دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

شبیه‌سازی دوبعدی هیدرولیکی جریان سیل با استفاده از مدل مبتنی بر رستر LISFLOOD-FP (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شمشک، استان تهران)

کاظم صادقیان[۱]، عبدالرضا بهره‌مند[۲] و امیر سعدالدین[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، (نویسنده مسوول: Abdolreza.Bahremand@gmail.com)
۳- دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ ارسال: ۹۷/۳/۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۱۹
صفحه: ۱۶۵ تا ۱۷۴

چکیده

LISFLOOD-FP متعلق به نسل جدیدی از مدل‌های هیدرودینامیکی شبیه‌سازی سیل است که صرفاً با استفاده از نقشه رقومی ارتفاعی برای رودخانه و آبراهه‌های حوزه، اطلاعات زبری مسیر و نرخ ورودی جریان اجرا می‌شود. ویژگی‌هایی LISFLOOD-FP نسبت به دیگر مدل‌های هیدرولیکی دوبعدی عبارتند از: ۱- مبتنی بر رستر ۲- بزرگ مقیاس ۳- سهولت فرمولاسیون و بازده محاسباتی بالا ٤- سادگی استفاده از آن ٥- تنظیم گام زمانی و مکانی محاسباتِ به‌صورت تطبیقی توسط خود مدل ٦- توانایی لحاظ کردن رودخانه‌های با عرض کوچکتر از ابعاد پیکسل‌های DEM ۷-امکان تلفیق با مدل‌های هیدرولوژیکی کاملا توزیعی از قبیل WetSpa از مزیت‌های مدل‌های هیدرولیکی دوبعدی LISFLOOD-FP می‌باشد. امروزه استفاده از مدل‌های هیدرولیکی دوبعدی بر پایه رستر به دلیل پیشرفت ظرفیت پردازش کامپیوترها شخصی و همچنین سهولت دسترسی به نقشه‌های رقومی توپوگرافی با وضوح بالا، محبوبیت فزاینده‌ای پیدا کرده‌اند. در این تحقیق رفتار هیدرولیکی جریان سیل و تراز آب در دوره‌های بازگشت مختلف در حوزه آبخیز شمشک با استفاده از مدل هیدرولیکی دوبعدی LISFLOOD-FP تعیین شد. به این منظور از نقشه DEM با تفکیک مکانی ۲ متر استفاده شد. در نهایت داده‌ها به مدل وارد و مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت. نتایج حاکی از کارایی مناسب مدل در شبیه‌سازی رفتار جریان است و نشان می‌دهد در بخشی از شاخه اصلی دربندسر و همچنین در محل اتصال دو شاخه شمشک و دربندسر استان تهران در محل روستای درود در برابر سیلاب‌ها بسیار آسیب‌پذیرند و در دیگر قسمت‌ها آسیب‌پذیری کمتری دارند.

واژه‌های کلیدی: آبخیز شمشک، رفتار سیل، شبیه‌سازی هیدرولیکی، مدل دوبعدی، LISFLOOD-FP

مقدمه

با تغییرات جهانی در وضعیت آب‌وهوا و گسترش فزاینده‌ی شهری شدن، فراوانی و شدت بحران‌های طبیعی و خسارات ناشی از آن روند افزایشی یافته است. سیل و آب‌گرفتگی یکی از بحران‌های طبیعی است که چالش‌های زیادی را ایجاد کرده است (۴). سیلاب‌ها، بلایای طبیعی پرهزینه‌ای هستند که باعث مرگ ومیر، خسارات مالی و خسارات به خطوط ارتباطی، حمل و نقل و زیر ساخت‌های حیاتی می‌شوند. ۴۰ درصد همه بلایای طبیعی در سرتاسر جهان و نیمی از مرگ و میر ناشی از بلایای طبیعی مربوط به سیلاب‌ها هستند (۶). مدل‌های هیدرولیکی ابزارهای اولیه‌ای هستند که برای برنامه‌ریزی و توسعه روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای مدیریت و کاهش سیل استفاده می‌شوند (۱۳). مدل‌سازی دو بعدی پهنه سیل‌گیرجزء محوری ارزیابی و مدیریت خطر سیل به شمار می‌رود. بنابراین، جای تعجب نیست که در طول دهه‌های گذشته تلاش قابل ملاحظه‌ای به منظور توسعه الگوریتم‌های با پیچیدگی فزاینده جهت شبیه‌سازی جریان آب در رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی صورت گرفته است (۱).
لذا مدل‌ها سیستم‌های علمی هستند که هدف اصلی استفاده از آن‌ها در واقع شبیه‌سازی رفتار یک فرآیند در حوزه آبخیز و پیش‌بینی اثرات تغییرات شرایط حوزه و متغیرها در عکس‌العمل و ویژگی‌های حوزه آبخیز می‌باشد. در این بین مدل‌های شبیه‌سازی سیل می‌توانند فرایند پیچیده سیل را نیز تخمین بزنند. مدل LISFLOOD-FP از نسل جدیدی از مدل‌های هیدرودینامکی شبیه‌سازی سیل است که صرفاً با استفاده از یک نقشه رقومی ارتفاعی برای رودخانه و آبراهه‌های حوزه اجرا می‌شود. این مدل داری ویژگی‌هایی از قبیل: ۱- از دسته مدل‌های هیدرولیکیِ بزرگ مقیاس است که عمدتاً برای پهنه‌بندی سیل در مقیاس بزرگ و مدیریت سیل و خسارات آن به‌کار می‌روند. ۲- کمترین ورودی‌ها را نیاز دارد و با داشتن نقشه رقومی دقیق ارتفاعی بدون نیاز به مقطع برداری، و بدون الزام به داشتن شرایط مرزی در پایین دست قابل اجرا است. ۳- نیاز داده‌ای و پارامترهای کم، سهولت در استفاده از مدل (بطور مثال نیازی به تعیین مِش توسط کاربر ندارد)، امکان اجرا و به‌کار بستن آن توسط افرادی با اطلاعات هیدرولیکی محدود نیز امکان‌پذیر است. ۴- ساختار رستری و شبکه محور آن اجازه تلفیق تنگاتنگ آن با مدل‌های توزیعی هیدرولوژیکی را می‌دهد و از این رو برای تهیه سیستم مدل‌سازی مورد نیاز در سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیل بسیار مناسب می‌باشند. ۵- گام زمانی و مکانی محاسباتِ مدل به‌صورت تطبیقی توسط خود مدل به گونه‌ای تنظیم می‌شود که شرایط پایداری محاسبات عددی برقرار باشد و نتایج معقول ارائه گردد. ۶- نسخه جدید آن (نسخه ساب-گرید) توانایی لحاظ کردن رودخانه‌های با عرض کوچکتر از ابعاد پیکسل‌های DEM را دارد. این ویژگی در رودخانه‌های کوچک و یا در تفکیک مکانی کم توپوگرافی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.6.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.165]

