

## برهمکنش بستر با پوشش گیاهی و جریان با گرادیان فشار مطلوب

حسین افضلی مهر<sup>1</sup>، رامین باغبانی<sup>2</sup>، سینا سهرابی<sup>3</sup>

1- استاد دانشکده عمران دانشگاه علم و صنعت ایران

2- دانشجوی دکتری عمران-دانشگاه رازی کرمانشاه

3- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران-دانشگاه علم و صنعت ایران

hafzali@iust.ac.ir

### خلاصه

این مقاله مشخصات جریان با گرادیان فشار مطلوب با پوشش گیاهی و بستر بدون پوشش بیان شده است. این مطالعه در فلو می به طول 7 متر، عرض 30 سانتی متر و عمق 36 سانتی متر و استفاده از چمن مصنوعی به عنوان پوشش گیاهی با ارتفاع 3 سانتی متر و شیب کانال 0.01- صورت گرفته است. با توجه به نیمرخ سرعت در داخل پوشش گیاهی، با نزدیک شدن به تاج پوشش سرعت های مثبت و سرعت های منفی افزایش می یابد. بعد از تاج پوشش، روند افزایش سرعت های مثبت ادامه می یابد ولی سرعت های منفی روبه کاهش می روند. در ارتفاع  $z/h = 0.2$  نیمرخ سرعت کمینه صفر می شود که می توان علت آن را پوشش گیاهی بیان کرد. همچنین مقدار حداکثر تنش و آشفتگی در تاج پوشش مشاهده می شود که با پژوهش های قبلی مطابقت دارد.

کلمات کلیدی: جریان تندشونده، پوشش گیاهی، نیمرخ کمینه و بیشینه سرعت.

### 1- مقدمه

مهندسی رودخانه به مطالعه و شناسایی پدیده های فرسایش رسوب در رودخانه، کنترل سیلاب و ساماندهی رودخانه می پردازد. که بحث ساماندهی یکی از مهم ترین موضوعات می باشد. دو روش ساماندهی سازه ای و غیر سازه ای را می توان به عنوان روش های ساماندهی نام برد که یکی از راهکارهای ساماندهی با پوشش گیاهی می باشد که از نوع ساماندهی غیر سازه ای می باشند.

#### 1-1- پوشش گیاهی

همانطور که پیشتر ذکر شد پوشش گیاهی یکی از روش های ساماندهی رودخانه می باشد. که در سال های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. که مزایا و معایب در استفاده از پوشش گیاهی وجود دارد. همچنین از دیگر تاثیرات پوشش گیاهی می توان به افزایش زبری و متعاقب آن افزایش ضخامت لایه مرزی اشاره نمود. افزایش ضخامت لایه مرزی باعث کاهش سرعت در نواحی داخلی لایه مرزی می شود. همچنین افضلی مهر و دی (2009) شرح دادند که پوشش گیاهی در مواقعی باعث ایجاد جریان غیر یکنواخت می شود [2].

#### 1-1-1- مزایای پوشش گیاهی

- 1- پایدار نمودن شکل های بستر و دیواره از حرکت بار بستر [1]
- 2- کیفیت آب را از طریق جذب مواد غذایی و اکسیژن محلول افزایش می دهد. [1، 3]
- 3- ارزان بودن نسبت به سایر روش ها
- 4- گرین وی (1987) بیان کرد در پایداری دامنه ها موجب می شود که ریشه ها از نظر مکانیکی با تبدیل تنش برشی در خاک به مقاومت کششی در ریشه ها خاک را مسلح می کند [4].

5- به علت کاهش تنش برشی، فرسایش کاهش می یابد. [1].

6- انرژی آب را کاهش می دهد.

