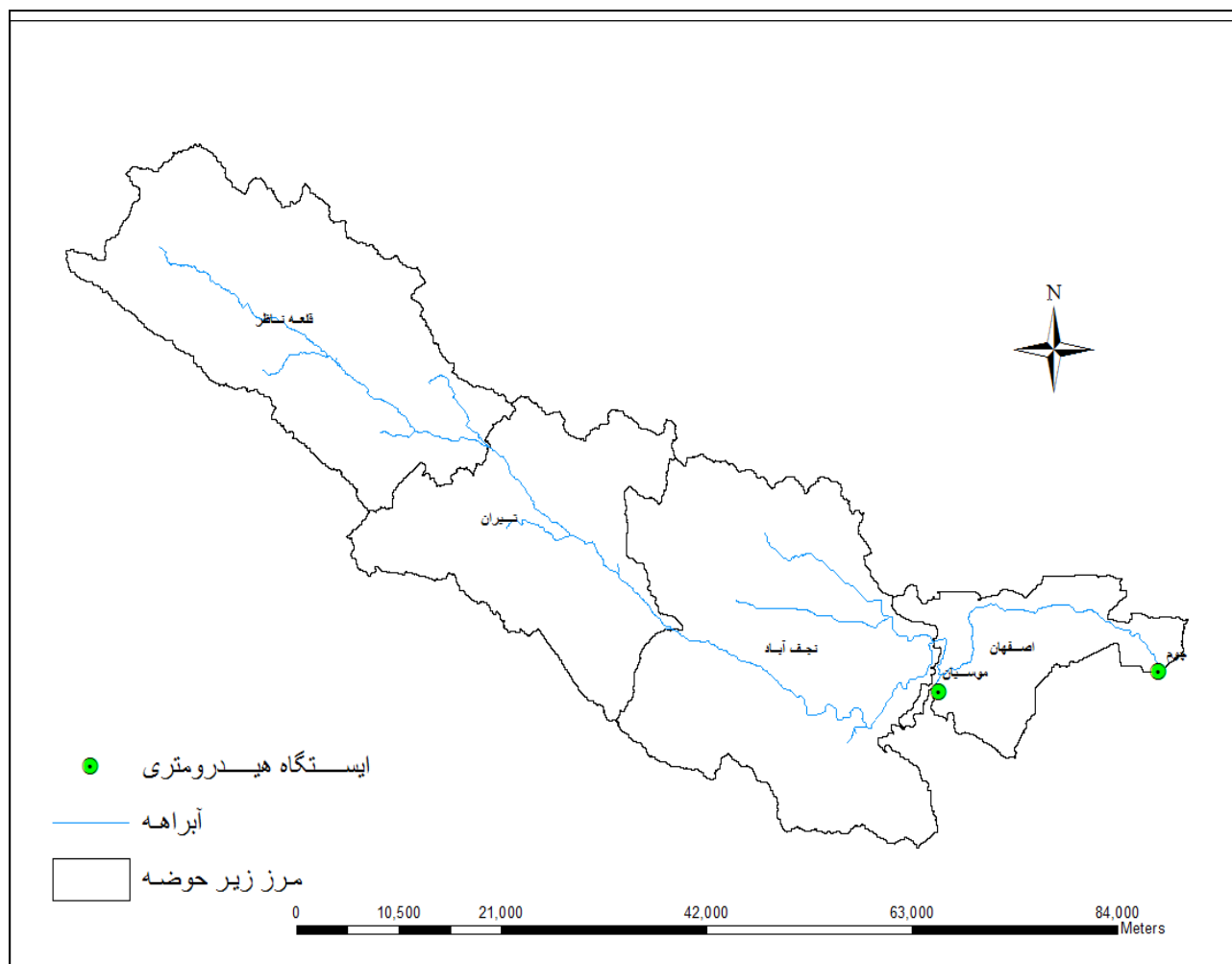
۲- مواد و روشها

در این تحقیق، ابتدا نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ شیت‌های اصفهان، نجف‌آباد، تیران، خمینی‌شهر، فلاورجان، لنجان، فریدن تهیه گردید. نقشه‌های مذکور در محیط GIS 9.3 رقومی شد و با استفاده از روش شبکه نامنظم مثلثی (TIN)، در محیط همین نرم‌افزار مدل رقومی ارتفاعی حوضه تهیه و با استفاده از تحلیلهای سلولی، حوضه طرح استخراج شد. حوضه مورد مطالعه بر اساس توپوگرافی و شبکه آبراه‌ها به ۴ زیرحوضه تقسیم شد که شکل ۱ موقعیت این حوضه و زیرحوضه‌های آن را در استان اصفهان نشان می‌دهد. این حوضه در محدوده جغرافیایی UTM ۳۶۰۳۵۳۶ تا ۳۶۰۳۷۴۸ عرض شمالی و ۵۴۹۷۷۳ تا ۵۷۲۲۶۷ طول شرقی قرار دارد. خصوصیات فیزیوگرافیک مهم مانند مساحت و شیب متوسط حوضه با تکیه بر DEM حوضه استخراج شد (جدول ۱). شیب متوسط کل حوضه برابر ۴/۱۸ درصد و ارتفاع متوسط آن در حدود ۲۲۶۹ متر است. از جدول ۱ می‌توان برداشت نمود که از

بالادست به طرف پایین‌دست حوضه از میزان شیب کاسته شده و با پیشروی به سمت پایین‌دست، پستی و بلندی‌ها به دشت تبدیل می‌شوند.

