

## ارزیابی تاثیر کاهش پوشش جنگلی بر میزان دبی پیک سیلاب توسط مدل کینفیل (KINFIL) (مطالعه موردی: حوضه آبریز سپیدرود)

علیرضا مردوخ پور<sup>۱\*</sup>

[Alireza.mardookhpour@yahoo.com](mailto:Alireza.mardookhpour@yahoo.com)

لیلا اوشک سرایی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۱۰

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۱۷

### چکیده

زمینه و هدف: مدل بارش - رواناب کینفیل با هدف بازسازی واقعه بارش در زمین های با کاربرد کشاورزی به کار می رود. روش بررسی: مدل کینفیل که توسط سیستم GIS، تکمیل می شود، روش مناسبی برای دستیابی به رواناب سیلاب در حوضه آبریز سپیدرود (شمال ایران) به شمار می رود. که در طی آن سناریوهای مختلفی از واقعه بارش اجرا می شود. یافته ها: نتایج نشان می دهند هنگامی که دبی پیک سیلاب مشاهده شده معادل ۲/۲۵ متر مکعب بر ثانیه بود، دبی محاسبه شده توسط مدل کینفیل معادل ۲/۴ متر مکعب بر ثانیه پیش بینی گردید (حدود ۷ درصد خطا) و هنگامی که دبی پیک سیلاب مشاهده شده معادل ۱/۹ متر مکعب بر ثانیه بود، دبی محاسبه شده توسط مدل کینفیل معادل ۱/۸ متر مکعب بر ثانیه پیش بینی گردید (حدود ۵ درصد خطا). هم چنین بر اساس مدل کینفیل مدیریت حوضه آبریز شامل بررسی کاهش پوشش جنگلی بر میزان پیش بینی دبی سیلاب با دقت چشم گیری به کار می رود. بحث و نتیجه گیری: نتایج نشان دادند هنگامی که کاهش پوشش جنگلی به میزان ۱۰ درصد از کل مقدار اولیه می رسد، دبی پیک سیلاب ۱۴/۵ برابر افزایش می یابد.

واژه های کلیدی: مدل کینفیل، دبی پیک سیلاب، سیستم اطلاعات جغرافیایی، کاهش پوشش جنگلی.

۱- استادیار گروه عمران و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان، لاهیجان، ایران\* (مسئول مکاتبات)

۲- استادیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان، لاهیجان، ایران

## **Evaluating the Effect of Deforestation on the Runoff- Peak by KINFIL Model (Case study: Sepidroud catchment)**

**Alireza Mardookhpour**<sup>1</sup> (*Corresponding Author*)

[Alireza.mardookhpour@yahoo.com](mailto:Alireza.mardookhpour@yahoo.com)

**Leila Ooshaksaraie**<sup>2</sup>

### **Abstract**

**Background and Objective:** KINFIL rainfall-runoff model has been used for the reconstruction of the rainfall runoff events in agricultural land use.

**Method:** The implementation of the KINFIL model supported by GIS proved to be a proper method for the flood runoff assessment on Sepidroud catchments (north of Iran), during different scenarios of the rainfall events.

**Findings:** The results show when the observed discharge peak was 2.25 m<sup>3</sup>/s, the computed discharge by the KINFIL model predicted 2.4 m<sup>3</sup>/s (about 7% errors) and when the observed discharge peak was 1.9 m<sup>3</sup>/s, the computed discharge by the KINFIL model predicted 1.8 m<sup>3</sup>/s (about 5% errors) .Also, the KINFIL model may be used for the catchment management, including the investigation of deforestation on predict flood runoff assessment with a significant precision.

**Discussion and Conclusion:** The results showed when deforestation reaches 10% of total primitive areas in Sepidroud basin, the runoff-peak may increase more than 14.5 times.

**Keywords:** KINFIL model, runoff peak, GIS, deforestation

---

1- Associate professor, Ph.d. Department of civil engineering Islamic Azad University, Lahijan, Iran.

