تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال نهم، شماره ۲، پائیز ۱۳۹۲
Volume 9, No. 2, Fall 2013 (IR-WRR)
۶۴-۷۲

بررسی آزمایشگاهی تأثیر شکل پلان و پروفیل طولی بر تغییـرات جریان سطحی در دامنه‌های مرکب

مهدی گرانیان[۱]، نصرت الله امانیان[۲]، علی طالبی[۳]، محمدرضا هادیان[۲] و مسعود زینی[۴]

چکیده

شکل دامنه یکی از عوامل مهمی است که در مقدار رواناب حوضه آبخیز دخالت دارد. تعیین تأثیر این عامل در برنامه‌ریزی مدیریتی در عرصه‌های منابع طبیعی و عملیات کنترل رواناب بسیار موثر است. بسیاری از سازه‌های کنترل رواناب و فرسایش احداث شده به دلیل نبودن اطلاعات و آمار، متناسب با حجم رواناب و رسوب طراحی نمی‌شود و عموماً برای جلوگیری از خطرات احتمالی، سازه به صورت دست بالا طراحی می‌گردد که این عمل باعث تحمیل هزینه‌های زیادی به اجرای این گونه پروژه‌ها خواهد شد. در این تحقیق با استفاده از یک مدل آزمایشگاهی، رابطه بین شکل دامنه شامل پلان دامنه (همگرا، واگرا و موازی) و پروفیل طولی دامنه در سه حالت (صاف، محدب و مقعر) مورد بررسی قرار گرفت. جهت انجام این امر با استفاده از مدل Evens مدل ژئومتری دامنه در آزمایشگاه ساخته شد که اثر توپوگرافی دامنه را از طریق شکل پلان و انحنای پروفیل طولی دامنه در بر می‌گیرد. با در نظر گرفتن سه حالت همگرا، واگرا و موازی برای شکل پلان دامنه و سه حالت (صاف، محدب و مقعر) برای پروفیل طولی دامنه، ۹ شکل مختلف جهت بررسی رواناب دامنه ایجاد می‌شود. تغییر شکل پلان و پروفیل طولی دامنه، در میزان و حالت جریان‌های سطحی اثر می‌گذارد و باعث ایجاد آستانه شروع رواناب، پیک جریان و زمان تمرکز متفاوتی در دامنه‌های با شرایط یکسان می‌گردد. بر اساس نتایج بدست آمده، مشخص گردید اثر پلان دامنه بر زمان تمرکز بیشتر از اثر پروفیل طولی دامنه است، بطوریکه زمان تمرکز دامنه‌های همگرا بیشتر از دامنه‌های واگرا می‌باشد.

کلمات کلیدی: آستانه شروع رواناب، جریان سطحی، شکل دامنه، مدل ژئومتری Evens ، زمان تمرکز

تاریخ دریافت مقاله: ۱۲ مهر ۱۳۸۹
تاریخ پذیرش مقاله: ۵ مرداد ۱۳۹۱

۱- کارشناس ارشد عمران-آب، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۲- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۳- دانشیار دانشکده مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۴- مربی گروه مهندسی عمران، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
*- نویسنده مسئول

Laboratorial Investigation of Effect of Plan Shape and Profile Curvature on Variations of Surface Flow In Complex Hillslopes

M. Geranian [1], N. Amanian [2], A. Talebi [3], M.R. Hadian [2] and M. Zeini [4]*

Abstract

Hillslope shape is one of the most important parameters that affects the runoff quantity. Determining the effects of this parameter on environmental management and runoff and sediment control is important. Due to the lack of sufficient data and knowledge on these data, most of the structures made for the control of runoff and erosion are not designed properly, mostly overdesigned. A laboratory research is conduced to investigate the relation between profile shape considering the width of the hillslope (divergence, parallel, and convergence) and longitudinal profile of the hillslope (concave, straight, and convex). The Evens geometrical model of the hillslope was made in laboratory that involved the topographical effects of hillslope (i.e. plan shape and concavity of hillslope profile). By considering the three cases of hillslope plan and three cases of profile, nine different shapes were achieved. Varying these parameters in the model, different maximum discharge and time of concentration in the hillslopes would be obtained. Based on the results, plan shape affected the time of concentration more than slope profile, so that the time of concentration in convergent hillslopes is more than divergent hillslopes.

Keywords: Threshold of runoff appearance, Surface flow, Shape of hillslope, Geometrical model, Concentration time.

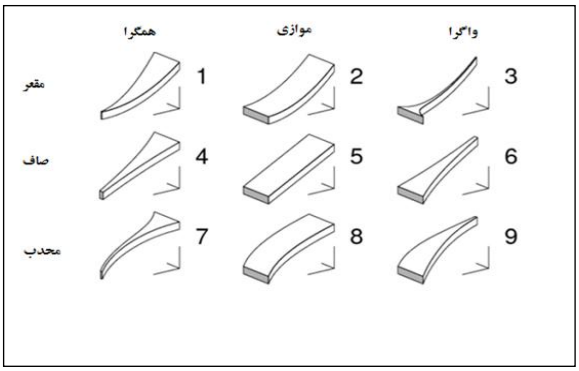
Received: October 4, 2010
Accepted: July 26, 2012

1- MSc. Graduated, Dept. of Civil Engineering, Yazd University, Yazd, Iran, Email:mz.geranian@gmail.com.
2- Assist. Prof., Dept. of Civil Engineering, Yazd University, Yazd, Iran.
3- Assoc. Prof., Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran.
4 - Instructor, Dept. of Civil Engineering, Yazd University, Yazd, Iran.
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

شکل دامنه و چگونگی گسترش ابعاد آن در جهات مختلف تأثیر بسیار زیادی در ایجاد آستانه رواناب، پیک جریان، زمان تمرکز و در مقدار و شدت جریان دارد. شکل شیب در نواحی پر شیب با تمرکز یا پخش آب سطحی به داخل یا خارج حوضه اثر بسیار قوی بر ایجاد رواناب و پایداری شیب‌ها دارد (Talebi et al., 2008b).