برای تهیه اطلاعات بارش و دبی از ایستگاههای آب‌سنجی موسیان و پل‌چوم و ۱۱ ایستگاه هواشناسی داخل و مجاور حوضه مطالعاتی استفاده شد. سپس نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک حوضه با استفاده از نقشه‌های خاکشناسی موجود، عملیات صحرایی و انجام محاسبات لازم تهیه شد و به‌صورت رقومی به مجموعه داده‌ها در محیط GIS اضافه شد.

برای تهیه نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۶۹ از تصویر ماهواره لندست (TM+)، مارس ۱۹۹۰ و برای تهیه نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۷ از تصویر ماهواره‌ای IRS (LISS) مربوط به آوریل ۲۰۰۸ و عملیات میدانی استفاده شد. سپس در محیط نرم‌افزار ENVI 4.3 با اعمال پردازش تصویری لازم مانند تصحیحات اتمسفری به‌روش کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره (متد چاوز)



جدول ۱- خصوصیات فیزیوگرافیک زیرحوضه‌ها

پارامتر	زیر حوضه	ناظر	تیران	نجف آباد	اصفهان	کل حوضه
مساحت (کیلومتر مربع)	۷۱۶/۳	۵۰۸/۸	۸۱۱/۹	۲۴۹/۶	۲۲۸۶	
محیط (کیلومتر)	۲۰۷/۷۰	۱۸۸/۱۰۰	۲۰۹/۴۰	۱۴۵/۴۰	۷۵۰/۶۰	
ارتفاع حداکثر (متر)	۳۶۰۰	۲۸۰۰	۲۴۰۰	۲۳۰۰	۳۶۰۰	
ارتفاع حداقل (متر)	۲۰۰۰	۱۸۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	
شیب متوسط وزنی (درصد)	۵/۳	۴/۱	۳/۷	۲/۲	۴/۱۸	
شیب متوسط وزنی آبراهه‌ها (درصد)	۱/۹	۱/۶	۱/۲	۰/۴	۱/۱	
طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	۶۰/۶	۲۸/۸	۴۲/۶	۴۲/۵	۱۳۶/۳	
ضریب گراویلیوس	۲/۱۷	۲/۳۳	۲/۰۵	۲/۵۸	۴/۳۹	
طول مستطیل معادل (کیلومتر)	۹۶/۴۲	۸۸/۳	۹۶/۲۸	۶۹/۱	۳۶۹/۱	
عرض مستطیل معادل (کیلومتر)	۷/۴۲	۵/۷۵	۸/۴۲	۳/۶۰	۶/۱۹	

رویداد تهیه و مقدار بارش متوسط در هر زیر حوضه به‌عنوان بارش مولد سیلاب تعیین شد. لازم است که توزیع زمانی بارش نیز مشخص شود تا هیتوگراف هر بارش مولد سیل، تعیین و به مدل HMS وارد شود. در این حوضه از آمار ایستگاه باران سنجی ثبات اصفهان استفاده شده است.

برای ارائه مدل بارش-رواناب از روش شماره منحنی SCS استفاده شد. مقدار CN هر زیرحوضه به‌صورت وزنی بر اساس مساحت هر واحد همگن، با توجه به میزان بارندگی ۵ روز قبل برای وضعیت رطوبت پیشین خشک محاسبه شده و پارامتر شماره منحنی در طول کالیبراسیون بدون تغییر نگه داشته شد. با انجام عملیات میدانی و مقطع برداری از بازه‌های روندیابی سیل، محاسبه طول آبراهه‌ها و شیب طولی در محیط Arc View و ضریب زبری با استفاده از رابطه مانینگ خصوصیات هیدرولیکی آبراهه‌ها تعیین شد و برای روندیابی از روش ماسکینگام کونژ^۱ استفاده شده است. حوضه بالادست ایستگاه هیدرومتری پل چوم شامل زیر حوضه‌ها است که با استفاده از رویدادهای اول و دوم مدل واسنجی گردید. سپس از نتیجه کالیبراسیون آنها میانگین گرفته شده و پارامترهای بهینه در هر زیر حوضه به‌دست آمد. برای رویدادهای سیل اول و دوم با در نظر گرفتن ضریب ۰/۲ برای محاسبه تلفات اولیه و منظور کردن زمان تأخیر محاسباتی مدل HMS اجرا شد. سپس پارامترهای تلفات اولیه و زمان تأخیر به تنهایی و با یکدیگر در ایستگاه پل چوم با انواع توابع هدف موجود در مدل HMS واسنجی شد. بنابراین با توجه به مقدار اختلاف بین دبی اوج، حجم سیل و زمان رسیدن به اوج بین دو هیدروگراف مشاهده شده و شبیه‌سازی شده، بهترین تابع هدف انتخاب گردید. در مرحله بعد