2- Associate professor Ph.d. Department of environmental engineering, Islamic Azad University, Lahijan Iran

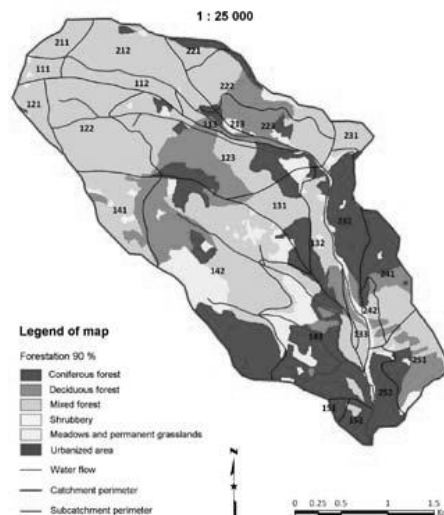
## مقدمه

شبیه سازی دبی طرح سیلاب در شرایطی که تغییر کاربری زمین توسط انسان صورت می گیرد، از اهداف عمده محققین در تحقیقات منابع آب به شمار می رود. نقش جنگل ها در مهار و کنترل دبی پیک هیدروگراف سیلاب در حوضه های آبریز، توسط محققین بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است (۱-۲) و کاربرد مدل های هیدرولوژیکی در مدیریت حوضه های آبریز، نقش مهمی در شبیه سازی رابطه بارش - رواناب ایفا می نماید. یکی از مدل های کاربردی و نوین، برای شبیه سازی میزان دبی سیلاب، وقتی پوشش گیاهی حوضه تغییر می کند، مدل کینفیل می باشد (۳) که در آن، شبیه سازی مستقیم سیلاب توسط مدل سازی امواج سینماتیک، با توجه به توپوگرافی حوضه، انجام می شود (۴). در مدل کینفیل، مشخصه های توپوگرافی حوضه توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی، بسیاری از عدم قطعیت ها را پوشش می دهد (۵) و امکان برآورد دقیق تر پیراسنجه ها را در مدل سازی بالا می برد. در تحقیق حاضر، مدل کینفیل، برای ارزیابی تاثیر از بین رفتن پوشش گیاهی جنگلی در میزان تولید سیلاب، در حوضه آبریز سپیدرود مورد استفاده قرار گرفته است و نتایج حاصل از آن رابطه بارش - رواناب را در دو سناریوی مختلف کاربری زمین تبیین می نماید. لازم به ذکر است این مدل برای اولین بار در حوضه آبریز سپیدرود مورد استفاده قرار می گیرد و می تواند مرجعی برای پژوهش های آینده برای سایر محققین باشد.

## مواد و روش ها

## ۱- مشخصات مدل کینفیل

به طور کلی در مدل کینفیل، روش عدد منحنی مورد استفاده قرار می گیرد (۶). رابطه بین عدد منحنی و پیراسنجه های خاک مانند هدایت هیدرولیکی خاک در حالت اشباع و جذب آب از روش همبستگی داده ها و مقدار بارش طرح به دست می آید. برای یافتن بهترین برازش بین عدد منحنی و مقادیر هدایت هیدرولیکی خاک در حالت اشباع و جذب آب، چندین نمونه از خاک منطقه و داده های بارش با شدت های مختلف، مورد ارزیابی قرار می گیرند و ضرایب رگرسیون حاصله برای شبیه سازی واقعه بارش - رواناب در مدل کینفیل به کار می روند. نفوذ آب در مدل مذکور، بر پایه معادلات مورل-سیتوکس می باشد (۷). بخش شبیه سازی در مدل، بر پایه مدل امواج سینماتیک، برای دستیابی به دبی طرح سیلاب قرار دارد (۸). باید توجه داشت که استفاده از مدل امواج سینماتیک در شرایطی امکان پذیر است که شدت بارش بیشتر از ۲ میلی متر در دقیقه باشد و ارتفاع سیلاب در حوضه از ۵۰ میلی متر فراتر رود (۹). برای حل عددی مدل امواج سینماتیک از روش تفاضل محدود صریح لاکس - وندروف در مدل کینفیل استفاده می شود. شبیه سازی با تقسیم حوضه آبریز به زیر حوضه های کوچکتر با در نظر گرفتن ضرایب مانینگ ویژه هر قسمت انجام می شود و توپوگرافی حوضه از سیستم اطلاعات جغرافیایی به دست می آید (۱۰ و ۱۱).