بسیار کارگشا می‌باشد. ۷- به منظور سهولت و سرعت کار مدل می‌تواند در داخل کانال جریان را به‌صورت یک بعدی در نظر گیرد و وقتی جریان از کناره‌های رودخانه به دشت سیلابی وارد شده و پخش می‌گردد، حرکت آب دو بعدی است. استفاده از این نسل مدل‌های هیدرولیکی به دلیل پیشرفت سریع فنّاوری در ساخت ماهواره‌های که با استفاده از آن‌ها می‌توان به مدل رقومی ارتفاع با وضوح‌بالا دست یافت محبوبیت فزاینده‌ای پیدا کرده است. مدل ارتفاعی رقومی جزء اساسی از مدل LISFLOOD-FP می‌باشد که با وضوح و دقت به شناسایی کانال و آن دسته از عناصر توپوگرافی دشت سیلابی (دایک، سدهای، گود شدگی‌ها و کانال‌های) برای در نظر گرفتن پیش‌بینی آب‌گرفتگی سیل می‌پردازد. مدل‌های هیدرولیکی مبتنی بر رستر اخیراً در مدل‌سازی تعیین پهنه‌سیلابی و هیدرولیک سیل مورد توجه قرار گرفته‌اند. کارایی محاسباتی چنین مدل‌هایی به این معنا است که می‌توانند در تفکیک مکانی بالاتری نسبت به تکنیک‌های محاسباتی پیچیده‌تر همچون روش جزء محدود به کار برده شوند (۱۱). مدل هیدرولیکیLISFLOOD-FP یک مدل دو بعدی بر پایه رستر است که معادلات آب کم عمق را با استفاده از روش تفاضل محدود بر روی یک شبکه رستری حل میکند.

در خصوص پهنه‌بندی و شناسایی نواحی سیل‌گیر با استفاده از مدل دوبعدی LISFLOOD-FP مطالعاتی در سطح جهان و ایـران صـورت پذیرفتـه است (۲،۸،۱۰،۱۵،۱۷،۱۸،۲۳،۲۴)، به بررسی اثرات وضوح مکانی بر روی مدل جریان سیل مبتنی بر رستر LISFLOOD-FP پرداختند. مدل برای یک بازه به‌طول ۶۰ کیلومتر از رودخانه سیورن[1] انگلیس بکار گرفته شد. در این مطالعه کارایی مناسب مدل در پیش‌بینی پهنه سیلاب را نشان‌داده شده است (۹). در ایران تحقیقات متعددی را با استفاده از این مدل توسط بهره‌مند و همکاران (۳) رحیم زاده اوغاز(۲۱)، جعفری (۱۲)، مجرد (۱۴) و اوژن (۱۹) با موفقیت انجام شده است. مدل‌های دو بعدی در دشت سیلابی عمل‌کرد بهتر و منطقی‌تری دارند. رحیم زاده اوغاز در تحقیق خود به مقایسه مدل یک‌بعدی HEC-RAS و دوبعدی LISFLOOD-FP در بازه تقریباً ۱۰ کیلومتر از دشت سیلابی رودخانه گرگانرود پرداخت و نتایج LISFLOOD-FP به واقعیت (عکس‌های ماهواره‌ای پهنه سیل‌های مورد مطالعه) نزدیکتر می‌باشد (۵).

نیکنام و همکاران (۱۶) از مدل عددی دو بعدی تحت عنوان CCHE2D برای شبیه‌سازی الگوی جریان آب در بازهای از پیچانرود طبیعی رودخانه کر در حد فاصل پل عباس آباد و سد درودزن استان فارس استفاده شد. نتایج نشان داد که این مدل در پیش‌بینی مقادیر سرعت و عمق جریان به خصوص در قوس های قلمرو مورد مطالعه از دقت مناسبی برخوردار بوده و داده‌های شبیه‌سازی شده به داده‌های اندازه‌گیری شده شباهت زیادی دارند. فرحمندکناری و همکاران (۷) به تحلیل مسیر رودخانه بابلرود با بهره‌گیری از مدل هیدرولیکیHEC-RAS در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی و ارایه الگوهای مدیریتی سیلاب پرداختند. این پژوهش برای شبیه‌سازی جریان سیل با استفاده از جدیدترین روش مدل LISFLOOD-FP در حوزه‌آبخیز شمشک انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز شمشک با وسعت حدود ۷۰ کیلومترمربع میان طول‌های جغرافیایی ´۲۳ و °۵۱ تا ´۴۳ و °۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ´۴۹ و °۳۵ تا ´۳ و °۳۶ شمالی واقع‌شده است. حداکثر ارتفاع در این حوزه حدود ۴۲۱۲ متر و پست‌ترین نقطه آن ۲۳۹۰ متر می‌باشد. متوسط نزولات سالیانه حوزه حدود ۷۲۰ میلی‌متر است که از این مقدار حدود ۲۰۰ میلی‌متر آن به‌صورت برف است شکل (۱). رودخانه شمشک (دربندسر) یکی از سرشاخه‌های رودخانه جاجرود است که از ارتفاعات کوه‌های صندوق چال و خورتوعک در شمال شهر شمشک و دربندسر سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه در ابتدا به صورت دوشاخه بوده که یکی از شاخه‌ها به نام شمشک از داخل شهر شمشک عبور می‌کند و دیگری به نام دربندسر از داخل منطقه مسکونی دربندسر عبور می‌نماید. دو شاخه مذکور سپس در محل روستای درود بهم پیوسته و تشکیل رودخانه دربندسر (شمشک) را می‌دهند. این رودخانه در محل شهر فشم با رودخانه فشم (گرمابدر) بهم پیوسته و با دریافت شاخه‌های دیگری نظیر آهار و امامه به نام رودخانه جاجرود نامیده می‌شود. رودخانه جاجرود پس از آن با دریافت شاخه‌های دیگری نظیر گلندوک، افجه و لوارک به پشت سد لتیان می‌رسد.