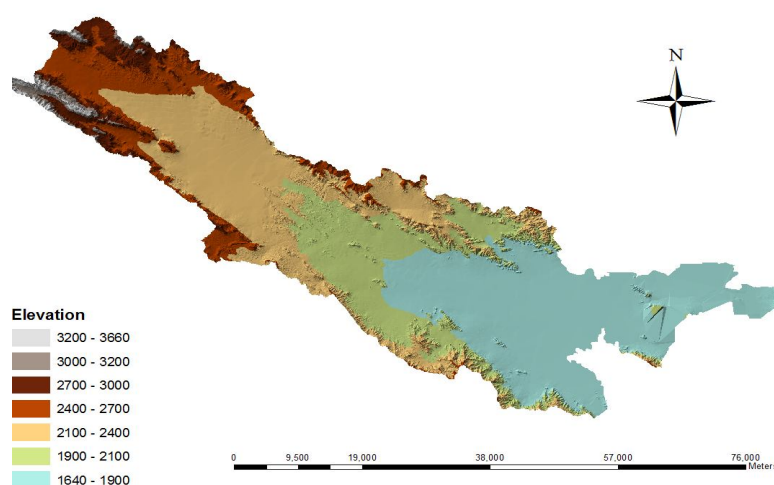
و هندسی بر روی تصویر و طبقه‌بندی با نظارت و الگوریتم حداکثر احتمال تصویر طبقه‌بندی گردید. ارزیابی خطا و برآورد دقت طبقه‌بندی معمولاً بر اساس پارامترهای آماری است که از ماتریس خطا استخراج می‌شود. ضریب کاپا (K) به‌منظور خلاصه کردن اطلاعات ایجاد شده به‌وسیله ماتریس خطا به کار برده می‌شود. در این تحقیق با استفاده از ۱۳۷ نقطه کنترل زمینی انتخاب شده در مطالعات صحرایی، نقشه کاربری حوضه مطالعه در سالهای ۱۳۶۹ و ۱۳۸۷ به ترتیب با دقت کلی ۸۳/۴۴ درصد و ۷۸/۱۳ درصد و ضریب کاپا برابر با ۰/۷۶ و ۰/۷۰ تهیه گردید و در قالب یک لایه اطلاعاتی وارد محیط GIS شد و به این ترتیب مساحت هر کاربری محاسبه شد (جدول ۲). در زیر حوضه‌های اصفهان، نجف‌آباد، تیران و قلعه ناظر بیشترین میزان افزایش سطح به‌ترتیب در مناطق شهری، مراتع ضعیف و زراعت رخ داده است و بیشترین میزان کاهش سطح به‌ترتیب در زراعت، باغات، مراتع متراکم و مراتع ضعیف مشاهده شده است. شکل ۲ نقشه مدل ارتفاعی رقومی و شکل ۳ نقشه‌های کاربری اراضی سالهای ۱۳۶۹، ۱۳۸۷ حوضه مطالعاتی را نشان می‌دهد.

در مرحله بعد با به‌کارگیری مدل بارش-رواناب، میزان تأثیر تغییرات کاربری اراضی در تشدید رواناب در سطح حوضه مورد مطالعه قرار گرفت. برای ارائه مدل بارش-رواناب از مدل هیدرولوژیک HEC-HMS استفاده شد. برای کالیبراسیون مدل، هیدروگراف سیلابهای ایستگاههای هیدرومتری موسیان (ورودی) و چوم (خروجی) جمع‌آوری شد و سه رویداد اتفاق افتاده در تاریخهای ۸۵/۱/۱۰، ۸۵/۲/۷ و ۸۶/۱/۲۴، که هم‌زمان در هر دو ایستگاه هیدرومتری دارای بارش ثبت شده بودند، انتخاب گردید. با استفاده از روش چند ضلعی تیسسن در محیط Arc View GIS، توزیع مکانی بارش در سطح حوضه برای این سه