شکل ۱- نمایی از حوضه آبریز مورد مطالعه ، به دست آمده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

۲- مشخصات بخشی از حوضه آبریز سپیدرود در تحقیق: مورد مطالعه قرار گرفته است، در جداول ۱ و ۲ ارائه شده اند و ویژگی های اصلی بخشی از حوضه آبریز سپیدرود که در تحقیق خلاصه آن ها در شکل ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱- مشخصات حوضه از نظر کاربری زمین

کاربری زمین	مساحت (km <sup>2</sup> )	درصد (%)
جنگل کاج	۲/۸۱	۲۶/۰۶
جنگل برگ ریز	۱/۶۴	۱۵/۱۸
جنگل مخلوط	۵/۲۴	۴۸/۵۶
بوته زار	۰/۰۶	۰/۵۰
مرغزار	۰/۹۱	۸/۴۷
ناحیه شهری	۰/۰۱	۰/۰۳
شبکه راه	۰/۱۳	۱/۲۰

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و جغرافیایی حوضه

مساحت حوضه (km <sup>2</sup> )	Sp	۱۰/۸۰
مساحت ناحیه جنگلی (km <sup>2</sup> )	SL	۹/۸۴
زمین جنگلی (%)	l	۹۰/۱۴
طول رودخانه (km)	L	۶/۴۳
طول جریان ورودی (km)	ΣLpi	۹/۲۶
محیط حوضه (km)	O	۱۴/۹۰
طول خط القعر حوضه (km)	Lu	۶/۸۳
حداکثر ارتفاع حوضه از سطح دریا (a.s.l.)	H max	۱۴۵۸
حداقل ارتفاع حوضه از سطح دریا (a.s.l.)	H min	۵۶۹
متوسط ارتفاع حوضه از سطح دریا (a.s.l.)	H ave	۹۰۹/۸۶

متوسط عرض حوضه از سطح دریا (km)	Bp	۱/۵۸
متوسط شیب رودخانه (%)	It	۱۵/۷۵
متوسط شیب خط القعر (%)	Iú	۱۲/۳۴
متوسط شیب حوضه (%)	Is	۳۱/۱۵

با توجه به پارامترهای شیب حوضه، نوع خاک و کاربری حوضه، شدند). تقسیم بندی حوضه به مساحت های کوچک بر مبنای زیر حوضه هایی به تعداد ۱۰ قسمت طبق جدول ۴ ارائه شدند ( تمامی زیر حوضه ها به صورت مستطیل معادل نشان داده شده است که بتوان از روابط سازمان حفاظت خاک امریکا با دقت بیشتری استفاده نمود.