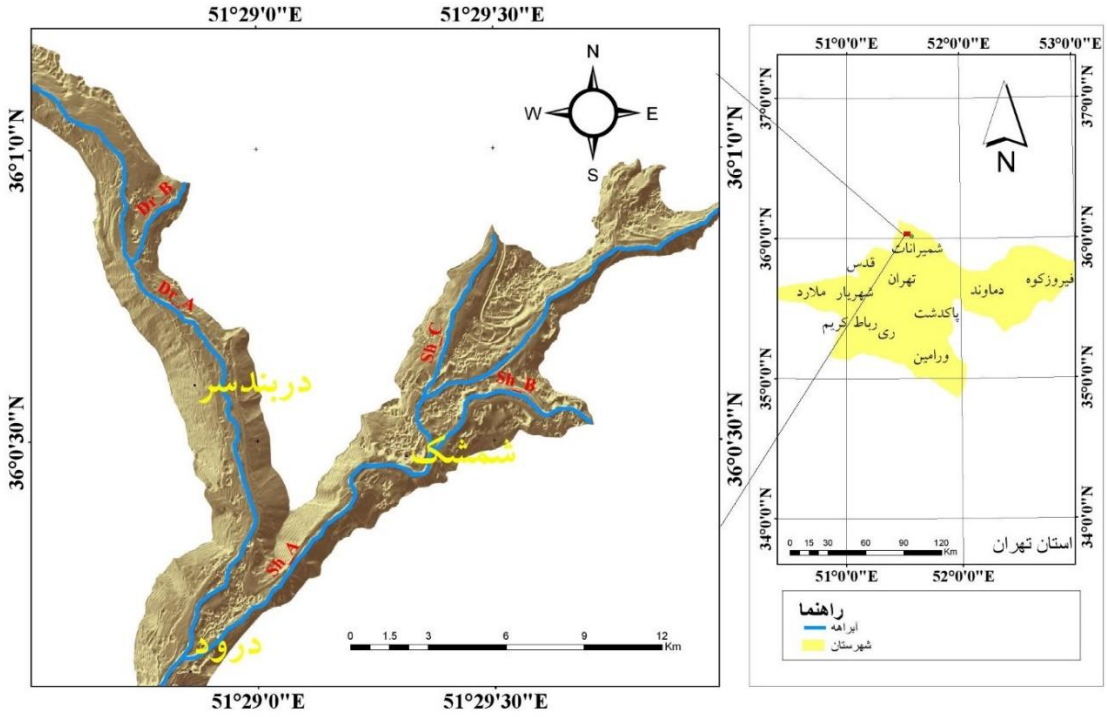
روش تحقیق

جهت مطالعه رفتار سیل در هر رودخانه ابتدا نیاز به تهیه نقشه مدل رقومی ارتفاعی با وضوح و کیفیت مناسب برای شبیه‌سـازی رودخانه و اراضی اطراف است. برای ورودی داده‌های دبی جریان به هر سرشاخه، از نتایج شبیه‌سازی دبی جریان با دوره بازگشت‌های مختلف استفاده‌شد. در تحقیق حاضر جهت تخمین ضریب زبری در منطقه مورد مطالعه با توجه به بازدید میدانی وگرفتن تصاویر از منطقه براساس روش کاون و تطبیق دادن تصاویر و جداول این روش تعیین شد. بدین منظور ابتدا بر اساس تغییرات پوشش گیاهی، وضعیت پیچان‌رودی در طول رودخانه و سرشاخه‌های آن با انجام عملیات میدانی، تمامی خصوصیات مقاطع عرضی در بستر کانال‌ها یادداشت گردید. سپس برای تعیین ضریب زبری مانینگ از جدول کاون استفاده شد. در این روش مقادیر ضریب زبری در کانال مطابق رابطه ۱ بررسی شش عامل: مواد بستر، درجه ناهمواری در سطح بستر کانال، تغییرات در سطح بستر کانال، تأثیر نسبی موانع، پوشش گیاهی و درجه پیچان‌رودی بودن کانال، تعیین شد (۵)

$$n = (n_0+n_1+n_2+n_3+n_4)m_5 \qquad (۱)$$

1- Severn

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.6.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.165]



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز شمشک در شهرستان شمیرانات و استان تهران

Figure 1. Location of Shamshak watershed in Shemiranat city and Tehran province

تشریح مدل هیدرولیکی دو بعدی LISFLOOD-FP

مدل LISFLOOD-FP شامل برخی راه‌حل‌های عددی است که گسترش موج سیل در طول کانال و عبور آن به دشت سیلابی را با استفاده از معادله آب کم‌عمق شبیه‌سازی می‌کند. انتخاب راه‌حل عددی به خصوصیاتی از سیستم مدل‌سازی شده، زمان موردنیاز برای اجرا و داده‌های در دسترس بستگی دارد. معادله ممنتوم و پیوستگی، معادلات سنت ونانت برای معادله آب کم‌عمق دوبعدی در زیر نوشته‌شده است(به ترتیب روابط ۵،۴،۳،۲):

رابطه (۲)

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q_x^2}{A}\right)+gA\frac{\partial(h+z)}{\partial x}+\frac{gn^2Q_x^2}{R^{\frac{4}{3}}A}=0$$

شیب اصطکاک + شیب سطح آب + شتاب همرفتی + شتاب مکانی

رابطه (۳)

$$\frac{\partial Q_y}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{Q_y^2}{A}\right)+gA\frac{\partial(h+z)}{\partial y}+\frac{gn^2Q_y^2}{R^{\frac{4}{3}}A}=0$$

شیب اصطکاک + شیب سطح آب + شتاب همرفتی + شتاب مکانی

رابطه (۴)

$$\frac{\partial A}{\partial x}+\frac{\partial Q}{\partial x}=0$$

رابطه (۵)

$$\frac{\partial A}{\partial y}+\frac{\partial Q}{\partial x}=0$$

Qy،Qx نرخ جریان حجمی، A سطح مقطع عبور جریان، h عمق آب، z ارتفاع بستر، g شتاب ثقل، n ضریب منینگ، R شعاع هیدرولیکی، t زمان و X فاصله در جهت کارتزین می‌باشد. شرایط مرزی به‌وسیله یک جریان اعمال شده در بالادست فراهم می‌شود. پارامترهای کانال که برای اجرای مدل نیاز است شامل عرض کانال، شیب بستر و مقدار ضریب زبری مانینگ می‌باشد. ضریب زبری مانینگ به‌عنوان پارامتر واسنجی در نظر گرفته می‌شود.