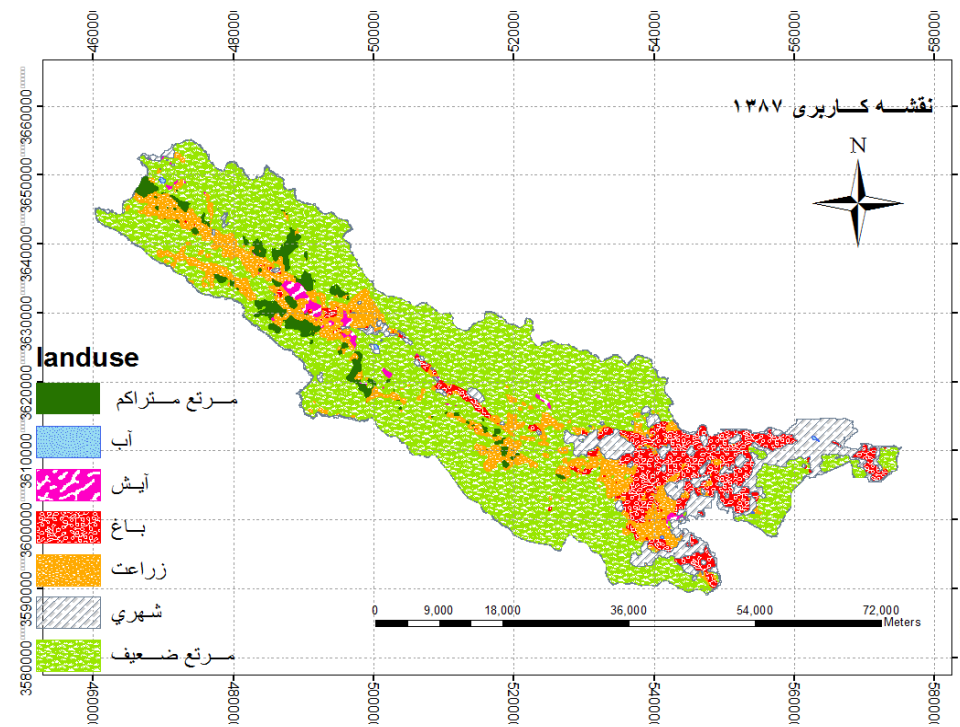
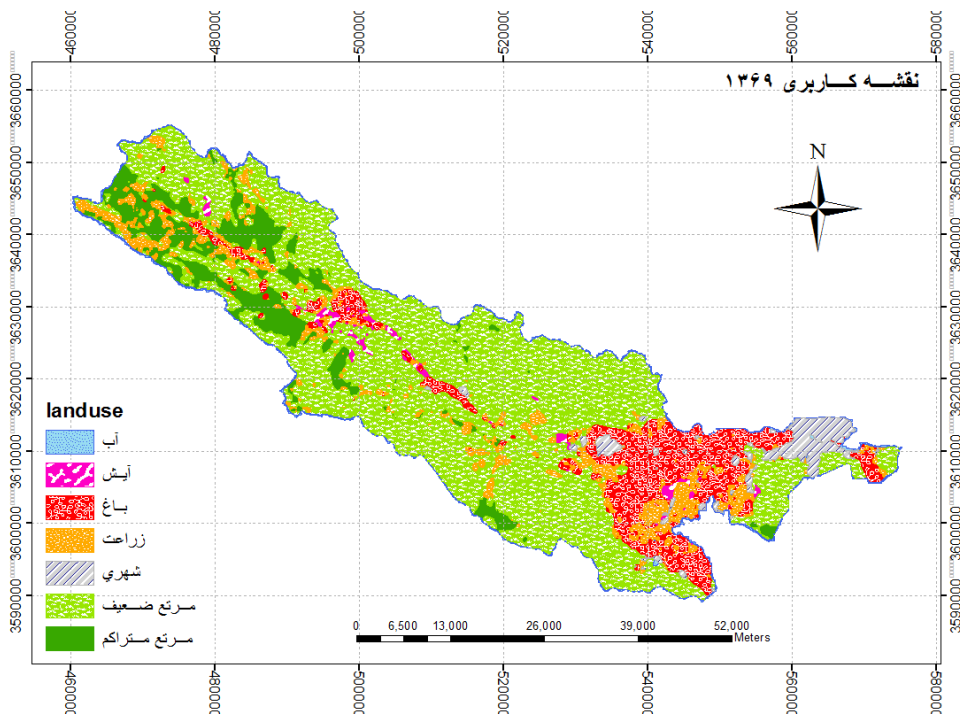
¹ Muskingum-Cunge

جدول ۲- سهم مساحت انواع کاربری اراضی حوضه در سال های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۷ بر حسب درصد