جدول ۴- تقسیم بندی حوضه به زیر حوضه ها

بازه	مساحت (km <sup>2</sup> )	شماره منطقه	مساحت (km <sup>2</sup> )	عرض متوسط (km)	طول (km)	شیب (%) (-)
۱	۰/۴۱۸	۱۱۱	۰/۱۰۲	۳/۲۴۸	۰/۰۳۱	۰/۳۲۰
		۱۱۲	۰/۲۱۶		۰/۰۶۷	۰/۳۶۰
		۱۱۳	۰/۱۰۰		۰/۰۳۱	۰/۱۹۵
۲	۲/۱۴۸	۱۲۱	۰/۱۷۰	۲/۹۶۱	۰/۰۵۷	۰/۳۰۴
		۱۲۲	۰/۸۶۳		۰/۲۹۱	۰/۴۳۴
		۱۲۳	۱/۱۱۵		۰/۳۷۶	۰/۳۱۶
۳	۰/۸۳۱	۱۳۱	۰/۳۷۷	۲/۴۲۶	۰/۱۵۵	۰/۲۸۶
		۱۳۲	۰/۳۶۲		۰/۱۴۹	۰/۲۵۴
		۱۳۳	۰/۰۹۲		۰/۰۳۸	۰/۳۳۷
۴	۳/۶۰۰	۱۴۱	۰/۴۷۴	۳/۹۳۸	۰/۱۲۰	۰/۳۴۸
		۱۴۲	۲/۰۸۱		۰/۵۲۸	۰/۳۱۷
		۱۴۳	۱/۰۴۵		۰/۲۶۵	۰/۲۷۸
۵	۰/۱۴۶	۱۵۱	۰/۰۳۶	۰/۴۱۸	۰/۰۸۶	۰/۲۷۶
		۱۵۲	۰/۱۱۰		۰/۲۶۳	۰/۳۶۳
		----	----		----	----
۶	۰/۸۱۱	۲۱۱	۰/۱۵۳	۲/۷۳۳	۰/۰۵۶	۰/۲۸۰
		۲۱۲	۰/۶۱۸		۰/۲۲۶	۰/۳۷۷
		۲۱۳	۰/۰۴۰		۰/۰۱۵	۰/۱۷۲
۷	۰/۹۹۴	۲۲۱	۰/۱۲۶	۰/۸۲۱	۰/۱۵۳	۰/۲۱۸
		۲۲۲	۰/۴۷۹		۰/۵۸۳	۰/۳۵۰
		۲۲۳	۰/۳۸۹		۰/۴۷۴	۰/۳۲۹
۸	۰/۵۹۸	۲۳۱	۰/۱۱۵	۱/۷۹۴	۰/۰۶۴	۰/۳۴۴
		۲۳۲	۰/۴۸۳		۰/۲۶۹	۰/۲۸۸
		----	----		----	----
		۲۴۱	۰/۴۵۵		۱/۲۰۰	۰/۱۶۱

۹	۰/۵۶۹	۲۴۲	۰/۱۱۴	۰/۳۷۹	۰/۳۰۱	۰/۳۶۴
		----	----		----	----
۱۰	۰/۶۸۰	۲۵۱	۰/۴۳۸	۱/۱۲۷	۰/۳۸۹	۰/۱۷۹
		۲۵۲	۰/۲۴۲		۰/۲۱۵	۰/۳۲۰
		----	----		----	----

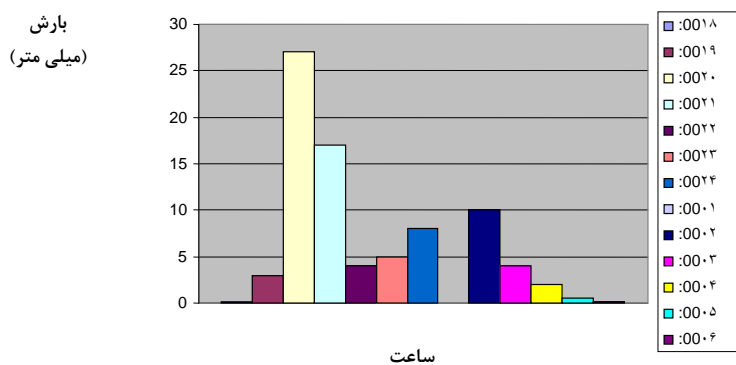
**بحث و نتیجه گیری**

ج - درجه اشباع کامل (آ-۳) : مقدار بارش ۵ روز قبل از شروع مطالعه بر روی حوضه، بیشتر از ۵۳ میلی متر است. در تحقیق حاضر، سیلاب های ناشی از بارش های مختلف برای دوره بازگشت دو ساله در جدول ۳، ارایه گردیده اند و از روی آن ها مقادیر بارش موثر و کل بارش برحوضه در تاریخ های ثبت شده نشان داده شده اند. (شکل های (۲) و (۳) .

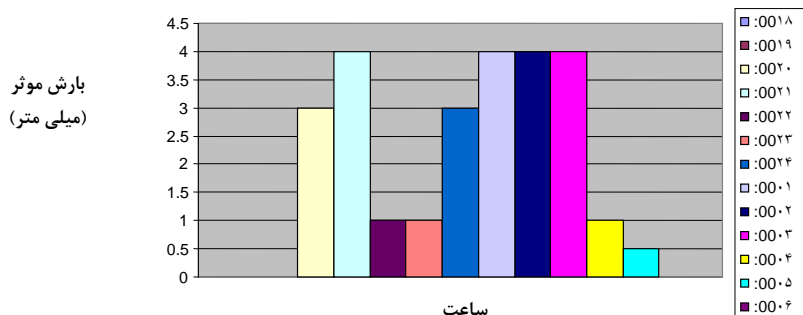
هنگامی که اولین موج سیلاب در حوضه به وجود می آید، خاک حوضه نیمه اشباع در نظر گرفته می شود (رطوبت ناشی از بارش های قبلی) و وقتی موج دوم سیلاب، حادث می گردد، خاک حوضه کاملاً اشباع در نظر گرفته می شود. مقدار تعیین درجه اشباع خاک با توجه به طبقه بندی اس-سی-اس می باشد که در آن برای تمایز درجه اشباع خاک از موارد زیر بهره گرفته می شود (۱۲):