### 1-1-2- معایب پوشش گیاهی

- 1- وابسته بودن به شرایط و تنش های محیطی.
- 2- محدودیت در زمان به منظور استقرار.
- 3- افزایش خطر سیلاب و بالا رفتن سطح آب از طریق کاهش بده عبوری، این حالت زمانی اتفاق می افتد که پوشش گیاهی در دیوار رودخانه و بستر باشد.
- 4- کاهش ظرفیت انتقال آب به وسیله افزایش مقاومت جریان و افزایش نیروی درگ. [1].
- 5- افزایش رسوب گذاری

### 1-2- هدف

- 1- تاثیر پوشش گیاهی بستر بر نیمرخ سرعت بررسی الگوی توزیع سرعت در جریان تند شونده.
- 2- استفاده از آنالیز کوادرات برای تعیین رویدادهای فرآیند برستینگ

### 1-3- مروری بر پژوهش های گذشته

#### 1-3-1- جریان آشفته غیر یکنواخت

جریان آشفته غیر یکنواخت را از نظر زبری می توان به محیط صاف و زبر تقسیم نمود.  
کیرنوتو و گراف (1995)، افضلی مهر (2010) جریان های غیر یکنواخت آشفته را در محیط های زبر بررسی کرده اند. [1, 5, 6].

نتایج این محققین به صورت ذیل می باشد:

1. انحنای نیمرخ سرعت در جریان های تند شونده نسبت به جریان کند شونده بیشتر است.
  2. محل تشکیل حداکثر سرعت در جریان تند شونده، زیر سطح آب و در جریان کند شونده در سطح آب قرار دارد.
  3. وابسته بودن محل تشکیل حداکثر سرعت به عواملی مانند گرادیان فشار و نسبت ظرافت.
  4. برقراری قانون لگاریتمی توزیع سرعت در ناحیه داخلی لایه مرزی.
  5. وابسته بودن شدت جریان آشفته به گرادیان فشار.
  6. بیشتر بودن تنش رینولدز در جریان کند شونده نسبت به جریان یکنواخت و بیشتر بودن تنش رینولدز در جریان یکنواخت نسبت به جریان تند شونده.
  7. در جریان تند شونده، بیشترین مقدار تنش رینولدز در نزدیکی بستر و در جریان کند شونده، بیشترین مقدار تنش رینولدز کمی بالاتر از بستر رخ می دهد. اما در جریان تند شونده با نزدیک شدن به سطح آب به شکل مقعر و در جریان کند شونده به شکل محدب کاهش می یابد. [5]
- نتایج مطالعات کاردوسو (1991)، توزیع سرعت در جریان با گرادیان فشار مطلوب در یک کانال با بستر صاف برای عمق های نزدیک بستر، از قانون لگاریتمی تبعیت می کند. [1]

#### 1-4- جریان آشفته

نوعی رژیم جریان اطلاق می شود که ویژگی آن تغییرات تصادفی خصوصیات سیال است. که پیچیدگی ذاتی دارد. تئودور ون کارمن بیان کرد که آشفتهگی حرکت نامنظمی است که عموماً زمانی که سیالات از روی سطوح جامد عبور می کنند، دیده می شود.

مشخصه های جریان آشفته عبارتند از:

1. ناپایدار و نامنظم و عدم قطعیت بودن
2. کمیت ها نوسان دائمی دارد.
3. آشفتهگی پدیده ای پیوسته است که ویژگی جریان می باشد و نه سیال.
4. طیف وسیع مقیاس های زمانی و مکانی
5. پدیده سه بعدی و دورانی است و تا زمانی که اتفاق می افتد جریان دارای نوسانات ناپایدار است.

#### 1-4-1- معیار تشخیص جریان آشفته

برای تشخیص نوع رژیم جریان از عدد بی بعد به نام عدد رینولدز استفاده می شود، که از رابطه (1) محاسبه می شود.

در جریان کانال های باز هرگاه عدد رینولدز از عدد 2000 بزرگتر باشد، جریان آشفته خواهد بود.

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \quad (1)$$

که در آن  $V$  سرعت جریان،  $\mu$  لزجت دینامیکی است.

همچنین رفتار جریان آرام که توسط قانون لزجت نیوتون بیان می شود توسط رابطه (2) تنش برشی را به گرادین سرعت ارتباط می دهد.