درصد مساحت تغییر یافته	مساحت ۱۳۸۷		مساحت ۱۳۶۹		کاربری	زیر حوضه
	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد		
+۰/۸	۲۱/۴۸	۳/۰۰	۱۵/۷۵	۲/۲۰	شهری	قلعه ناظر
-۱/۱۷	۱۸/۲۶	۲/۵۵	۲۶/۶۴	۳/۷۲	باغ	
+۵/۳۴	۱۳۳/۸۱	۱۸/۶۸	۹۵/۵۵	۱۳/۳۴	زراعت	
+۲/۳۴	۴۶/۷۰	۶/۵۲	۲۹/۹۴	۴/۱۸	آیش	
-۰/۱۲	۲۲۲/۹۲	۳۱/۱۲	۲۲۳/۷۸	۳۱/۲۴	مرتع متراکم	
-۷/۱۹	۲۷۳/۱۳	۳۸/۱۳	۳۲۴/۶۴	۴۵/۳۲	مرتع ضعیف	
+۰/۳۴	۱۵/۶۹	۳/۰۹	۱۳/۹۷	۲/۷۵	شهری	تیران
-۰/۳۶	۱۲/۴۴	۲/۴۵	۱۴/۲۷	۲/۸۱	باغ	
+۵/۱۶	۵۹/۴۰	۱۱/۷۱	۳۳/۲۷	۶/۵۵	زراعت	
+۰/۸۷	۲۵/۴۵	۵/۰۱	۲۱/۰۳	۴/۱۴	آیش	
-۱۳/۸۷	۴۹/۰۴	۹/۶۵	۱۱۹/۵۵	۲۳/۵۳	مرتع متراکم	
۷/۸۶	۳۵۴/۹۳	۶۸/۰۸	۳۰۵/۹۶	۶۰/۲۲	مرتع ضعیف	
+۳/۹۴	۶۲/۶۸	۷/۷۲	۳۰/۶۹	۳/۷۸	شهری	نجف آباد
-۵/۶۰	۷۶/۷۳	۹/۴۵	۱۲۲/۲۰	۱۵/۰۵	باغ	
+۱/۶۱	۱۰۳/۹۳	۱۲/۸	۹۰/۸۵	۱۱/۱۹	زراعت	
-۱/۹۰	۱۷/۹۴	۲/۲۱	۳۳/۳۷	۴/۱۱	آیش	
-۱/۷۹	۶۹/۴۲	۸/۵۵	۸۳/۹۵	۱۰/۳۴	مرتع متراکم	
+۳/۷۴	۴۸۱/۲۵	۵۹/۲۷	۴۵۰/۸۸	۵۵/۵۳	مرتع ضعیف	
+۹/۶۳	۵۸/۷۹	۲۳/۵۵	۳۴/۷۵	۱۳/۹۲	شهری	اصفهان
-۱/۵۲	۵۹/۸۲	۲۳/۹۶	۶۳/۶۱	۲۵/۴۸	باغ	
-۶/۱۰	۳۳/۵۳	۱۳/۴۳	۴۸/۷۶	۱۹/۵۳	زراعت	
-۳/۳۱	۴/۴۱	۱/۷۷	۱۲/۶۸	۵/۰۸	آیش	
-۱/۴۹	۱۹/۸۲	۷/۹۴	۲۳/۵۴	۹/۴۳	مرتع متراکم	
۲/۷۹	۷۳/۲۷	۲۹/۳۵	۶۶/۳۱	۲۶/۵۶	مرتع ضعیف	
+۲/۷۷	۱۵۸/۶۷	۶/۹۴	۹۵/۱۷	۴/۱۶	شهری	کل حوضه
-۲/۶۰	۱۶۷/۲۶	۷/۳۱	۲۲۶/۷۴	۹/۹۱	باغ	
+۲/۷۲	۳۳۰/۷۶	۱۴/۴۶	۲۶۸/۴۵	۱۱/۷۴	زراعت	
-۰/۱۰	۹۴/۵۲	۴/۱۳	۹۷/۰۳	۴/۲۴	آیش	
-۳/۹۲	۳۶۱/۲۱	۱۵/۸۰	۴۵۰/۸۳	۱۹/۷۲	مرتع متراکم	
+۱/۱۲	۱۱۷۳/۶۰	۵۱/۳۷	۱۱۴۷/۸۰	۵۰/۲۰	مرتع ضعیف	



شکل ۲- نقشه مدل رقمی ارتفاعی حوضه مطالعاتی



شکل ۳- نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۷

هیدرولوژیکی خاک و DEM، حوضه با مقادیر بهینه ضرائب تلفات اولیه و زمان تأخیر و مقادیر شماره منحنی‌های به دست آمده بر اساس نقشه‌های کاربری با ورود هیتوگراف بارش مربوط به دوره بازگشت‌های مختلف، بر پایه منحنی شدت، مدت و فراوانی مربوط به ایستگاه اصفهان هیدروگراف سیلاب برای دوره بازگشت‌های مختلف شبیه سازی گردید.