دامنه‌ها از لحاظ پروفیل طولی به سه دسته دامنه صاف، دامنه محدب و دامنه مقعر و همچنین از لحاظ شکل پلان نیز به سه دسته همگرا، واگرا و موازی طبقه بندی شده‌اند. با ترکیب پروفیل طولی دامنه و پلان دامنه می‌توان به ۹ شکل متفاوت دست پیدا کرد. در این تحقیق دامنه‌ها از لحاظ پروفیل طولی صاف، محدب و مقعر و از لحاظ پلان به سه دسته همگرا، واگرا و موازی طبقه بندی شده‌اند، که در شکل ۱ نمایش داده شده است (Troch et al., 2002).



شکل ۱- نمایش سه بعدی انواع دامنه

فرآیند جریان زیر سطحی در یک دامنه، نحوه حرکت آب نفوذ یافته را کنترل می‌کند. این فرآیندها همچنین توزیع مکانی و زمانی فشار آب منفذی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. در دامنه‌های واگرا آبهای سطحی و زیر سطحی تمرکز پیدا نمی‌کنند بلکه پخش می‌شوند در این حالت تشکیل آبخوان معمول نیست و همچنین در این حالت فشار آب منفذی نسبت به انواع دیگر دامنه‌ها کمتر است و بر عکس در دامنه‌های همگرا تمرکز آب باعث افزایش ناگهانی فشار آب منفذی در حین ذوب برف و یا بارش رگباری می‌شود (Troch et al., 2002).

طالبی و دستورانی (۱۳۸۷) با ترکیب سه نوع پروفیل طولی (مقعر، صاف ومحدب) و سه نوع پلان (همگرا، موازی و واگرا) مدلی برای پایداری دامنه‌های مرکب ارائه کردند. در این مدل تأثیر شکل پلان و پروفیل دامنه در ناپایداری و وقوع زمین لغزش بررسی شد که با استناد به نتایج آنها می‌توان گفت که شیب‌های محدب و واگرا عموماً پایدارتر از شیب‌های دیگر هستند و شیب‌های مقعر و همگرا کمترین پایداری را دارند. و نیز شیب‌های صاف حد واسط دو نوع دیگر هستند (طالبی، ۱۳۸۷؛ طالبی و دستورانی، ۱۳۸۷؛ Talebi et al., 2008b).

Evans (1980) اثر چهار نوع شیب، یعنی یکنواخت، محدب، مقعر و ترکیبی (مخلوط) را در ایجاد فرسایش مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داده است که از شیب مقعر کمترین مقدار خاک و شیب محدب بیشترین مقدار خاک از بین می‌رود. شیب‌های یکنواخت حد واسط می‌باشند.

همچنین تحقیقات Troch et al. (2002) با استفاده از روش‌های صحرایی و روش‌های عددی نشان داد که پروفیل طولی سنگ بستر و شکل دامنه، عوامل مهم و تعیین کننده جریان‌های زیر سطحی می‌باشند.

سبزواری (۱۳۸۹) یک مدل عددی برای تحلیل پاسخ جریان سطحی دامنه‌های مرکب ارائه داد. براساس نتایج به دست آمده زمان تمرکز دامنه‌های همگرا تقریباً دو برابر دامنه‌های واگرا می‌باشد و زمان تمرکز دامنه‌های مقعر نسبت به دامنه‌های محدب بیشتر است ولی اختلاف آنها زیاد نمی‌باشد لذا می‌توان گفت زمان تمرکز دامنه‌های مقعر با دامنه‌های محدب بسیار نزدیک هستند. بنابراین شکل پلان دامنه‌های مرکب تأثیر بیشتری نسبت به انحنای پروفیل دامنه برروی زمان تمرکز جریان سطحی داشت.

در این مقاله سعی شده است تا با استفاده از یک مدل آزمایشگاهی، تاثیر پلان و پروفیل طولی دامنه بر تغییرات جریان سطحی شامل زمان شروع رواناب، زمان تمرکز، مقدار دبی پیک جریان سطحی مورد بررسی قرار گیرد.

۲- روش تحقیق

برای بررسی جریان سطحی در این تحقیق از یک مدل آزمایشگاهی استفاده شده است. طراحی مدل جهت نیمرخ طولی و پلان شیب بر اساس مدل پیشنهادی Evans (1980) انجام گرفت. در این تحقیق با تغییر همزمان پلان و پروفیل طولی دامنه، ۹ شکل مختلف بدست آمده که این اشکال مطابق شکل ۱ طبقه‌بندی شده‌اند (Sabzevari et al., 2009).

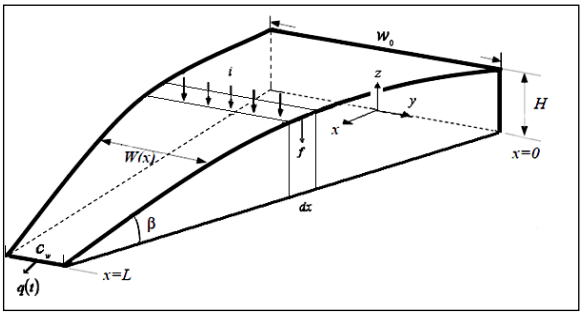
جهت بررسی شکل دامنه‌ها (همگرا، واگرا و موازی) و پروفیل طولی

دامنه (صاف، محدب و مقعر) یک مدل سه بعدی هندسی از دامنه مورد نیاز است. چرا که عکس العمل هیدرولوژیکی دامنه متأثر از پروفیل طولی دامنه و شکل پلان دامنه می‌باشد. شکل دامنه خصوصاً در قسمت خروجی کنترل کننده جریان‌های سطحی می‌باشد (Hilberts et al., 2004).

برای معرفی تابع مناسبی که هندسه دامنه‌های مرکب را بخوبی نمایش دهد تا بتوان با ارتباط آن با عوامل هیدرولوژی به مدل کاملی از رابطه هیدرولوژیک ژئومتری دست یافت، از معادلات Evans (1980) استفاده گردید. تابع دو متغیره درجه دوم Evans (1980) به شکل زیر می‌باشد:

$$z = ax^2 + by^2 + cxy + dx + ey + f \qquad (۱)$$

در این معادله Z ارتفاع، x فاصله افقی در جهت طول دامنه به سمت پایین دست حوضه، y فاصله افقی از مرکز شیب در جهت عمود بر جهت طول دامنه (شکل۲).