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (2)$$

اما در جریان آشفته، ذرات سیال در مسیرهای نامنظم و چرخشی حرکت می نمایند که این باعث انتقال اندازه حرکت از یک قسمت سیال به قسمت دیگر می شود. رفتار جریان آشفته توسط رابطه (3) که در آن از لزجت گردابی استفاده می شود، بیان می گردد. توجه شود به دلیل بیشتر بودن تلفات انرژی در جریان آشفته در مقایسه با جریان آرام، تنش برشی ایجاد شده در جریان آشفته بسیار بیشتر از جریان آرام است.

$$\tau = \eta \frac{du}{dy} \quad (3)$$

#### 1-4-2- معادلات حاکم بر جریان آشفته

معادلات حاکم بر جریان معادله پیوستگی (معادله 4)، معادله مومنتم در حالت جریان دائمی (رابطه 5) و با در نظر گرفتن تنش برشی از قانون لزجت استوکس در معادلات مومنتم (رابطه 5)، معادلات ناویر استوکس حاصل می شود. معادلات ناویر استوکس بیانگر حرکت ذره سیال در حالت آرام می باشد که شکل تانسوری آن در (رابطه 6) مشاهده می شود.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

$$f_i = \rho \left[ \frac{\partial u_i}{\partial t} + u_i \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right] \quad i=1,2,3 \quad (5)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = x_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \quad i, j=1,2,3 \quad (6)$$

که  $x_i$  نیروی ثقل بر واحد جرم در راستای افق و  $\nu$  لزجت سینماتیکی می باشد.

## 2- مواد و روش ها

### 1-2- تجهیزات و لوازم آزمایشگاهی:

1-1-2- کانال آزمایشگاه: آزمایش ها در کانالی به طول 7 متر، عرض 30 سانتی متر و ارتفاع 36 سانتی متر انجام شده است.

#### 2-1-2- دستگاه ADV:

دستگاه ADV جهت ثبت مولفه های سه بعدی لحظه ای سرعت در یک نقطه همراه با فرکانس بالا (تا 200HZ) طراحی شده است. که این سنجش سرعت با استفاده از پدیده داپلر صورت می گیرد [1]. تفسیر پدیده داپلر در دستگاه ADV اینگونه می باشد که با برخورد امواج صوتی فرستاده شده به ذرات درون آب و برگشت این امواج به گیرنده ها، تفاوت فرکانس صوت ارسال شده و صوت دریافتی اندازه گیری شده و سرعت جریان آب بدست می آید.

در این آزمایش بیشینه فرکانس برای نمونه برداری انتخاب شده است. زمان نمونه برداری برای هر نقطه 2 دقیقه بوده است. با توجه به زمان نمونه برداری و فرکانس، در هر نقطه می توان 24000 داده بدست آورد که همچنین سرعت متوسط از رابطه (7) بدست آورد. [1]

$$\bar{u} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N u_i \quad (7)$$

که در رابطه (7)  $\bar{u}$  سرعت متوسط،  $N$  تعداد داده ها و  $ui$  میانگین سرعت لحظه ای در هر یک از این 24000 داده می باشد.

## 2-2- تعیین سرعت برشی

تعیین سرعت برشی مهم ترین پارامتر برای بی بعد کردن سرعت و آشفتگی است. باید توجه شود که سرعت برشی قابل اندازه گیری نیست و باید محاسبه شود که روش های زیر برای محاسبه آن وجود دارد.

### 2-2-1- روش کلانز

روش کلانز یا قانون جهانی که در این روش سرعت برشی از داده های نیمرخ سرعت در لایه داخلی جریان ( $h/\delta \leq 0.2$ ) که در آن  $\delta$  ضخامت لایه مرزی و  $h$  فاصله از بستر است و با استفاده از قانون لگاریتمی توزیع سرعت بدست می آید.

$$\frac{u}{u_*} = \frac{1}{k} \ln \left( \frac{h}{k_s} \right) + Br \quad (8)$$

که در رابطه (8)  $u$  سرعت متوسط اندازه گیری شده در عمق  $h$  می باشد،  $u_*$  سرعت برشی،  $k$  ثابت جهانی ون کارمن که 0/4 در نظر گرفته می شود،  $Br$  ثابت انتگرال و  $k_s$  برابر زبری است که در اینجا معادل ارتفاع پوشش در نظر گرفته می شود.