کارایی مدل هیدرولوژیک کالیبره شده با مقایسه نتایج به دست آمده از به کارگیری مدل برای شبیه سازی واقعه سوم، با هیدروگراف سیلاب ثبت شده مورد تأیید قرار گرفت. پس از انجام واسنجی و اعتبار سنجی مدل جهت بررسی اثر تغییر کاربری اراضی در دو مقطع زمانی سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۷ بر پاسخ هیدرولوژی حوضه با ثابت در نظر گرفتن داده اقلیمی (بارش)، نقشه گروه

۳- نتایج و بحث

بررسی نتایج نشان داد که در تمام زیر حوضه، وسعت اراضی شهری افزایش پیدا کرده است. اما این تغییرات به طور یکنواخت در سطح حوضه روی نداده است و در زیر حوضه‌های اصفهان و نجف آباد دارای شدت بیشتری است؛ به طوری که به ترتیب از ۹/۶۳ و ۳/۹۴ درصد مساحت زیر حوضه به وسعت اراضی شهری افزوده شده است. مقدار CN وزنی محاسبه شده برای هر زیر حوضه در وضعیت رطوبتی خشک برای دوره‌های قدیم و جدید در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که تغییر کاربری اراضی در طی دوره ۱۸ ساله، سبب تغییر در توزیع مکانی CN شده است. متوسط وزنی CN کل حوضه در سالهای ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۷ به ترتیب از ۶۶/۹ به ۶۸/۵ تغییر یافته است. کمترین درصد تغییر شماره منحنی از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۷ در زیر حوضه قلعه ناظر دیده می‌شود که علت آن کمتر بودن تغییرات کاربری در این دوره است. بیشترین درصد تغییرات در زیر حوضه اصفهان دیده می‌شود که در آن بیشترین تبدیل زراعی به شهری دیده می‌شود.

جدول ۳- شماره منحنی زیر حوضه‌ها در سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۷ و تغییرات آن

زیر حوضه	شماره منحنی سال ۱۳۶۹	شماره منحنی سال ۱۳۸۷	درصد تغییرات از ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۷
قلعه ناظر	۶۵/۴۷	۶۵/۴۸	۰/۰۱
تیران	۶۷/۴۴	۶۹/۷۲	۳/۳۸
نجف آباد	۶۷/۶۶	۶۹/۹۴	۳/۳۶
اصفهان	۶۷/۴۴	۷۰/۴۲	۴/۴۱

کالیبراسیون مدل HEC-HMS نشان می‌دهد که در حوضه مطالعاتی، تنها ضریب ذخیره و تلفات اولیه نیاز به بهینه‌سازی دارند و پارامتر زمان تأخیر نیازی به کالیبراسیون ندارد و می‌توان از مقادیر محاسباتی استفاده نمود. میانگین تلفات اولیه در زیر حوضه‌ها معادل $S = 0.21$ (پتانسیل نگهداشت آب) و بین ۴۰/۷۱ تا ۱۷/۶۲ میلی‌متر در زیر حوضه‌ها تغییر می‌کند (جدول ۴). با استفاده از پارامترهای بهینه شده، مدل با رویداد سیل سوم در ایستگاه پل چوم اعتباریابی شد و نتایج اعتباریابی نشان داد که مدل با اختلاف ۰/۱ درصد در دبی اوج قادر است در همانند سازی بارش-رواناب در حوضه مورد بررسی به کار رود (جدول ۵).

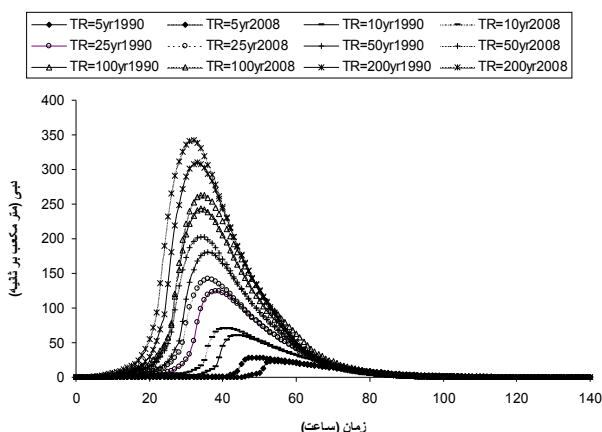
مقایسه هیدروگراف سیلاب در تمام دوره‌های بازگشت نشان می‌دهد که میزان دبی پیک و حجم سیل برای کاربری سال ۱۳۸۷ بیشتر از کاربری‌های اراضی سال ۱۳۶۹ است که تأیید کننده تغییر کاربری اراضی و افزایش مقدار CN است (شکل ۴). مطابق جدول ۶ این افزایش در دوره بازگشت‌های پایین مشهودتر است و با

جدول ۴- مقادیر بهینه ضرایب تلفات اولیه

زیر حوضه	ضریب تلفات
قلعه ناظر	۰/۰۹
تیران	۰/۱۴
نجف آباد	۰/۲۰
اصفهان	۰/۱۵

جدول ۵- نتایج اعتباریابی مدل HMS در رویداد سوم

پارامتر	مشاهده شده	شبیه‌سازی شده
دبی اوج به مترمکعب بر ثانیه	۲۸/۵۵	۲۸/۸۰
حجم سیل به هزارمتر مکعب	۱۶۰۸/۱۲	۱۹۳۵/۴۰
زمان رسیدن به اوج	۵:۰۰ اردیبهشت	۷:۰۰ اردیبهشت