شکل ۲- شکل سه بعدی یک دامنه

سایر پارامترها در معادله ثابت هستند. تابع انحناء پروفیل نیز به صورت ذیل می‌باشد:

$$Z(x,y) = E + H(1-\frac{x}{L})^n \qquad (۲)$$

در این معادله، E و H به ترتیب حداقل و حداکثر ارتفاع نسبت به سطح مبنا، L طول کل دامنه و n پارامتر انحناء پروفیل می‌باشد. مقادیر n بزرگتر از یک برای پروفیل‌های مقعر، کوچکتر از یک پروفیل محدب و همچنین n مساوی یک پروفیل صاف را مشخص می‌کند.

Troch et al. (2002) ترم درجه دومی را به معادله فوق اضافه نمود که شکل شیب در جهت عرض دامنه را نشان می‌دهد:

$$Z(x,y) = E + H(1-\frac{x}{L})^n + \omega y^2 \qquad (۳)$$

در این رابطه ω پارامتر انحناء پلان و y مسافت از مرکز شیب می‌باشد. با فرض مقادیر مثبت، منفی و صفر برای انحناء پلان (که با x نشان داده می‌شود)، ۹ الگوی پایه‌ای مختلف از فرم هندسی دامنه که از ترکیب سه انحناء پلان و سه انحناء پروفیل است، بدست می‌آید.

مقادیر n و ω ثابت است ولی با توجه به هندسه آن مقادیر متفاوتی دارند. مقدار ω از رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

$$\omega = \frac{h}{L^2} \qquad (۴)$$

پارامترهای ژئومتریک ۹ دامنه مشخص شده که در شکل ۲ نشان داده شده است، در جدول ۱ ذکر شده است.

این مطالعه در شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از یک دستگاه باران‌ساز مصنوعی (شکل ۳) انجام گرفت.

در تمام آزمایشات شدت بارندگی ثابتی بر سطح دامنه اعمال شده است، برای ایجاد باران، باران پاش به گونه‌ای تنظیم شده که بارش اعمال شده بر تمام سطح حوضه به طور یکنواخت پاشیده شود.

جدول ۱- پارامترهای هندسی دامنه‌های مورد مطالعه

شماره الگو	انحنای پروفیل	شکل پلان	ω (m-1)	L (m)	n (بی‌بعد)	h (m)
1	مقعر	همگرا	0.014	2	1.5	0.09
2	مقعر	موازی	0	2	1.5	0.09
3	مقعر	واگرا	-0.014	2	1.5	0.09
4	مستقیم	همگرا	0.018	2	1	0.09
5	مستقیم	موازی	0	2	1	0.09
6	مستقیم	واگرا	-0.018	2	1	0.09
7	محدب	همگرا	0.014	2	0.5	0.09
8	محدب	موازی	0	2	0.5	0.09
9	محدب	واگرا	-0.014	2	0.5	0.09

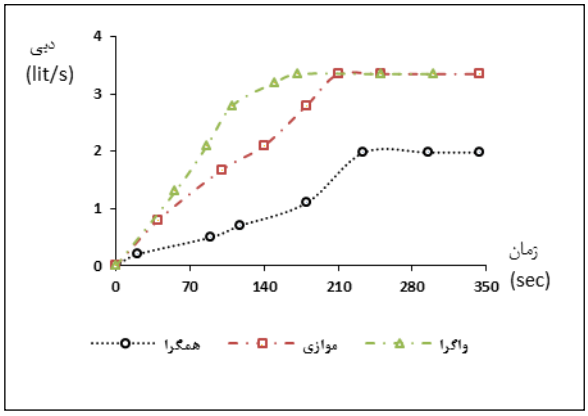
شکل۳- دستگاه باران ساز مصنوعی

برای اندازه‌گیری زمان تمرکز رواناب و مقدار رواناب ایجاد شده در دامنه از یک سرریز لبه مستطیلی استفاده شد. پس از آماده شدن محل آزمایش و تنظیم شیب و باران ساز مصنوعی، باران ساز را روشن و بارش به سطح دامنه اعمال شد. به محض مشاهده ریزش باران کرنومتر روشن و با شروع خروج رواناب از نقطه خروجی که همان لبه سرریز مستطیلی بود زمان یادداشت و به عنوان زمان شروع رواناب منظور شد. با استفاده از اطلاعات سرریز در زمان‌های مختلف میزان پیک جریان نیز تعیین گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تأثیر پلان دامنه بر شکل هیدروگراف

همانطور که در شکل ۴ دیده می‌شود، شکل هیدروگراف برای پلان همگرا حالت کاسه‌ای شکل و نرخ تغییرات دبی در آن بیشتر است، چون اگر طول دامنه به فواصل طولی مساوی تقسیم گردد، در قسمت‌های بالادست مساحت بیشتری در معرض بارش قرار می‌گیرند و رواناب موجود در این نواحی وقتی به نقطه خروجی می‌رسد، حجم آب بیشتری را به نقطه خروجی هدایت می‌کند. بنابراین با گذشت زمان نرخ افزایش دبی هیدروگراف افزایش می‌یابد. ولی دامنه‌های موازی چون همه جا تحت تاثیر یک بارندگی قرار می‌گیرد، نرخ افزایش دبی هیدروگراف ثابت است و هیدروگراف تقریباً به شکل خط صاف وجود دارد. در پلان واگرا نیز فقط نواحی پایین دست در میزان حجم آب خروجی تاثیر بیشتری دارند و مقدار آب در قسمت‌های بالادست تاثیر ناچیزی دارند، بنابراین نرخ تغییرات آن کاهشی است، درنتیجه هیدروگراف به صورت محدب است یعنی شیب قسمت‌های آخر هیدروگراف نسبت به قسمت‌های اولیه هیدروگراف کمتر است.