### 2-2-2- روش تنش رینولدز

از طریق نیمرخ تنش رینولدز مقدار  $\tau_0$  محاسبه شده و سپس سرعت برشی با استفاده از رابطه (9) محاسبه می شود.

$$u_*^2 = \frac{\tau_0}{\rho} \quad (9)$$

### 2-2-3- روش تئوری لایه مرزی

با استفاده از رابطه (10) ضخامت جابجایی  $\delta_*$  و سپس ضخامت مومنتم از رابطه (11) و با استفاده از رابطه (12) سرعت برشی بدست می آید.

$$\delta_* = \int_0^H \left( 1 - \frac{u}{u_{max}} \right) dh \quad (10)$$

$$\theta = \int_0^H \left( \frac{u}{u_{max}} \right) \left( 1 - \left( \frac{u}{u_{max}} \right) \right) dh \quad (11)$$

در روابط بالا  $\delta_*$  ضخامت جابجایی،  $\theta$  ضخامت مومنتم،  $u$  و  $u_{max}$  مقادیر سرعت متوسط نقطه ای و سرعت بیشینه در نیمرخ سرعت می باشند.

برای محاسبه سرعت برشی توسط افضلی مهر و آنکتیل به صورت زیر استفاده می شود [7]:

$$u_* = \frac{(\delta_* - \theta)U}{4.4\delta_*} \quad (12)$$

با بررسی های صورت گرفته دقیق ترین روش بدلیل در نظر گرفتن مقادیر سرعت در کل عمق، روش تئوری لایه مرزی می باشد.

## 3-2- آنالیز کوادرنانت

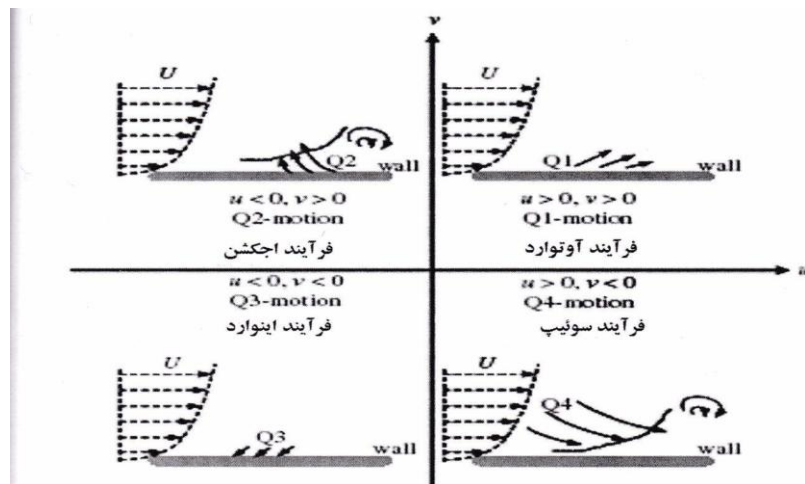
آنالیز کوادرنانت برای تحلیل جریانهای آشفته بکار برده می شود که معمولاً به عنوان روشی برای بررسی تنش رینولدز ناشی از جریان های آشفته بکار می رود. آنالیز کوادرنانت به مطالعه رابطه بین نوسانات زمانی مؤلفه های سرعت در راستای جریان ( $u'$ ) و در راستای عرضی کانال ( $w'$ ) و همانطور که در شکل (1) دیده می شود از سیستم مثلثاتی برای ارتباط آنها استفاده شده است. که به این تقسیم بندی به اصطلاح برستینگ می گویند.

ربع اول: رویداد اوتو آرد که  $w' > 0$  و  $u' > 0$

ربع دوم: رویداد اجکشن که  $w' > 0$  و  $u' < 0$

ربع سوم: رویداد اینوارد که  $w' < 0$  و  $u' < 0$

ربع چهارم: رویداد سوئپ که  $w' < 0$  و  $u' > 0$



شکل 1. جریان آشفته و پروفیل های سرعت در چهار ربع مختصاتی و نمایش چهار نوع واقعه برستینگ

سلینو و لمین (2004) بیان کردند که رویدادهای سوئیپ و اجکشن پدیده های غالب در سیکل برستینگ هستند و از لحظه ای که فرسایش رخ می دهد پدیده های سوئیپ و اجکشن از پدیده های درگیر در انتقال بار معلق هستند. همچنین رخداد سوئیپ باعث شروع حرکت بار بستر می شود. [1] اما پدیده اجکشن اصلی ترین عامل حرکت بار معلق می باشد. نلسون و همکاران (1995) بیان کردند که پدیده سوئیپ تنها عامل حرکت بار بستر نیست و پدیده اتوآرد نیز در انتقال بار بستر موثر است. همچنین وقتی که اتوآرد نسبت به سایر پدیده ها افزایش یابد، میزان انتقال رسوب به مقدار زیاد افزایش می یابد، اگرچه مقدار تنش برشی رینولدز کاهش می یابد [1].