روش‌های حل جریان کانال

LISFLOOD-FP برای حل جریان در کانال داری سه روش موج سینماتیک، موج دیفیوژن و ساب-گرید می‌باشد. در مطالعه حاضر از جدیدترین روش توسعه یافته برای نمایش رودخانه‌ها به عنوان کانال‌های ساب-گرید استفاده شد. که با محیط دوبعدی بکار گرفته شده است. در این روش جریان بین قسمت‌های کانال برمبنای شیب‌های اصطحکاک و آب و شتاب مکانی آب محاسبه می‌شود (یعنی با استفاده از معادلات مدل "شتاب[1]" مطابق رابطه ۶) تنها شتاب همرفتی ناچیز فرض می‌شود. مطابق شکل۲ مدل برای هر سلول در برگیرنده یک قسمت کانال، راه‌حل جریان ترکیبی آب درون سلول را محاسبه می‌کند که شامل کانال واقع شده در آن سلول و دشت سیلابی مجاور است. LISFLOOD-FP به دو وضعیت جریان پایدار و جریان متغیر (درواقع جریان سیل را

1- Acceleration

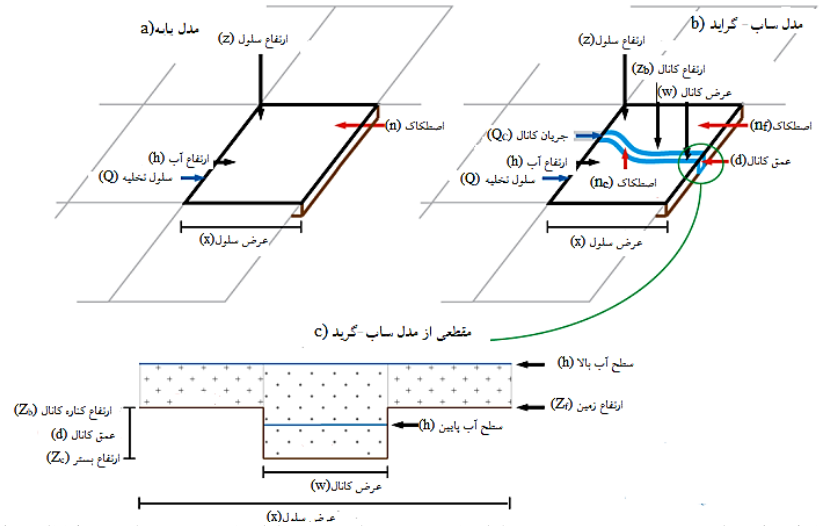
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.6.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.165]

به‌صورت یک جریان ناپایدار در نظر می‌گیرد) برای هر کدام از روش‌های حل جریان قابل‌اجرا می‌باشد.

رابطه (۶)

$$\frac{\partial Qc}{\partial t}+\frac{gA\partial(h+z)}{\partial x}+\frac{gn^2Q_C^2}{R^{\frac{3}{4}}A}=0$$

Qc نرخ جریان حجمی، A سطح مقطع عبور جریان، h عمق آب، z ارتفاع بستر، g شتاب ثقل، n ضریب منینگ، R شعاع هیدرولیکی، t زمان و X فاصله در جهت کارتزین می‌باشد.



شکل ۲- شماتیکی از مدل LISFLOOD-FP، a: سلول‌های دشت سیلابی b: سلول‌های دشت سیلابی و کانال c: ارتباط بین سلول‌ها

Figure 2. Model schematics for a. Floodplain only cell. b. Floodplain and channel cell c. interface between cells

واسنجی و اعتبار سنجی مدل

به دلیل نبود آمار مناسب دبی و اشل ایستگاه اوشان، تغییر سطح مقطع به‌شکلی که به‌طور کامل تبدیل به کانال شده که با وضعیت موجود هیچ تطابقی ندارد. لذا برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل از اطلاعات حاصل از برداشت میدانی استفاده شد. پس از واسنجی مدل به‌وسیله عمق جریان و دبی متناظر محاسبه شده از روی سرعت در پنج مقطع از بازه رودخانه، برای اعتبارسنجی نتایج مدل واسنجی شده، از پنج مقطع دیگر در مسیر رودخانه با استفاده از کمیت عمق جریان استفاده شد. و در نهایت عمق آب شبیه‌سازی‌شده توسط مدل با عمق آب این دبی‌ها مقایسه گردید که دارای اختلاف ناچیز بودند که این نشان‌دهنده عملکرد مناسب مدل در شبیه‌سازی عمق و پروفیل آب می‌باشد.

نتایج و بحث

پس از تهیه فایل‌ها و داده‌های ورودی، ابتدا مدل بر اساس برداشت داده‌های میدانی در بازه اوشان که در پایین دست بازه مورد مطالعه قرار دارد اجرا شد. واسنجی مدل با تغییر ضریب زبری کانال و مقایسه عمق آب شبیه‌سازی شده توسط مدل با عمق آب برداشت شده بر اساس رابطه ۷ صورت گرفت.