شکل۴- تأثیر پلان دامنه بر شکل هیدروگراف

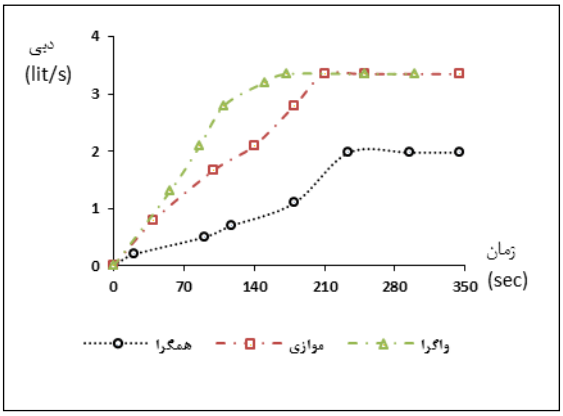
۳-۲- تأثیر پلان دامنه بر زمان تمرکز

پلان همگرا همیشه مقداری آب در خود ذخیره می‌کند و باعث تمرکز جریان سطحی و زیر سطحی می‌گردد، در حالی که دامنه واگرا باعث پخش جریان سطحی و زیر سطحی می‌گردد، در نتیجه دامنه همگرا زمان طولانی‌تری برای تخلیه آب ذخیره شده در دامنه لازم دارد ولی دامنه واگرا آب دامنه را سریعاً از خود عبور می‌دهد. دامنه موازی حد واسط این دو دامنه است.

علت افزایش زمان تمرکز جریان‌های سطحی و زیر سطحی در دامنه‌های همگرا از دامنه‌های واگرا این است که در دامنه‌های واگرا مولکول آب مستقیماً فاصله ۲ متری طول پلات را طی می‌کند تا به نقطه تمرکز برسد، و این در حالی است که در دامنه‌های همگرا مولکول‌های آب در گوشه‌های دامنه قرار دارند، و برای رسیدن به نقطه خروجی نیاز دارند یک مسیر منحنی شکل را طی کنند که این مسیر، طولی بیشتر از ۲ متر دارد بنابراین زمان تمرکز دامنه همگرا بیشتر از دامنه واگرا می‌باشد و برای دامنه‌های موازی حد واسط این مقدار می‌باشد. شکل ۵ نتیجه آزمایش بر روی این سه دامنه در شرایط آزمایشگاهی می‌باشد.

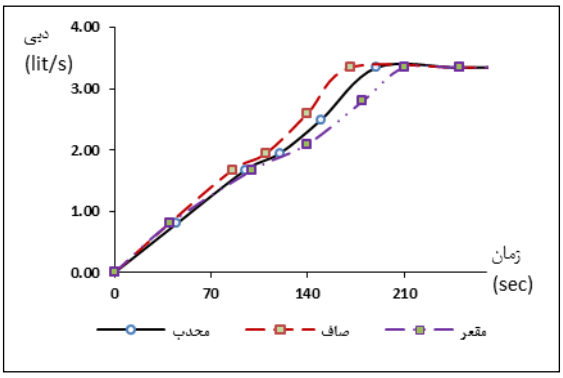
۳-۳- تأثیر پروفیل طولی دامنه بر زمان تمرکز در شرایط آزمایشگاهی

دامنه‌های مقعر به دلیل شیب کم آنها در انتهای دامنه، نیاز به انباشت ارتفاع بیشتری از آب جهت شروع رواناب دارند. پس زمان شروع رواناب در این دامنه‌ها به جهت شیب کمتر در انتهای حوضه



شکل ۵- تاثیر پلان دامنه بر زمان تمرکز در شرایط آزمایشگاهی

طولانی‌تر است. به عبارت دیگر رواناب آنها دیرتر شروع می‌شود، در حالیکه در دامنه محدب به دلیل شیب بیشتر در انتهای دامنه نیاز به انباشت آب کمتر است تا رواناب شروع شود، پس در واقع زمان شروع رواناب در دامنه محدب زودتر از دامنه مقعر اتفاق می‌افتد. همچنین در دامنه صاف زمان شروع رواناب به دلیل شیب حد واسط دامنه در انتهای دامنه نسبت به دو دامنه مقعر و محدب زمان شروع رواناب نیز حد واسط دو دامنه مقعر و محدب است .



شکل ۶ - تأثیر پروفیل طولی دامنه بر زمان تمرکز در شرایط آزمایشگاهی

شایان ذکر است که در دامنه صاف به دلیل یکنواختی شیب در طول دامنه جریان آب زودتر به خروجی دامنه می‌رسد. این در حالی است که دامنه مقعر به دلیل شیب کم در انتهای حوضه، تجمع آب در آن نقطه بیشتراست و این امر زمان تمرکز جریان را افزایش می‌دهد. در دامنه محدب چون شیب در انتهای دامنه زیاد است، میزان تجمع آب در این نقطه کم است و باعث شده زمان تمرکز در این دامنه کمتر از دامنه مقعر باشد، اما شیب کم دامنه محدب در ابتدای دامنه منجر شده تا زمان تمرکز دامنه محدب از زمان تمرکز دامنه صاف بیشتر باشد. شکل ۶ نتیجه آزمایش بر روی این سه دامنه در شرایط آزمایشگاهی می‌باشد.

۳-۴- تأثیر همزمان پروفیل طولی و پلان دامنه بر زمان تمرکز در شرایط آزمایشگاهی

همانطور که جدول ۲ و شکل ۷ نشان می‌دهد، اثر پلان دامنه بر زمان تمرکز بیشتر از اثر پروفیل دامنه است. در واقع مولکول‌های آب در پلان همگرا باید یک مسیر منحنی شکل را طی کنند تا به نقطه خروجی برسند، در صورتی که در پلان واگرا مولکول‌های آب در یک مسیر مستقیم به سمت خروجی حرکت می‌کنند. پس زمان تمرکز دامنه همگرا به مراتب بیشتر از زمان تمرکز دامنه واگراست. این در حالی است که پروفیل طولی دامنه این چنین تأثیری بر زمان تمرکز ندارد. پروفیل دامنه در این جا تنها توانسته میزان آب انباشته شده در منطقه خروجی را افزایش یا کاهش دهد پس پروفیل طولی دامنه نمی‌تواند اثری به اندازه پلان بر روی زمان تمرکز اعمال کند.