### 3- نتایج و بحث

#### 3-1- بررسی تاثیر پوشش گیاهی مصنوعی بستر

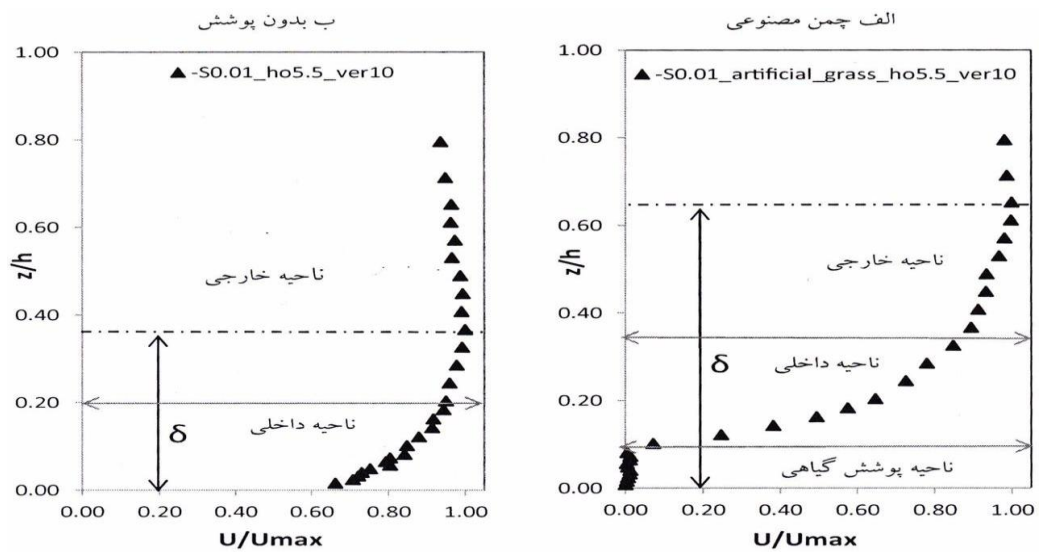
برای سنجش تفاوت بستر با پوشش گیاهی و بستر بدون پوشش گیاهی در جریان با گرادیان فشار مطلوب، آزمایش ها با شیب  $0/01$ - با بستر با پوشش گیاهی چمن مصنوعی با ارتفاع موثر 3 سانتی متر انجام پذیرفت که نتایج آن با بستر بدون پوشش مقایسه شد.

#### 3-1-1- نیمرخ سرعت

در جریان غیر یکنواخت متغیرهای متعددی مثل پروفیل سرعت، عمق جریان، سرعت متوسط، سرعت برشی می باشد. نیمرخ سرعت به عنوان یکی از اساسی ترین آن ها بر روی سایر متغیرها تاثیر زیادی دارد.