الف - درجه اشباع کم (آ-۱) : مقدار بارش ۵ روز قبل از شروع مطالعه بر روی حوضه، ۳۶ میلی متر است.

ب - درجه اشباع متوسط (آ-۲) : مقدار بارش ۵ روز قبل از شروع مطالعه بر روی حوضه، بین ۳۶ تا ۵۳ میلی متر است.

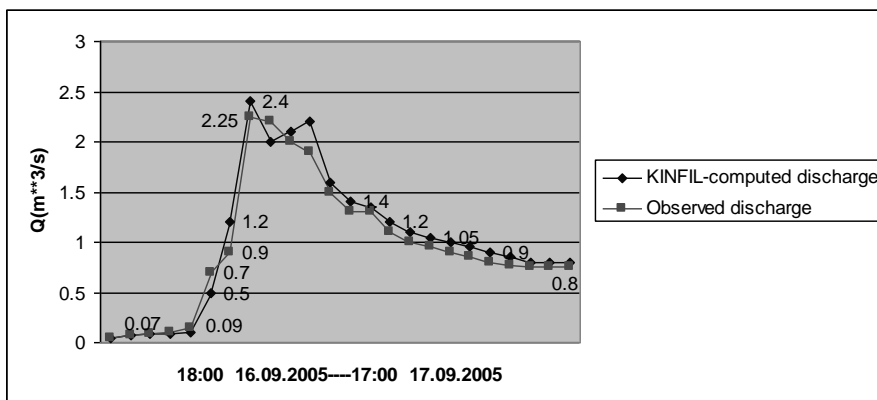


**شکل ۲- مقدار بارش کل در تاریخ 16. 09. 2005**



**شکل ۳- مقدار بارش موثر در تاریخ 16. 09. 2005**

مقدار دبی محاسبه شده از مدل کینفیل با مقدار دبی اندازه گیری شده در حوضه در شکل ۴ مقایسه شده است.



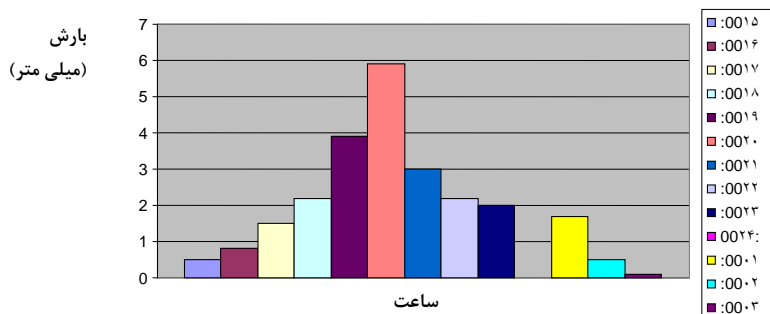
شکل ۴- مقایسه دبی اندازه گیری شده با مقدار محاسبه شده توسط مدل کینفیل

(بارش ۲۴ ساعته از تاریخ 16.09.2005 الی 17.09.2005)

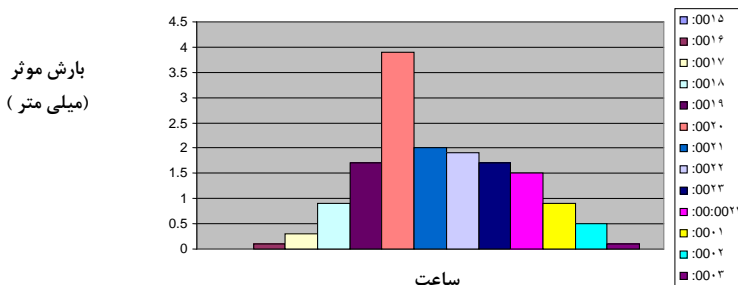
بحث و نتیجه گیری

معادل ۲/۲۵ متر مکعب بر ثانیه است که اختلاف حاصله حدود ۷ درصد می باشد. در شکل های ۵ و ۶ مقادیر بارش موثر و کل بارش برحوضه نیز، در تاریخ های ثبت شده ارایه گردیده اند.