۳-۵- اثر پروفیل طولی دامنه بر دبی پیک

آستانه شروع رواناب در دامنه محدب و بعد از آن در دامنه صاف اتفاق می‌افتد. دامنه مقعر آستانه شروع رواناب دیرتری نسبت به دو حالت قبل دارد، در حقیقت ارتفاع آب انباشته شده در دامنه‌های مقعر از دامنه صاف بیشتر و دامنه صاف از دامنه محدب بیشتر است. بنابراین ارتفاع آب بیشتر توانایی آن را دارد که دبی پیک بیشتری را تولید کند.

نکته قابل توجه این است که چون میزان دبی ورودی به هر دامنه برای تمامی رگبارها یکسان است پس در نهایت میزان دبی پیک خروجی تمامی دامنه‌ها باید به همان عدد برسد. براساس نتایج بدست آمده (شکل ۸) می‌توان تفاوت بین اثر پروفیل دامنه بر دبی پیک را در زمان رسیدن به دبی پیک در پروفیل‌های مختلف بیان کرد به این صورت که در دامنه مقعر نرخ افزایش دبی کمتر است و دامنه دیرتر به دبی پیک می‌رسد بعد از آن دامنه محدب و در نهایت دامنه صاف نرخ افزایش دبی بیشتری نسبت به بقیه دارد.

۳-۶ - تأثیر پلان دامنه بر دبی پیک

میزان دبی پیک در دامنه‌های همگرا از همه کمتر است، زیرا این دامنه‌ها دارای یک عرض کوچکتر می‌باشند پس این خروجی نمی‌تواند اجازه دهد تمامی آب انباشته شده از دامنه خارج شود. به همین علت است که زمان تخلیه این دامنه‌ها نسبت به دیگر دامنه‌ها

جدول ۲ (الف)- تأثیر پروفیل طولی و پلان دامنه بر زمان تمرکز در جریان سطحی با شیب ۵ درصد

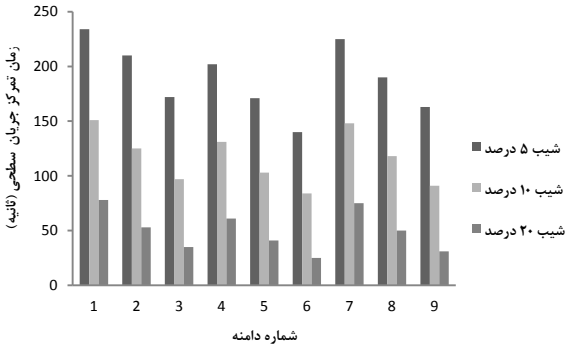
زمان شروع جریان سطحی با شیب ۵ درصد(ثانیه)								
۱	زمان	۲۳۴	۲	زمان	۲۱۰	۳	زمان	۱۷۲
۴	زمان	۲۰۲	۵	زمان	۱۷۱	۶	زمان	۱۴۰
۷	زمان	۲۲۵	۸	زمان	۱۹۰	۹	زمان	۱۶۳

جدول ۲ (ب)- تأثیر پروفیل طولی و پلان دامنه بر زمان تمرکز در جریان سطحی با شیب ۱۰ درصد

زمان شروع جریان سطحی با شیب ۱۰ درصد(ثانیه)								
۱	زمان	۱۵۱	۲	زمان	۱۲۵	۳	زمان	۹۷
۴	زمان	۱۳۱	۵	زمان	۱۰۳	۶	زمان	۸۴
۷	زمان	۱۴۸	۸	زمان	۱۱۸	۹	زمان	۹۱

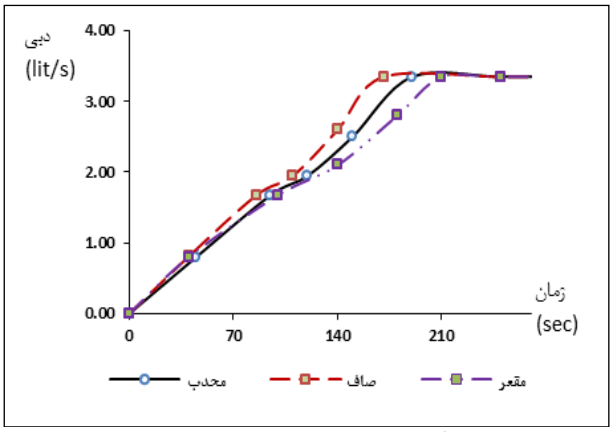
جدول ۲ (ج)- تأثیر پروفیل طولی و پلان دامنه بر زمان تمرکز در جریان سطحی با شیب ۲۰ درصد

زمان شروع جریان سطحی با شیب ۲۰ درصد(ثانیه)								
۱	زمان	۷۸	۲	زمان	۵۳	۳	زمان	۳۵
۴	زمان	۶۱	۵	زمان	۴۱	۶	زمان	۲۵
۷	زمان	۷۵	۸	زمان	۵۰	۹	زمان	۳۱

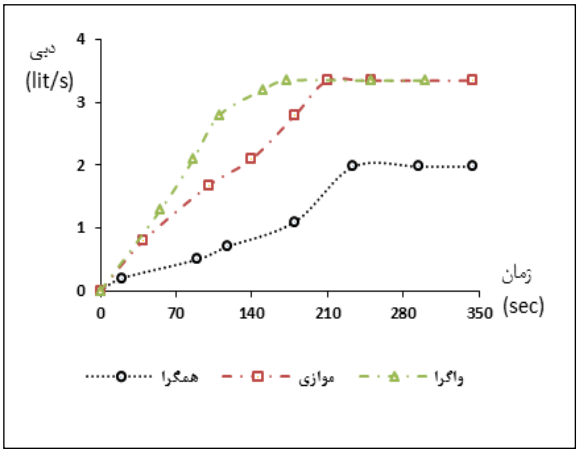


شکل ۷- مقایسه زمان تمرکز جریان سطحی در ۳ شیب ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد

طولانی‌تر است. ولی دامنه واگرا به دلیل خروجی بزرگ دامنه، تمامی رواناب به راحتی خارج می‌شود، و میزان دبی پیک زیاد است و این موضوع زمان تخلیه کوتاه این دامنه‌ها را تایید می‌کند. میزان دبی پیک دامنه‌های موازی همانند دامنه‌های واگراست زیرا این دامنه‌ها نیز دارای خروجی بزرگی است واین قابلیت را دارد که تمامی رواناب دامنه را از خود عبور دهد. شکل ۹ نتیجه آزمایش بر روی این سه دامنه در شرایط آزمایشگاهی می‌باشد.