#### 3-1-1-1- بررسی نیمرخ سرعت در حالت های با پوشش گیاهی بستر و بدون پوشش

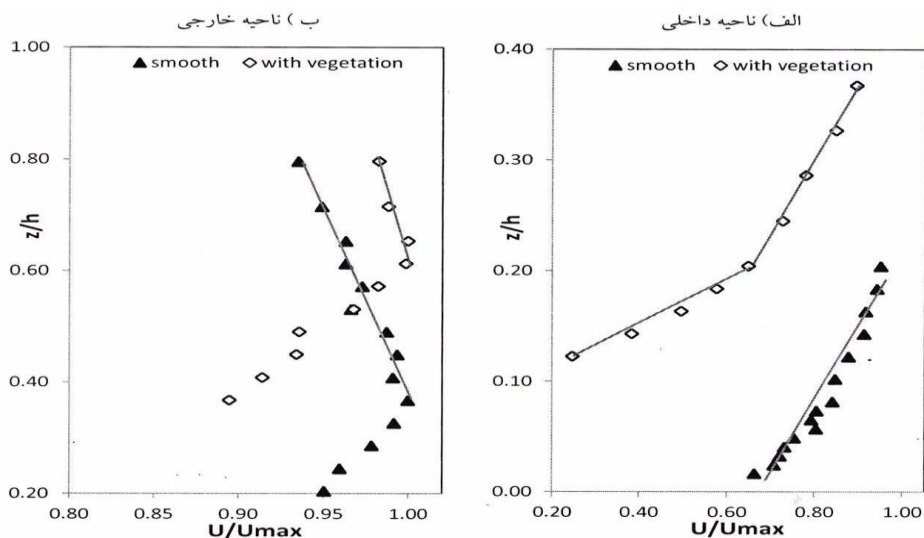
شکل (2) نیمرخ های سرعت متوسط را نشان می دهد. نیمرخ سرعت در حالت بدون پوشش گیاهی به دو ناحیه داخلی و خارجی و در حضور پوشش گیاهی به سه ناحیه که اولین ناحیه از کف بستر شروع شده و ناحیه پوشش نام دارد، دومین ناحیه ناحیه داخلی است که تحت تاثیر شرایط بستر کانال و لزوجت در آن ناحیه غالب می باشد، ناحیه خارجی سومین ناحیه می باشد. در ناحیه داخلی پروفیل سرعت معمولاً از روش کلازر (قانون لگاریتمی) پیروی می کند. در بیشتر پژوهش های قبلی ناحیه داخلی را  $0 \leq z/h \leq 0.2$  (فاصله از بستر و  $h$  عمق جریان) در نظر می گیرند، در حالت پوشش گیاهی از تاج پوشش شروع شده و تا ناحیه خارجی ادامه می یابد. از شکل (2) مشخص است که محل وقوع سرعت بیشینه در حالت بدون پوشش و با پوشش در زیر سطح آب قرار دارد که به این پدیده در اصطلاح دیپ می گویند. کیرنوتو و گراف (1994) و نزو و همکاران (1997) بیان کردند که در صورتی که نسبت ظرافت کمتر از 5 باشد جریان سه بعدی است و حداکثر سرعت در زیر سطح آب رخ می دهد. و با توجه به اینکه در این آزمایش نسبت ظرافت حدود 1.2 می باشد پس جریان سه بعدی و پدیده دیپ در دو حالت با پوشش و بدون پوشش مشاهده می شود. [1]



شکل (2). نیمرخ های سرعت متوسط در دو حالت مختلف بستر

الف) نیمرخ سرعت متوسط در حضور پوشش گیاهی چمن مصنوعی با شیب 0/01- به فواصل 5/5 متری از ورودی کانال و 10 سانتی متری از ساحل راست. ب) نیمرخ سرعت متوسط در حضور پوشش گیاهی چمن مصنوعی بدون شیب 0/01- به فواصل 5/5 متری از ورودی کانال و 10 سانتی متری از ساحل راست.

ناحیه خارجی که بر خلاف ناحیه داخلی، اثر لزوجت غالب نیست و از توزیع قانون لگاریتمی پیروی نمی کند. یکی از راه های تشخیص جریان با گرادیان فشار مطلوب وقوع بیشینه سرعت در زیر سطح آب است. همچنین با توجه به شکل (3) ملاحظه می شود که در هر دو نیمرخ حداکثر سرعت در زیر سطح آب رخ می دهد. تفاوت نیمرخ پوشش با نیمرخ بدون پوشش در ناحیه خارجی این است که در نیمرخ با پوشش حداکثر مقدار سرعت بالاتر از حالت بدون پوشش رخ داده است. در بررسی ناحیه داخلی شیب نیمرخ سرعت در حالت با پوشش کمتر از بدون پوشش است که می توان دلیل آن را افزایش نیروی درگ و تشدید آشفتگی دانست. همچنین مشاهده می شود که در حالت بدون پوشش تمامی داده ها بر روی یک شیب قرار میگیرند اما در حالت با پوشش دارای دو شیب است که نقطه برخورد دو شیب نقطه عطف می باشد که بیانگر جدایی جریان می باشد. دلیل وجود جدایی جریان در این حالت را می توان پوشش گیاهی بیان نمود. و پس از نقطه عطف شیب دو نمودار یکسان و موازی هم می باشد.