رابطه (۷)

$$\text{درصد خطا}=\frac{|m-o|}{o}\times 100$$

که در این رابطه m ارتفاع اشل آب برحسب متر و o ارتفاع آب حاصل از مدل برحسب متر می‌باشد. براساس نتایج واسنجی مدل، ضریب زبری کانال به‌طور میانگین ۰/۰۴۸ بدست آمد پس از واسنجی مدل، به منظور اعتبارسنجی آن از سری دیگر از داده‌های برداشت میدانی (عمق آب) استفاده شد و با عمق آب شبیه‌سازی شده توسط مدل با پارامترهای ضریب زبری واسنجی شده مقایسه گردید. بر اساس جدول ۱ و مقایسه ارتفاع آب در ایستگاه‌های اندازه‌گیری شده که توسط مدل شبیه‌سازی‌شده است با ارتفاع واقعی اندازه‌گیری شده، می‌توان چنین استنباط کرد که مدل عملکرد مناسبی در برآورد عمق آب داشته است. بخشی از این اختلاف هم به خطا در اندازه‌گیری میدانی برمی‌گردد.

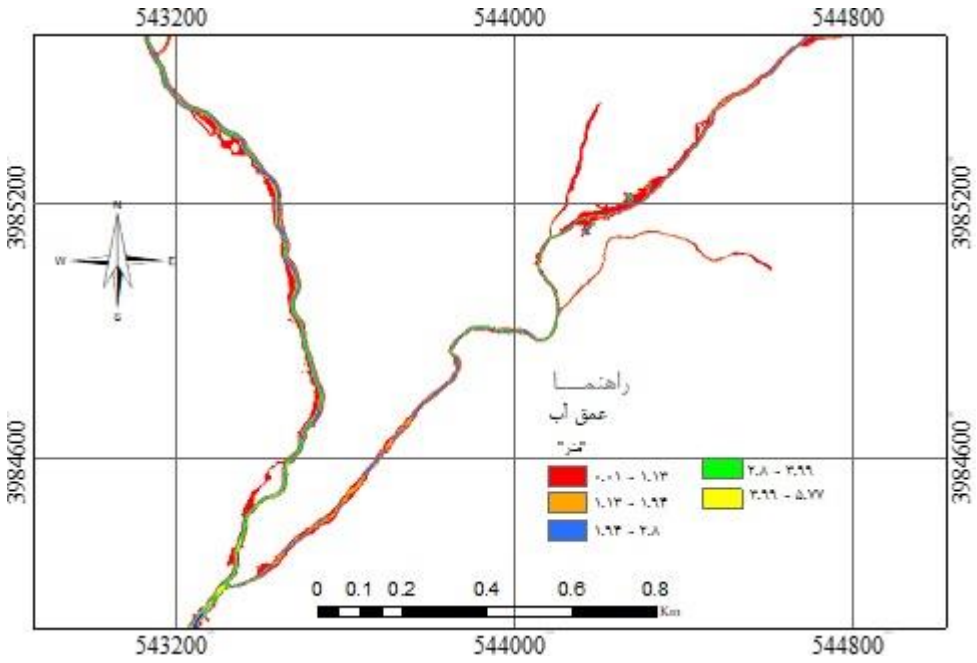
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.6.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.165]

جدول ۱- بررسی میزان خطای مدل در چند اجرای با دبی‌های متفاوت

Table 1. Checking the model error in several runs with different discharge

مقطع	X	Y	دبی(متر مکعب بر ثانیه)	سرعت متوسط جریان(متر بر ثانیه)	ضریب زبری وانسنجی	عمق آب اندازه گیری شده(متر)	عمق آب حاصل از مدل(متر)	میزان خطا(متر)	درصد خطا
۱	۵۴۷۴۵۵/۸۴	۳۹۷۲۴۹۳/۱۱	۵۳/۰۴	۲/۶	۰/۰۴۸	۱/۲۰	۱/۱۳	۰/۰۷	۶/۱۹
۲	۵۴۷۶۳۳/۷۶	۳۹۷۱۳۸۶/۰۸	۵۱/۵۲	۲/۷	۰/۰۴۸	۱/۲۰	۱/۳۷	۰/۱۷	۱۲/۴۰
۳	۵۴۷۴۰۲/۲۷	۳۹۷۲۷۰۳/۰۷	۵۳/۰۴	۲/۶	۰/۰۴۸	۱/۲۰	۱/۱۶	۰/۰۴	۳/۴۴
۴	۵۴۷۴۷۷/۹۵	۳۹۷۲۳۴۰/۷۹	۶۰/۶	۳/۰	۰/۰۴۸	۱/۲۵	۱/۲۳	۰/۰۲	۱/۶۲
۵	۵۴۷۶۰۵/۸۵	۳۹۷۱۴۹۵/۲۹	۴۸/۱۲	۲/۵	۰/۰۴۸	۱/۱۰	۱/۲۷	۰/۱۷	۱۳/۳۸

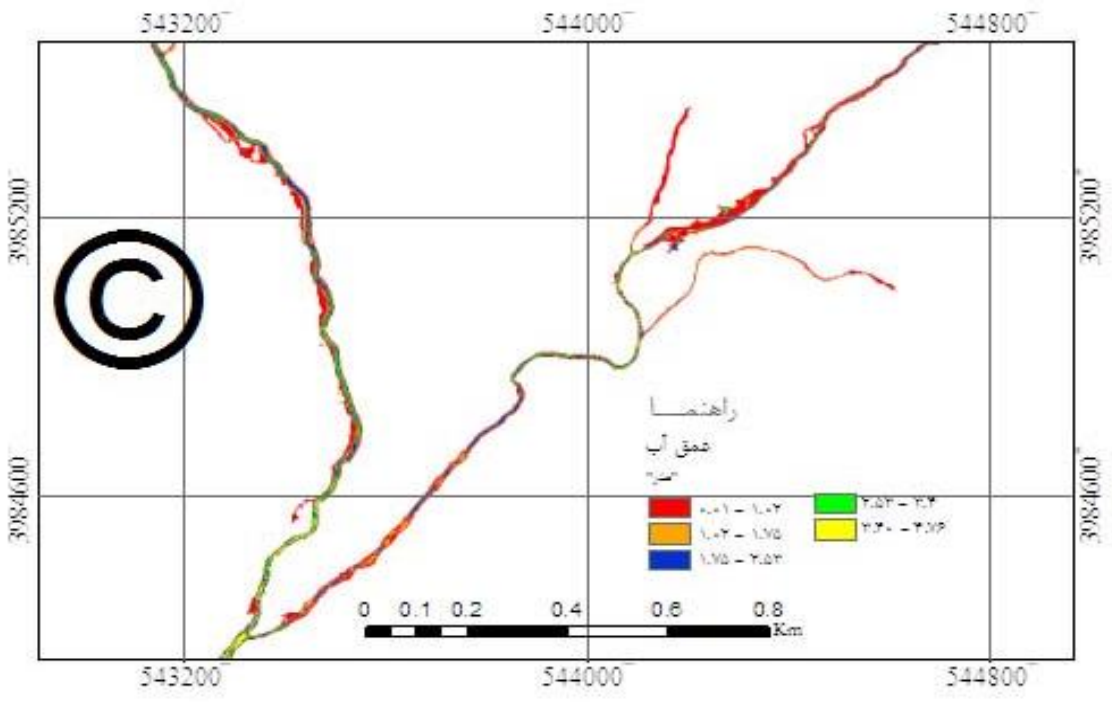
پس از واسنجی و اعتبار سنجی مدل در بازه اوشان به طول۱۸۰۰متر، مدل LISFLOOD-FP در حوزه آبخیز شمشک در دوره‌های بازگشت مختلف اجرا شد. شکل‌های ۳ و ۴ پهنه‌سیل در دوره بازگشت ۵۰ و۱۰۰ ساله را نشان می‌دهد.