شکل ۸- تأثیر پروفیل طولی دامنه بر زمان دبی پیک



شکل ۹- تأثیر پلان دامنه بر دبی پیک

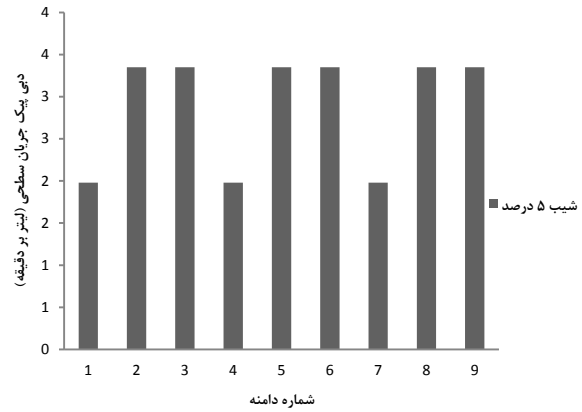
۳-۷- تاثیر همزمان پروفیل طولی و پلان دامنه بر دبی پیک

اثر پلان در میزان دبی پیک خیلی قوی تر از اثر پروفیل بر میزان دبی پیک می‌باشد، زیرا پلان دامنه قادر است میزان دبی خروجی از دامنه را با توجه به عرض دامنه در پایین دست شیب تغییر دهد. یعنی اگر پلان همگرا باشد، میزان دبی خروجی کاهش و در صورتی که پلان واگرا باشد میزان دبی خروجی از دامنه افزایش می‌یابد، زیرا در این حالت دامنه قادر است تمام رواناب دامنه را از خود عبور دهد و هیچ گونه انباشت آب در دامنه وجود ندارد. در حالت همگرا رواناب در خروجی دامنه به دلیل عرض کم متمرکز شده و حالت انباشت آب در دامنه وجود دارد.

این در حالی است که تغییر پروفیل نمی‌تواند میزان دبی را تغییر دهد و فقط می‌تواند نرخ افزایش دبی را در این سه دامنه تغییر دهد چون در این حالت هر سه دامنه توانایی خروج آب از حوضه را به یک مقدار مشخص دارند. جدول ۳ و شکل ۱۰ تاثیر همزمان پروفیل طولی و پلان دامنه را بر دبی پیک جریان در شیب ۵ درصد نشان می‌دهد.

جدول ۳- تأثیر همزمان پروفیل طولی و پلان دامنه بر میزان دبی پیک در درجریان سطحی با شیب ۵ درصد

دبی پیک جریان سطحی باشیب ۵ درصد (لیتر بردقیقه)								
۳.۳۵	دبی	3	۳.۳۵	دبی	2	۱.۹۸	دبی	1
۳.۳۵	دبی	6	۳.۳۵	دبی	5	۱.۹۸	دبی	4
۳.۳۵	دبی	9	۳.۳۵	دبی	8	۱.۹۸	دبی	7



شکل ۱۰- مقایسه میزان دبی پیک جریان سطحی

۳-۸- تأثیر شیب دامنه بر هیدروگراف جریان سطحی و زیر سطحی

شیب یکی دیگر از عواملی است که می‌تواند آستانه رواناب، زمان تمرکز و زمان تخلیه را تغییر دهد. شیب بر روی تمامی ۹ دامنه اثر مشابهی دارد به این صورت که با افزایش شیب، زمان آستانه شروع رواناب در هر ۹ دامنه کاهش می‌یابد، یعنی شروع رواناب در زمان کوتاه‌تری اتفاق می‌افتد. شیب در تمامی دامنه‌ها باعث کاهش زمان تمرکز نیز می‌شود. شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳ اثر افزایش شیب را برای سه شیب ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد را برای هر یک از ۹ دامنه نشان می‌دهند.

۴- نتیجه‌گیری

پلان همگرا همیشه مقداری آب در خود ذخیره می‌کند و باعث تمرکز جریان سطحی می‌گردد در حالی که دامنه واگرا باعث تفریق جریان سطحی می‌گردد، پس دامنه همگرا زمان طولانی‌تری برای تخلیه آب ذخیره شده در دامنه لازم دارد ولی دامنه واگرا آب دامنه را سریعاً از خود عبور می‌دهد. دامنه موازی حد واسط این دو دامنه است.

زمان تمرکز جریان‌های سطحی در دامنه‌های همگرا از دامنه‌های واگرا بیشتر است. دامنه‌های موازی نیز حد واسط این مقدار می‌باشد. زمان شروع رواناب در دامنه محدب زودتر از دامنه مقعر اتفاق می‌افتد.