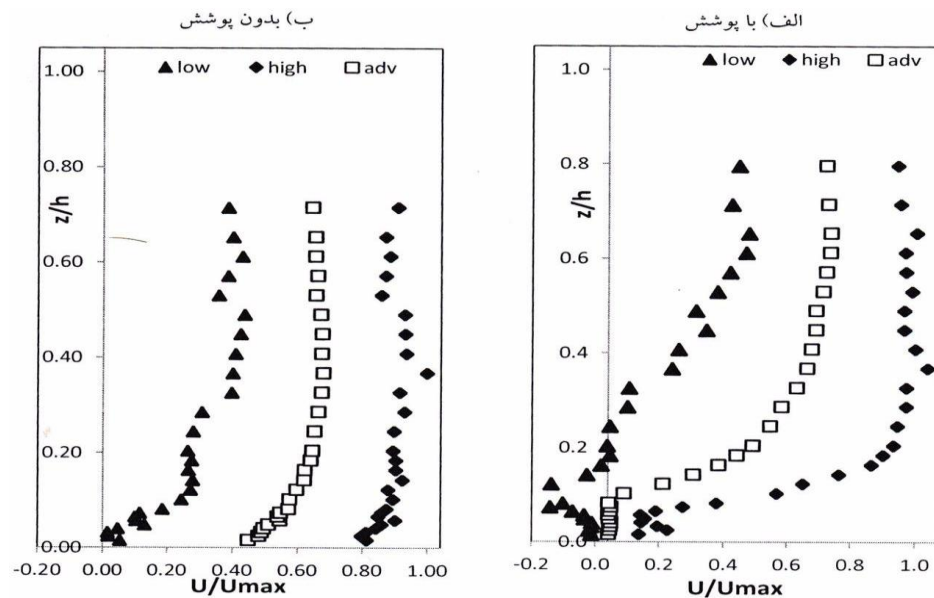


شکل (3) نیمرخ های سرعت در نواحی داخلی و خارجی در شرایط با پوشش و بدون پوشش

الف) ناحیه داخلی نیمرخ سرعت متوسط در حضور پوشش گیاهی و بدون پوشش با شیب 0/01-  
ب) ناحیه خارجی نیمرخ سرعت متوسط در حضور پوشش گیاهی و بدون پوشش با شیب 0/01-

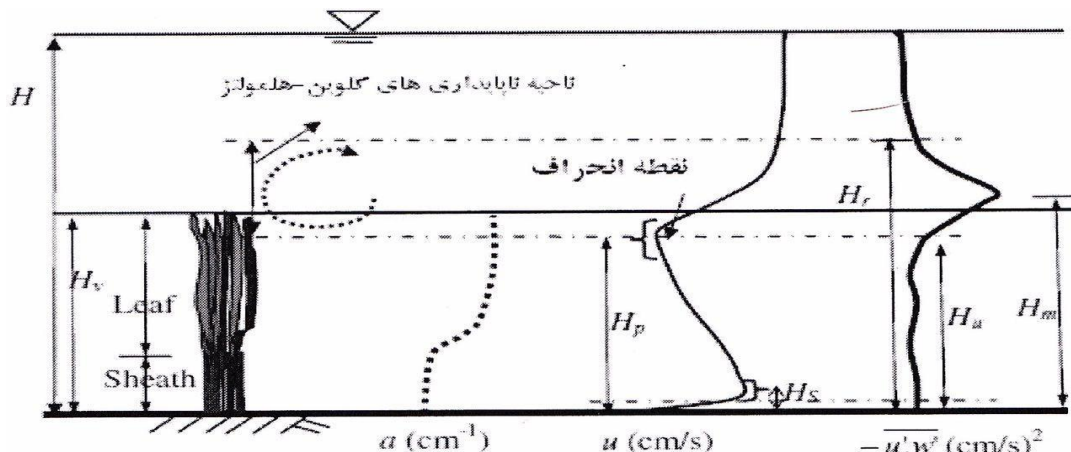
### 3-1-2- بررسی های سرعت متوسط، کمینه و بیشینه