شکل ۴- مقایسه هیدروگراف سیلاب ارزیابی سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۷

با افزایش دوره بازگشت سیل، تأثیر تغییر کاربری اراضی بر واکنش هیدرولوژیک حوضه کاهش می‌یابد، به طوری که دبی اوج کل حوضه در محل پل چوم در دوره بازگشت ۵ ساله، ۳۰/۹ درصد ولی در دوره بازگشت ۲۰۰ ساله ۱۰/۳ درصد افزایش می‌یابد [۱]. ۲ و ۹]. این به دلیل آن است که در یک بارش معین، زمانی پیک سیلاب افزایش می‌یابد که یا مدت زمان بارش و یا شدت آن افزایش یابد، که هر دو باعث اشباع شدن خاک سطح حوضه می‌شود و زمانی که خاک اشباع شود نوع کاربری اراضی، تأثیر کمتری بر میزان رواناب ایجاد شده در اثر بارندگی دارد. زمان رسیدن به پیک سیلاب از ۱ تا ۹ ساعت برای دوره بازگشت‌های مختلف و به طور میانگین به اندازه ۳ ساعت در سال ۱۳۸۷ نسبت به سال ۱۳۶۹ کاهش یافته است. در نتایج شبیه‌سازی مدل HEC-HMS نیز مشاهده می‌شود که در بین زیر حوضه‌ها، زیر حوضه قلعه ناظر با حداقل شماره منحنی در سال ۱۳۶۹ دارای بیشترین دبی پیک سیلاب می‌باشد که دلیل آن شدت و مقدار بارندگی بیشتر در این ناحیه است. ولی در سال ۱۳۸۷ وضعیت کاربری اراضی نجف آباد و موقعیت آن باعث شده است که در بین زیر حوضه‌ها، زیر حوضه نجف آباد دارای بیشترین دبی پیک سیلاب باشد. بررسی تغییر دبی

جدول ۶- مقایسه دبی اوج با دروه بازگشت های مختلف در دو دوره

زیرحوضه	سال تصویربرداری	دوره بازگشت به سال				
		۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰
قلعه ناظر	۱۳۶۹	۱۶/۴	۳۶/۰	۶۴/۷	۸۷/۳	۱۱۰/۷
	۱۳۸۷	۱۶/۴	۳۶/۱	۶۴/۷	۸۷/۴	۱۱۰/۸
	درصد تغییرات	۰/۰	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۰
تیران	۱۳۶۹	۹/۴	۲۱/۲	۴۰/۵	۵۷/۶	۷۶/۲
	۱۳۸۷	۱۴/۵	۲۸/۶	۵۰/۷	۶۹/۸	۹۰/۷
	درصد تغییرات	۵۴/۲	۳۴/۹	۵۲/۱	۲۱/۱	۱۹/۰
نجف آباد	۱۳۶۹	۱۴/۲	۲۸/۸	۵۲/۷	۷۳/۷	۹۷/۰
	۱۳۸۷	۲۰/۷	۳۸/۴	۶۶/۲	۹۰/۲	۱۱۶/۳
	درصد تغییرات	۴۵/۷	۳۳/۳	۲۵/۶	۲۲/۳	۱۹/۸
اصفهان	۱۳۶۹	۰/۶	۲/۵	۶/۶	۱۰/۵	۱۵/۱
	۱۳۸۷	۱/۹	۵/۰	۱۰/۵	۱۵/۶	۲۱/۳
	درصد تغییرات	۲۱۶/۶	۱۰۰/۰	۵۹/۰	۴۸/۵	۴۱/۰
کل حوضه	۱۳۶۹	۲۳/۳	۶۱/۴	۱۲۷/۳	۱۸۴/۶	۲۴۷/۵
	۱۳۸۷	۳۰/۵	۷۳/۳	۱۴۵/۴	۲۰۷/۶	۲۷۴/۸
	درصد تغییرات	۳۰/۹۰	۱۹/۳۸	۱۴/۲۱	۱۲/۴۵	۱۱/۰۳

۰/۲۱ است. همچنین هیدروگراف بارشهای طرح شبیه سازی شده از تلفیق GIS و مدل نشان داد که اثر تغییر کاربری اراضی در دبی پیک سیلاب با افزایش دوره بازگشت سیل، کاهش می یابد به طوری که در دوره بازگشت ۵ ساله، دبی اوج کل حوضه در محل خروجی از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۷، ۳۹/۹ درصد افزایش یافته ولی در دوره بازگشت ۲۰۰ ساله تنها ۱۰/۳ درصد افزایش نشان داده است. بیشترین افزایش دبی سیلاب ناشی از تغییر کاربری مربوط به زیرحوضه اصفهان و علت اصلی آن افزایش ۶۹ درصدی توسعه مناطق شهری است. این نتیجه نشان می دهد که خطرات ایجاد سیل در محدوده اصفهان رو به افزایش است و لازم است در مورد مدیریت سیلاب در این منطقه برنامه ریزی انجام شود.