همان طور که مشاهده می شود دو مدل، انطباق بسیار نزدیکی با یک دیگر دارند و دبی پیک سیلاب در مدل کینفیل معادل ۲/۴ متر مکعب بر ثانیه و دبی اندازه گیری شده در حوضه



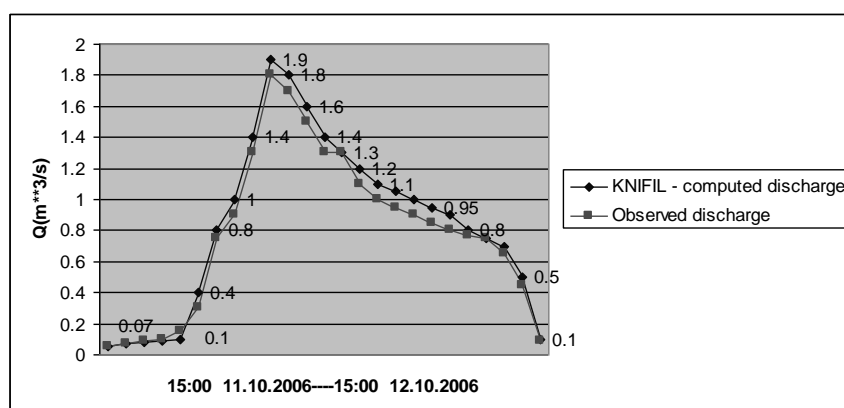
شکل ۵- مقدار بارش کل در تاریخ 11.10.2006



شکل ۶- مقدار بارش موثر در تاریخ 11.10.2006

دارند و دبی پیک سیلاب در مدل کینفیل معادل ۱/۹ متر مکعب بر ثانیه و دبی اندازه گیری شده در حوضه معادل ۱/۸ متر مکعب بر ثانیه است که اختلاف حاصله حدود ۵٪ می باشد.

شکل ۷، مقدار دبی محاسبه شده از مدل کینفیل را با مقدار دبی اندازه گیری شده در حوضه مقایسه می نماید. همان طور که مشاهده می شود، دو مدل انطباق بسیار نزدیکی با یک دیگر



شکل ۷- مقایسه دبی اندازه گیری شده با مقدار محاسبه شده توسط مدل کینفیل (بارش ۲۴ ساعته از تاریخ 11. 10. 2006 الی 12. 10. 2006)

### نتیجه گیری

مدل بارش - رواناب کینفیل که بر مبنای شبیه سازی وقایع هیدرولوژیکی و کاربری زمین می باشد، می تواند چشم انداز دبی پیک سیلاب در حوضه های آبریز را با تغییر پوشش گیاهی آشکار سازد. در تحقیق حاضر، خلاصه نتایج حاصل از مدل در سه حالت کاهش پوشش گیاهی به ۱۰ و ۵۰ و ۹۰٪ مقدار اولیه در جدول ۵ ارایه شده است.

### ۳- شبیه سازی سناریو در منطقه با تغییر پوشش گیاهی:

بعد از کالیبراسیون پارامترهای مدل، ناحیه جنگلی که حدود ۹۰٪ حوضه را پوشش می دهد، با یک ناحیه مرتع و چمن زار شبیه سازی و جایگزین می شود. در جایگزینی مذکور ناحیه جنگلی به ترتیب معادل ۱۰ و ۵۰ و ۹۰٪ مقدار اولیه کاهش می یابد. تغییر پوشش گیاهی با سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام می شود و فرض می گردد که خاک حوضه کاملا اشباع باشد. در این حالت مقدار عدد منحنی از جداول به دست می آید.