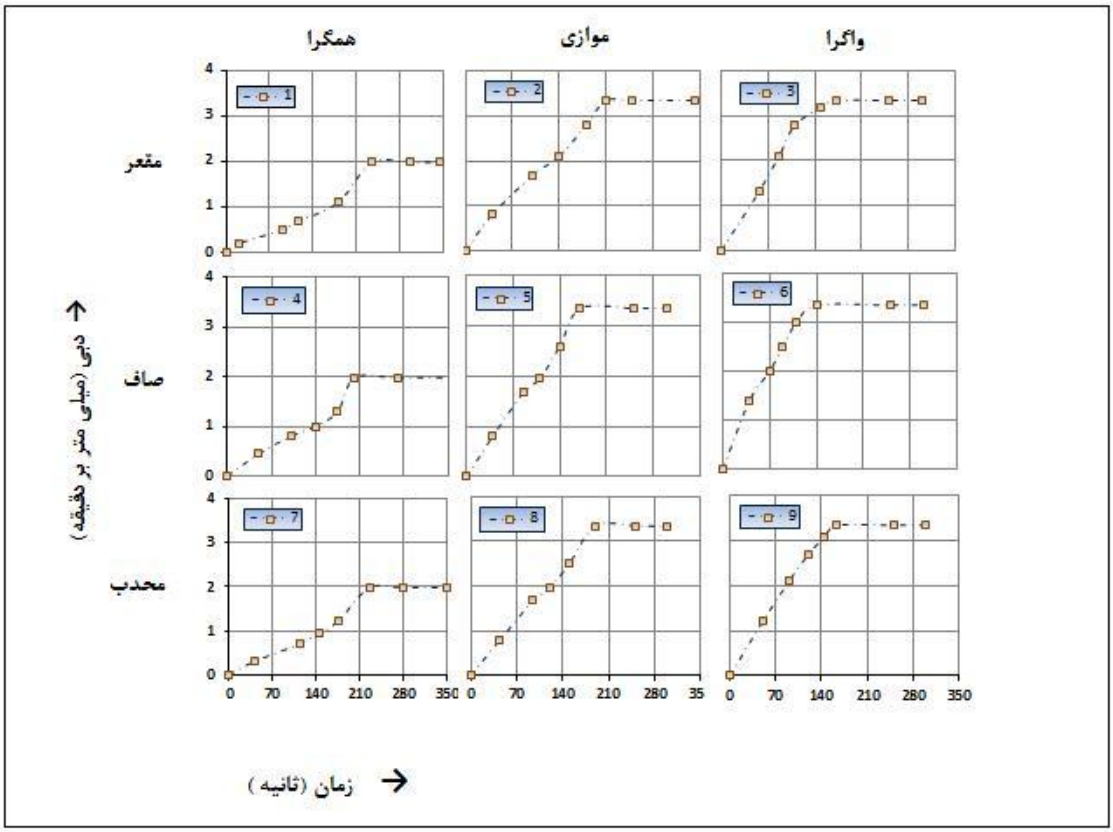
اثر پلان دامنه بر زمان تمرکز بیشتر از اثر پروفیل دامنه است. زمان تمرکز دامنه همگرا به مراتب بیشتر از زمان تمرکز دامنه واگراست در حالی که پروفیل دامنه این چنین تأثیری بر زمان تمرکز ندارد .

دامنه محدب آستانه شروع رواناب کوتاهتری نسبت به دامنه صاف و دامنه صاف آستانه شروع رواناب کوتاه‌تری نسبت به دامنه مقعر دارد. تغییر پلان دامنه از عوامل تاثیر گذار بر آستانه شروع رواناب است.

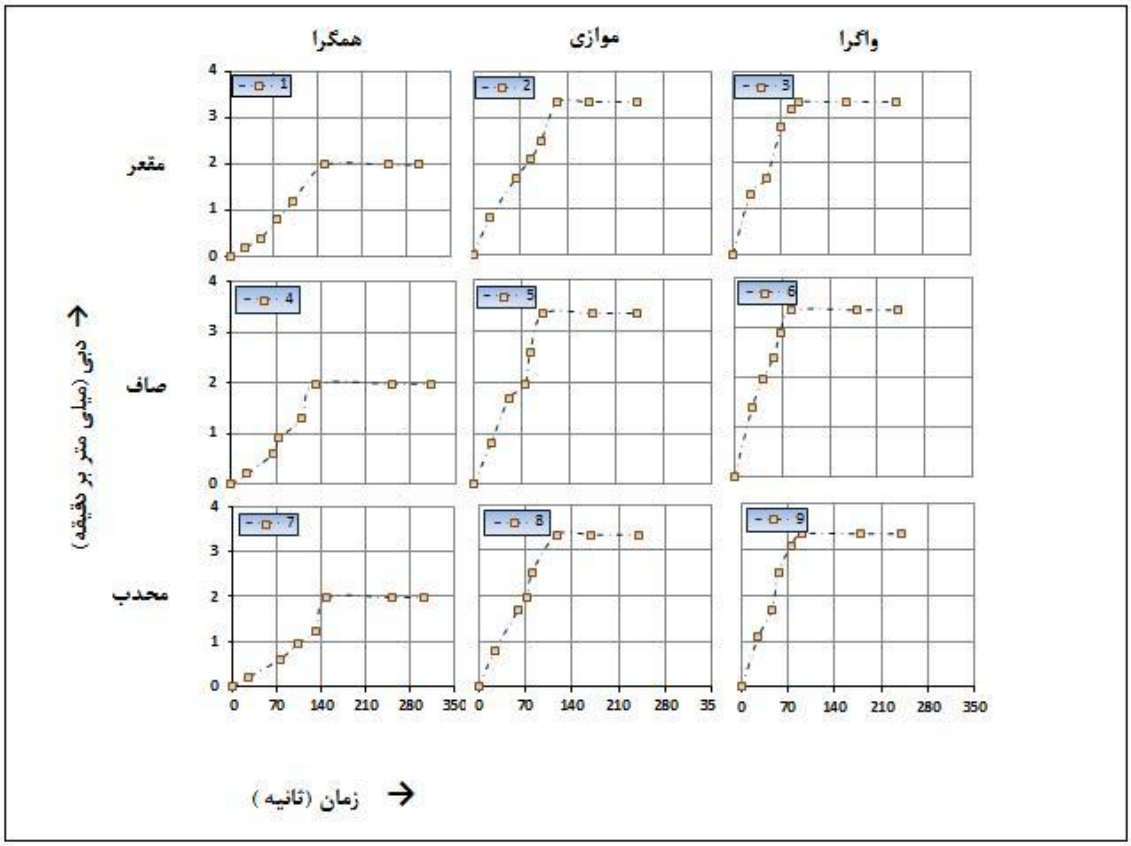
دامنه همگرا با تمرکز آبهای سطحی توانسته آستانه شروع جریان سطحی زودتری را به خود اختصاص دهد در حالی که دامنه واگرا با تفریق جریان‌های سطحی، آستانه شروع جریان خیلی دیرتر نسبت به دامنه همگرا است. همچنین در دامنه موازی آستانه شروع جریان برای جریان‌های سطحی در یک حالت حد واسط دو دامنه همگرا و واگرا قرار دارد.