شکل ۳- پهنه‌سیل در دوره بازگشت ۵۰ ساله

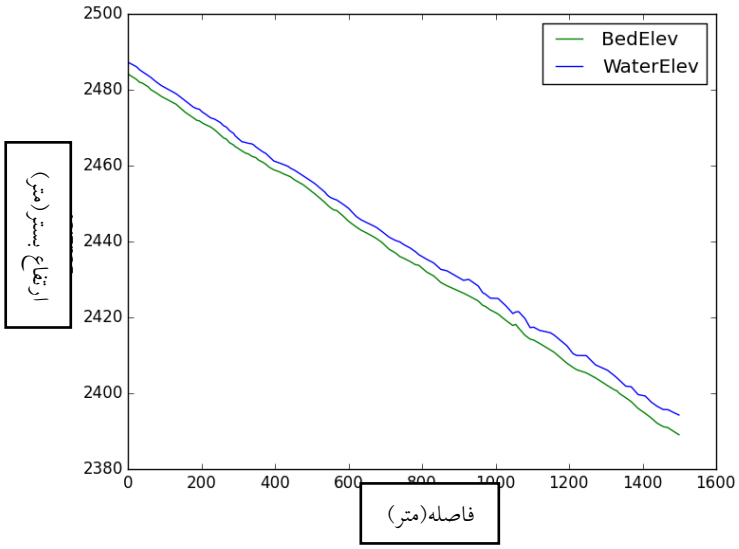
Figure 3. Flood zone 50 years return period

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.6.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.165]



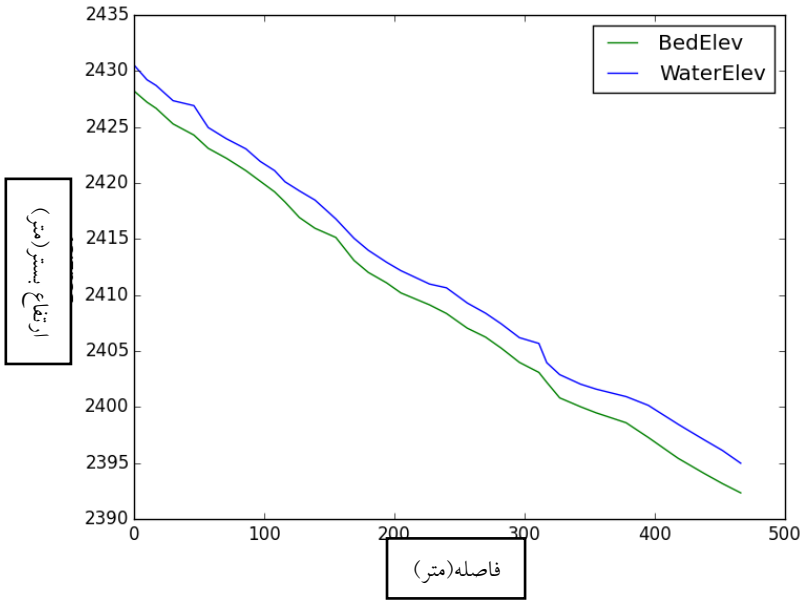
شکل ۴- پهنه‌سیل در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله
Figure 4. Flood zone 100 years return period

پروفیل‌های عرضی عمق جریان سرشاخه‌های حوزه مورد مطالعه و تلاقی شاخه شمشک و شاخه دربندسر در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله با استفاده از فایل‌های خروجی مدل ISFLOOD-FP و برنامه نویسی پایتون ترسیم و در زیر آورده شده است (شکل‌های ۵ و ۶). ملاحظه می‌گردد که در پایین دست پروفیل در محل تلاقی شاخه شمشک و در بندسر در محل روستایی درود در اثر برگشت آب عمق آن افزایش‌یافته است.



شکل ۵- پروفیل عرضی شاخه دربندسر قبل از تلاقی با شاخه شمشک در روستایی درود در دوره بازگشت ۱۰۰ سال
Figure 5. The transverse profile of the Darband Sar branch before the confrontation with Shemshak in the village of Dorod for 100 year return period

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.6.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.165]



شکل۶- پروفیل عرضی شاخه شمشک و تلاقی آن با شاخه دربندسردر روستایی درود در دوره بازگشت ۱۰۰ سال
Figure 6. The transverse profile of the Shemshak branch before the confrontation with Darband Sar in the village of Dorod for 100 year return period



شکل ۷- نمایی از وضعیت آبراهه‌ها در شاخه‌های شمشک
Figure 7. An overview of rivers situation in the Shemshak branches

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.6.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.165]