۵- قدردانی

نویسندگان مقاله از آقای دکتر فاطمی مشاور سازمان فاوا اصفهان که در انجام این تحقیق کمک های شایان توجهی به عمل آوردند، صمیمانه قدردانی می نمایند. همچنین از کارشناسان محترم اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری اصفهان، به خصوص راهنمایی های آقایان مهندس نخکوب و مهندس لیاقت و از اداره کل هواشناسی و شرکت آب منطقه ای اصفهان به خاطر در اختیار گذاشتن آمار و اطلاعات مورد نیاز این تحقیق قدردانی می گردد.

پیک سیل در ۴ زیرحوضه مطالعاتی در دو مقطع زمانی نشان می دهد که با تغییر کاربری اراضی از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۷ دبی اوج سیل زیرحوضه ها روند افزایشی داشته است. اما به علت تغییرات مکانی در چگونگی و میزان تغییر در کاربری اراضی، تغییرات دبی اوج در زیر حوضه ها متفاوت است. کمترین تأثیر در زیر حوضه قلعه ناظر دیده می شود که علت آن کمتر بودن تغییرات در دوره مورد بررسی است. بیشترین درصد تغییرات دبی اوج سیل نیز در زیرحوضه اصفهان دیده می شود که در آن بیشترین تبدیل زراعی به شهری مشاهده می گردد. نتایج این تحقیق همچنین تأکید می کند که اثر تغییرات کاربری بر واکنش هیدرولوژیک در برخی زیرحوضه ها محسوس تر از کل حوضه است. به عنوان مثال در زیر حوضه اصفهان تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۷ باعث شده است تا دبی اوج سیل ۵ ساله آن ۲۱۶/۶ درصد افزایش یابد، در حالی که در همین دوره بازگشت در کل حوضه ۳۰/۹ درصد افزایش در دبی اوج سیل مشاهده می شود. بنابراین عملکرد یک زیرحوضه به تنهایی نمی تواند معیار واکنش هیدرولوژیک کل حوضه آبخیز وسیع قرارگیرد و عواملی همچون موقعیت مکانی زیرحوضه ها و روندیابی سیل، از عوامل مؤثر در تعیین رژیم سیلابی حوضه است.

۴- نتیجه گیری

نتایج نشان داد که متوسط ضریب تلفات اولیه در حوضه مطالعاتی

۶- مراجع

- 1-Tahri, M.B., and Bozorgzade, M. (1996). *Urban floods*, Publication of Center of Considerations and Researches Urban Instrumental and Architecture, Tehran Iran. (In Persian)

- 2-Poreghnai, M. J. (2001). "Investigation of effects of land cover changes on torrential response in Nkarod watershed." M.Sc. Thesis, Tehran University, Iran. (In Persian)
- 3-Khosroshahi, M., and Saghafian, B. (2002). "Designation of river routing in identification and segregation of submergible regions in watershed." *6th River Engineering Conference*, Shahid Chamran University, Ahwaz. (In Persian)
- 4-Shoshtari, M., Majdzade Tabatabai, M., and Uosefi, A. (2002). "Investigation and application of HEC-HMS model in river engineering (case study: Kor and Sivand river in Fars province)." *6th River Engineering, International Conference*, Shahid Chamran University, Ahwaz, 1061-1068 (In Persian)
- 5-Ashori, M., Khosroshahi, F.B., and Arhami, M. (2007). "Investigation of effects of urban development in increase of run off (case study of Dara abad watershed in north urban Tehran)." *6th Iran Hydraulic Conference*, Shahrekord University, Shahrekord, 112-121 (In Persian)
- 6-Brun, S.E., and Band, L. E. (2002). "Simulating runoff behaviour in an urbanizing watershed. computrs." *Environment and Urban Systems*, 24 (1), 5-22. (In Persian)
- 7-Sheeder, S.A., Ross, J.D., and Carlson, T.N. (2002). "Dual urban and rural hydrograph in three small watersheds." *J. Water Resources Association*, 38 (4), 1027-1040.
- 8-Gun, R., Frankenberger, J., and Engle, B. (2003). "A method for understanding the hydrologic implication of comprehensive land use plans." *Agricultural and Biological Department*, Purdue University.
- 9-Chen, Y., Youpeng, X., and Yixing, Y. (2009). "Impacts of land use change scenarios on storm- runoff generation in Xitiaoxi basin, China." *J. Quaint*, 208, 121-128.