تأثیر پلان دامنه بر آستانه شروع جریان سطحی خیلی قوی تر از اثر پروفیل دامنه است زیرا این پلان دامنه است که می‌تواند با تغییر حجم ذخیره در قسمت خروجی دامنه آستانه شروع جریان متفاوتی را در پلان‌های مختلف ایجاد کند.

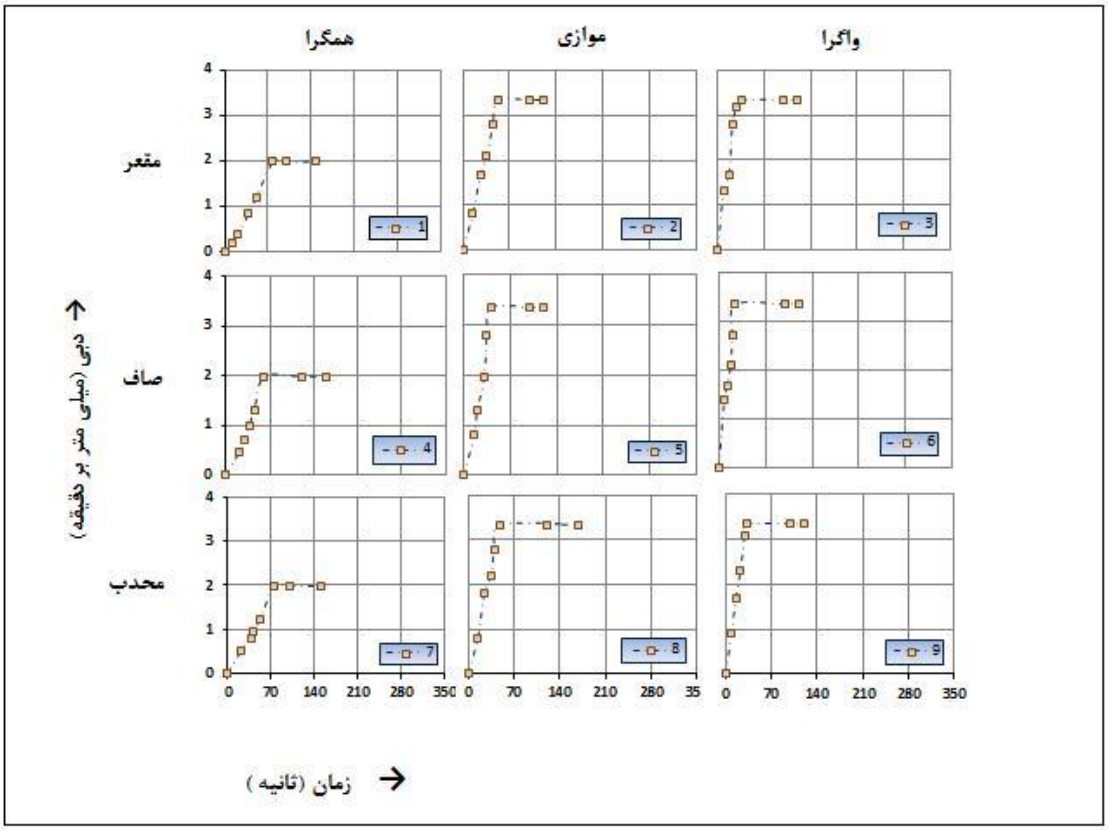
شیب یکی دیگر از عواملی است که می‌تواند آستانه شروع رواناب، زمان تمرکز و زمان تخلیه را تغییر دهد. اثر شیب بر روی تمامی ۹ دامنه اثر مشابهی دارد به این صورت که با افزایش شیب، زمان آستانه شروع رواناب در هر ۹دامنه کاهش می‌یابد، یعنی در زمان کوتاه‌تری آستانه شروع رواناب خواهیم داشت. اثر شیب در تمامی دامنه‌ها نیز باعث کاهش زمان تمرکز می‌شود.



شکل ۱۱- هیدروگراف جریان سطحی با شیب ۵ درصد.



شکل۱۲- هیدروگراف جریان سطحی با شیب ۱۰ درصد.



شکل ۱۳- هیدروگراف جریان سطحی با شیب ۲۰ درصد.

۵- مراجع

سبزواری ت (۱۳۸۹) توسعه هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی حوضه‌های آبخیز بر اساس پاسخ جریان سطحی و زیر سطحی دامنه‌های مرکب. رساله دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران.

طالبی ع (۱۳۸۷) مدل فیزیکی هیدرولوژی جهت بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی در دامنه‌های مرکب (غیر یکنواخت). سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.

طالبی ع دستورانی م ت (۱۳۸۷) بررسی تغییرات دبی جریانهای زیر سطحی در دامنه‌های مرکب (غیر یکنواخت). اولین کنفرانس سراسری مدیریت جامع بهره برداری آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

Evans IS (1980) An integrated system of terrain analysis and slope mapping. Zeitschrifit fur Geomorphologie. Supplementband 36: 274-295.

Hilberts A, Van Loon E, Troch PA , Paniconi C (2004) The Hillslope–storage Boussinesq model for non-constant bedrock slope. Journal of Hydrology 291: 160-173.

Sabzevari T, Taleb A, Ardakanian R , Shamsai A (2009) A steady-state saturation model to determine the subsurface travel time (STT) in complex hillslope. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss. 6: 71791-7212.

Talebi A, Uijlenhoet R , Troch P (2008a) A low dimensional physicaly based model of hydrologic control of shallow landsliding on complex hill slopes. Earth Surf. Process. Landforms. 33: 1964-1976.

Talebi A, Troch PA , Uijlenhoet R (2008b) A steady state analytical slope stability model for complex hillslope. Hydrological Processes. 22: 546-553.

Troch PA, Van Loon E , Hilberts A (2002) Analytical solution to hillslope storage kinematic wave equation for subsurface flow. Advances in Water Resources. 25(6): 637-649.