از بررسی شکل‌های۳تا ۷ ملاحظه می‌شود در دوره‌های بازگشت زیاد عمق و پهنه‌ی آب بسته به وضعیت توپوگرافی با نرخ‌های متفاوت افزایش می‌یابد. البته تفاوت در گستره پهنه‌ی سیلاب‌گیر در اولویت اول ناشی از ویژگی‌های توپوگرافی مسیر می‌باشد. هر جا عرض کانال تنگ شده پهنه‌ی سطح سیلابی نیز افزایش یافته و آب در سطح وسیع‌تری گسترش پیدا کرده است. برعکس، هر جا کانال گشاد شده به همان نسبت پهنه‌ی سطح سیلابی نیز کاهش یافته و به موازات آن عمق سطح سیلابی کاهش یافته است. در حقیقت علت کم بودن تفاوت سطح سیل‌گیر در بسیاری از بخش‌ها وجود توپوگرافی پر شیب در حاشیه آبراهه‌ها است. در بسیاری از مقاطع، به ویژه در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله و برخی از موانع به خصوص آن دسته از موانع که ارتفاع بیش از ۲ متر دارند نظیر ساختمان‌ها و دیواره‌های کناره موجب شده‌اند که پهنه‌سیلابی از وسعت کمی برخوردار باشد که این ویژگی در حوالی روستایی درود به خوبی نمایان است. در این مطالعه برای شبیه‌سازی رفتار سیل، مدل هیدرولیکی دوبعدی LISFLOOD-FP با جدیدترین روش حل(ساب–گرید) در حوزه آبخیز شمشک اجرا شد. اجرای مدل با این روش از دقت بیشتری نسبت به سایر روش‌های حل به‌کار رفته در این مدل برخوردار است. همچنین روش ساب–گرید امکان به‌کارگیری مدل برای رودخانه‌های با عرض کمتر از پیکسل سایز DEM را مهیا ساخته است. امروزه استفاده از این نسل مدل‌ها به دلیل پیشرفت ظرفیت پردازش کامپیوترهای شخصی و دسترسی آسان به مدلی رقومی ارتفاع با تفکیک مکانی بالا به کمک ماهواره‌ها محبوبیت فزاینده‌ای پیدا کرده‌اند. در تحقیق حاضر نسبت به کاربردهای قبلی این مدل در کشور علاوه بر مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با تفکیک مکانی ۲متر از روش ساب–گرید برای اجرای مدل استفاده شده است. به دلیل نبود آمار و اطلاعات کافی جهت واسنجی مدل، عملیات میدانی برای برآورد دبی و عمق متناظر آن صورت گرفت. پس از واسنجی و اعتبارسنجی، مدل در حوزه آبخیز شمشک اجرا شد که بیشتر در روستای شمشک و قبل از تلاقی با شاخه‌ی (Sh_C) و در بخشی از شاخه اصلی دربندسر و همچنین در محل اتصال دو شاخه شمشک و دربندسر در محل روستای درود در برابر سیلاب‌ها بسیار آسیب‌پذیرند و در دیگر قسمت‌های آسیب‌پذیری کمتری دارند. در مقام مقایسه، رحیم زاده و همکاران (۲۲) از دو مدل هیدرولیکی LISFLOOD-FP و HEC-RAS برای پهنه‌بندی سیلاب در بازه‌ی به طول ۱۰ کیلومتر از رودخانه گرگان‌رود استفاده کردند. که نتایج مدل LISFLOOD-FP سازگاری بیشتری را نشان داد. در مطالعه‌ای توسط اوژن و همکاران (۲۰) مدل هیدرولیکی دوبعدیLISFLOOD-FP، **به** منظور پیش‌بینی پهنه سیلاب‌های با دوره بازگشت مختلف در بازه‌ای به طول ۷ کیلومتر از رودخانه چهل‌چای در استان گلستان به‌کار گرفته شد که نتایج اعتبارسنجی مدل در پیش‌بینی پهنه سیلاب نشان داد کـــه مـــدل کارایی مناسبی در شبیه‌سازی منطقه سیل‌گیر دارد. با نگاهی به مطالعات انجام شده، بررسی نتایج مدل و بازدید میدانی می‌توان نتیجه گرفت، بیشتر بخش‌های که تحت تاثیر سیلاب قرار گرفتند به این دلیل است که در این قسمت‌ها به علت عدم لای‌روبی یا عدم وجود دیواره‌ی کناره‌ای کانال ظرفیت انتقال آب را ندارد. مناطق مسکونی در برخی از بخش‌ها به ویژه در روستای درود در معرض سیلاب بیشتری قرار دارند که اقدامات مدیریتی برای این قسمت‌ها ضروری است. ساخت و سازهای انسانی در محدوده شمشک و دربندسر نشان می‌دهد که کاربری‌های نامناسب در منطقه سبب بروز و تشدید بحران‌هایی می‌شود که در راس آن سیل جای دارد. به طور کلی می توان نتیجه گرفت که مدل هیدولیکی دوبعدی LISFLOOD-FP برای شبیه‌سازی سیل به‌خصوص در مکان‌های که احتمال برگشت آب و یا حرکت در عرض می‌باشد (در محل پل‌ها، تلاقی شاخه‌ها و دشت سیلابی) کارامد و کاربردی است.

منابع

1. Almeida, G., A. Bates, P. Freer and J.E. Souvignet. 2012. Improving the stability of a simple formulation of the shallow water equations for 2-D flood modeling. Water Resources Research, 48(5): 1-14.
2. Amarnath, G., Y.M. Umer, N. Alahacoon and Y. Inada. 2015. Modelling the flood-risk extent using LISFLOOD-FP in a complex watershed: case study of Mundeni Aru River Basin, Sri Lanka. Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences, 370: 131-138.
3. Bahremand, A., M. Onagh, A. Najafi Nejad, A. Sadoddin, V. Sheikh, H. Asgari, Ch Komaki, M. Hossein Alizadeh and A. Mohammadian Behbahani. 2017. Predictive research project, Flood management and control under Shemshak Basin-Lotyan Dam Watershed. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, 393 pp (In Persian).
4. Bates, P.D. and A.P.J. De Roo. 2000. A simple raster-based model for flood inundation simulation. Journal of Hydrology, 236(1): 54-77.
5. Chow, V.T. 1982. Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill Publishing Company, 697 pp.
6. Di Baldassarre, G., G. Schumann, P. Bates, J.E. Freer and K.J. Beven. 2010. Flood-plain mapping: a critical discussion of deterministic and probabilistic approaches. Hydrological Sciences Journal, 55(3): 364-376.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.6.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.165]