### جدول ۵- خلاصه نتایج حاصل از مدل کینفیل در تغییر پوشش گیاهی از جنگلی به چمن زار و مرتع

	$t_d=30(\text{min})$	$t_d=60(\text{min})$	$t_d=300(\text{min})$
سیلاب (m <sup>3</sup> /s)	Q(m <sup>3</sup> /s)	Q(m <sup>3</sup> /s)	Q(m <sup>3</sup> /s)
جنگل (10%)	۲۷/۵	۳۷/۸	۱۱/۶۵
جنگل (50%)	۲۲/۱	۳۱/۵	۸/۳
جنگل (90%)	۱۸/۵	۲۰/۵	۶/۴

اندازه گیری شده در حوضه مقایسه می نماید. همان طور که مشاهده می شود، دو مدل انطباق بسیار نزدیکی با یک دیگر دارند و دبی پیک سیلاب در مدل کینفیل معادل ۲/۴ متر مکعب بر ثانیه و دبی اندازه گیری شده در حوضه معادل ۲/۲۵ متر مکعب بر ثانیه است که اختلاف حاصله حدود ۷ درصد می باشد.

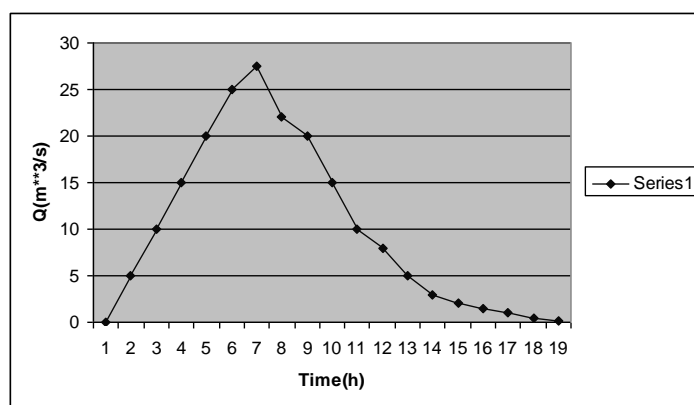
مطابق جدول ۵، وقتی پوشش گیاهی منطقه به ۱۰ درصد مقدار اولیه کاهش یابد، دبی پیک سیلاب برای زمان بارش ۶۰ دقیقه و دوره بازگشت ۱۰۰ ساله حداکثر مقدار می گردد (۳۷/۸ متر مکعب بر ثانیه) که نشان می دهد نسبت به پوشش جنگلی کامل که حداکثر دبی سیلاب معادل ۲/۴ متر مکعب بر ثانیه بود، افزایش بسیار قابل ملاحظه (حدود ۱۴/۵ برابر) دارد. شکل ۴، مقدار دبی محاسبه شده از مدل کینفیل را با مقدار دبی



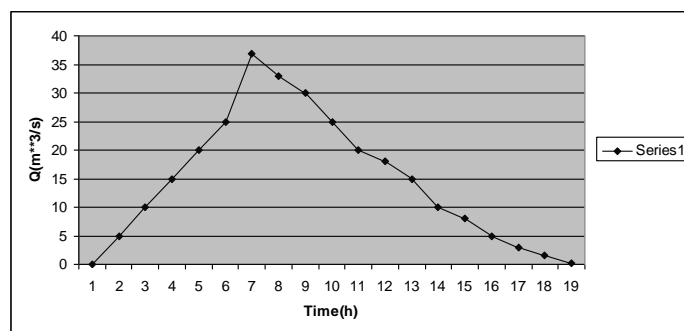
معادل ۱/۸ متر مکعب بر ثانیه است که اختلاف حاصله حدود ۵ درصد می باشد.

با استفاده از مدل کینفیل به اختصار، تنها نتایج دبی های حاصله بعد از کاهش پوشش گیاهی به ۱۰ درصد مقدار اولیه به دلیل رسیدن به بحرانی ترین حالت، در شکل های ۸ تا ۱۰ ارائه شده اند.