7. Farahmand, Sh., M. Raeini Sarjaz and K. Solaimani. 2014. Flood Hazard Zonation of Babolrud River Using Hydraulic Model of HEC-RAS in a Geographical Information System Environment (GIS). Journal of Watershed Management Research, 2(3): 19-33 (In Persian).
8. Horritt, M.S. and P. Bates. 2002. Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting flood inundation. Journal of .Hydrology, 268(1): 87-99.
9. Horritt, M.S. and P. Bates. 2001. Effects of spatial resolution on a raster based model of flood flow. Journal of Hydrology, 253(1): 239-249.
10. Hunter, N.M., P. Bates, M.S. Horritt, A.P.J. De Roo and M.G. Werner. 2005. Utility of different data types for calibrating flood inundation models within a GLUE framework. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 9(4): 412-430.
11. Jafari, H. and A.A. Al Sheikh. 2013. Developing an Urban Inundation Simulation Model by Considering Storm water Infrastructures. Scientific Research Crisis Management, 4(1): 41-50 (In Persian).
12. Jafari, P. 2017. Flood hydrograph simulation and flood zoning using hydrologic and hydrolic modeling in the Kashkan River. M.Sc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, 218 pp (In Persian).
13. Kalyanapu, A.J., S.J. Burian and T.N. McPherson. 2010. Effect of land use-based surface roughness on hydrologic model output. Journal of Hydrology, 9(2): 51-71.
14. Mojarad, B. 2016. Investigation of the efficiency of LISFLOOD-FP two-dimensional hydraulic model in flood zoning, M.Sc. Thesis, University of Tehran, Karaj, Iran, 123 pp (In Persian).
15. Maugeri, A. 2016. Capabilities of a coupled 1D/2D model for flood inundation simulation, Columbia Water Center, 13 pp.
16. Niknam, A., G. Khosravi, A. Nohegar and A. Holisaz. 2017. Simulation of flow pattern in a natural meander range using CCHE2D hydrodynamic model (Case Study: Meanders in Upstream of Droodzan Dam). Journal of Watershed Management Research, 8(16): 65-76 (In Persian).
17. Neal, J., G. Schumann, T. Fewtrell, M.Budimir, P. Bates and D. Mason. 2011. Evaluating a new LISFLOOD-FP formulation with data from the summer 2007 floods in Tewkesbury, UK. Journal of Flood Risk Management, 4(2): 88-89.
18. Neal, J., G. Schumann and P. Bates. 2012. A subgrid channel model for simulating river hydraulics and floodplain inundation over large and data sparse areas. Water Resources Research, 48(11).
19. Ozhan, M. 2017. Coupling the flexible hydrologic model, WetSpa-Python and 2-D hydraulic model, LISFLOOD-FP for flood zonation. Ph.D. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, 268 pp (In Persian).
20. Ozhan, M., A. Bahremand, V. Sheikh and CH. Komaki. 2018. Prediction of floods extent with different return periods using 2-D hydraulic model, LISFLOOD-FP. Iran-Water Resources Research, 13(4): 190-195.
21. Rahimzadeh Oghaz, A. 2014. Comparison of flood zoning differences by two hydraulic models HEC-RAS and LISFLOOD-FP in Golestan plain, Gorgan Rood. M.Sc. Thesis Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, 234 pp (In Persian).
22. Rahimzadeh, O., A. Bahremand, N. Noura and M. Mukolwe. 2019. Evaluating flood extent mapping of two hydraulic models, 1D HEC-RAS and 2D LISFLOOD-FP in comparison with aerial imagery observations in Gorgan flood plain, Iran. Natural Resource Modeling, doi.org/10.1111/nrm.12214.
23. Thielen, J., J. Bartholmes, M.H. Ramos and A.D. Roo. 2009. The European flood alert system–Part 1: concept and development. Hydrology and Earth System Sciences, 13(2): 125-140.
24. Wood, M., R. Hostache, J. Neal, T. Wagener, L. Giustarini, M. Chini and P. Bates. 2016. Calibration of channel depth and friction parameters in the LISFLOOD-FP hydraulic model using medium resolution SAR data. Hydrology and Earth System Sciences, 20(1): 1-1.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.6.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.165]

Two-Dimetional Hydraulic Simulation of Floods using the LISFLOOD-FP Raster Model (A Case Study: The Shemshak Watershed, Tehran Province)

Kazem Sadeghian[1], Abdolreza Bahrehmand[2] and Amir Sadoddin[3]

1- Graduated M.Sc. Student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2- Associate Professor, Department of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (Corresponding author: abdolreza.bahremand@gmail.com)
3- Associate Professor, Department of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: May 22, 2018 Accepted: June 9, 2019

Abstract

LISFLOOD-FP belongs to a new generation of hydrodynamic models of flood simulation, which is implemented by a digital elevation map for the river and the waterways, route information and flow rates The LISFLOOD-FP features are two-dimensional hydraulic models: 1. based on raster 2. large scale 3. ease of formulation and high computational efficiency 4. simplicity of use 5. spatial adjustment of computations adaptively by the model itself 6. the ability to use the rivers with a width smaller than the dimensions of DEM pixels 7. the possibility of integration with fully distributed hydrological model such as WetSpa. These are the advantages of LISFLOOD-FP compared to other two-dimensional hydraulic models. Today, two-dimensional hydraulic models which are based on raster has become increasingly popular due to the development of personal computer processing capacity as well as ease of access to high-resolution topographic digital maps. The present study determined hydraulic behavior of flooding and water level in different return periods in Shemshak watershed using a LISFLOOD-FP two-dimensional hydraulic model. In this regard, the digital elevation model (DEM) was used with a spatial resolution of 2 meters. Finally, the data were entered into the model and analyzed. The results indicated that the model is efficient in floods simulation and showed that the river course is vulnerable against flood in one part of the main branch of Darbandsar and in the junction of Shemshak and Darbandsar in Dorood while it has less vulnerability in some other areas.

Keywords: Flood Behavior,Hydraulic Simulation, LISFLOOD-FP, Model-2D, Shemshak Watershed

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.6.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.165]