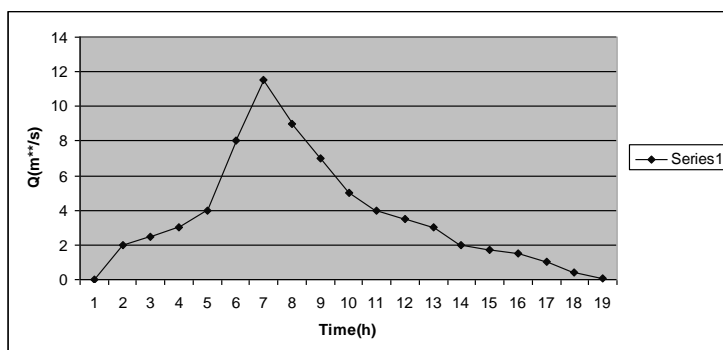
در شکل های (۵) و (۶) مقادیر بارش موثر و کل بارش برحوضه نیز، در تاریخ های ثبت شده ارائه گردیده اند. شکل ۷، مقدار دبی محاسبه شده از مدل کینفیل را با مقدار دبی اندازه گیری شده در حوضه مقایسه می نماید. همان طور که مشاهده می شود، دو مدل انطباق بسیار نزدیکی با یک دیگر داشته و دبی پیک سیلاب در مدل کینفیل معادل ۱/۹ متر مکعب بر ثانیه و دبی اندازه گیری شده در حوضه



شکل ۸- شبیه سازی کاربری زمین با زمان تداوم بارش ۳۰ دقیقه و ۱۰ درصد پوشش جنگلی



شکل ۹- شبیه سازی کاربری زمین با زمان تداوم بارش ۶۰ دقیقه و ۱۰ درصد پوشش جنگلی



شکل ۱۰- شبیه سازی کاربری زمین با زمان تداوم بارش ۳۰۰ دقیقه و ۱۰ درصد پوشش جنگلی

## تشکر و قدردانی

نویسنده مقاله از دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان به دلیل در اختیار قراردادن امکانات و نرم افزارهای مرتبط تشکر می نماید.

## منابع

- Hydrology and Hydromechanics, Vol.50, pp. 157–171.
7. McCulloch, J.S., and Robinson M., 1993. History of forest hydrology. Journal of Hydrology, Vol.150, pp. 189–216.
  8. Morel-Seytoux, H.J., 1982. Analytical results for prediction of variable rainfall infiltration. Journal of Hydrology, Vol.59, pp. 209–230.
  9. Overton, D.E., Meadows, M.E., 1976. Storm water Modeling. Academic Press London, pp.200–214.
  10. Swank, W.T., Crossley, D.A., 1988. Forest Hydrology and Ecology at Coweeta. Ecological Studies 66, Springer Verlag, New York.
  11. Tani, M., Abe, T., 2007. Analysis of storm flow and its source area expansion through a simple kinematic wave equation. In: Proc. Vancouver Symposium Forest Hydrology and Watershed Management. Vancouver, IAHS/AIHS Publication No. 167, 609–615.
  12. U.S. SCS., 2006. Urban hydrology for small watersheds, U. S. Soil Conservation Service. Technical Release SCS, Washington, Vol.55, pp 13
1. Beven, K.J., 2006. Rainfall-Runoff Modeling. The Primer. John Wiley & Sons, Chichester, pp.279–282.
  2. Brakensiek, D.L., Rawls, W.J., 1981. An infiltration based Rainfall-Runoff Model for a SCS Type II Distribution. In: Winter Meeting ASAE. Palmer House, Chicago.
  3. Hradek, F., Kovar P., 1994. Design rainfall intensities computation. Water Resources Management, Czech Republic, Vol.11, pp.49–53.
  4. Kaldec, V., and Kovar, P., 2009. Use of the KINFIL rainfall-runoff model on the Hukava catchment. Journal of soil and water research, Vol. 1, pp.1-9
  5. Kovar, P., 1992. Possibilities of determining design discharges on small catchments using the KINFIL model, Journal of Hydrology and Hydromechanics, Vol. 40, pp.197–220.
  6. Kovar, P., Cudlin. P., Herman, M., and Zemek, F., 2002. Analysis of flood events on small river catchments using the KINFIL Model. Journal of