با توجه به اینکه در نیمرخ های سرعت متوسط مقادیر سرعت در ناحیه پوشش گیاهی یکنواخت و بدون تغییر در سرعت می باشد اما نمایش مقادیر کمینه و بیشینه سرعت عدم یکنواختی سرعت در ناحیه پوشش را نشان می دهد. با توجه به شکل (4) در داخل پوشش با نزدیکی به تاج پوشش گیاهی سرعت های مثبت و قدر مطلق سرعت های منفی افزایش می یابد. همچنین در نیمرخ کمینه با پوشش گیاهی، در  $\frac{z}{h} = 0.2$  مقدار سرعت صفر می باشد که باعث ایجاد نقطه جدایی جریان می شود. در صورتیکه در جریان با فشار مطلوب هیچ گاه جدایی جریان رخ نمی دهد ولی در اینجا به علت وجود پوشش گیاهی باعث ایجاد سرعت های منفی و وقوع جدایی جریان می شود. [1]



شکل 4. نیمرخ های متوسط، بیشینه و کمینه سرعت در دو حالت با پوشش گیاهی و بدون پوشش گیاهی با شیب 0.01-.

با دقت بیشتر در نیمرخ های سرعت ملاحظه می شود که سرعت های مثبت و منفی در راستاهای طولی جریان و عمود بر جریان افزایش می یابند. این افزایش منجر به ایجاد یک لایه برشی قوی در تاج پوشش می شود. نف در سال 2000 بیان کرد که حضور پوشش گیاهی در کف بستر موجب ایجاد یک لایه برشی قوی در بالای پوشش می شود که این دو لایه در جهت مخالف و با سرعت های متفاوت بر روی هم حرکت می کنند. این ناپایداری سبب بروز اغتشاش در جریان می شود. که این ناپایداری ایجاد شده را کلون هلموتز می نامند. ناپایداری کلون هلموتز با ایجاد گردابه هایی انتقال عمودی جرم و اندازه حرکت را بین پوشش گیاهی و آب جاری در روی آن کنترل می کند. همانطوریکه در شکل (5) مشاهده می شود نیمرخ سرعت در قسمت پایین پوشش کم و بالاتر از پوشش زیاد می شود. و همینطور تنش آشفتگی از بستر به تدریج زیاد می شود و در ارتفاع پوشش گیاهی به حداکثر میزان خود می رسد. [8]



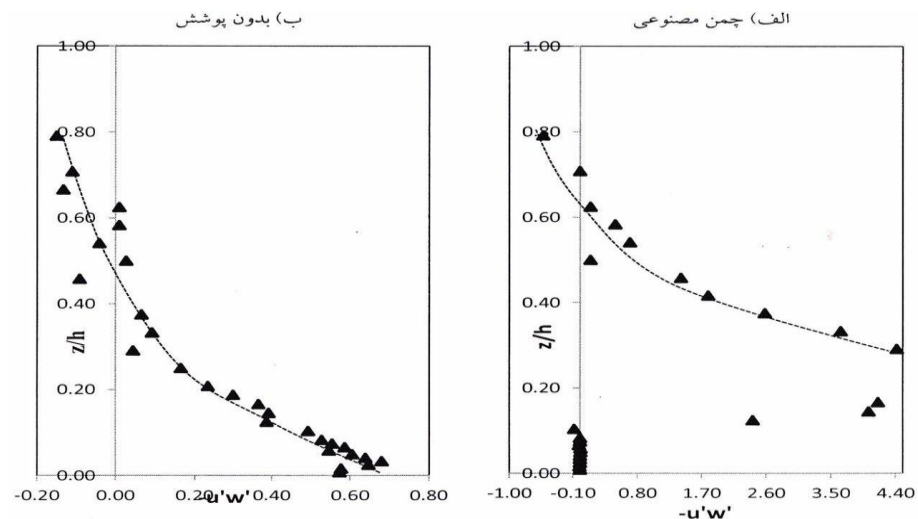
شکل (5). نمایش نیمرخ سرعت و تنش در حضور پوشش گیاهی و تعیین ناحیه ناپایداری کلون هلموتز (نف 2000)



### 3-1-2- تنش برشی

در جریان های آشفته به علت نوسانات شدید مؤلفه های سرعت، انتقال مومنتم بین لایه های مختلف سیال وجود دارد که همین نوسانات با فرکانس بالا دلیل اصلی ایجاد تنش های برشی می شوند [5].

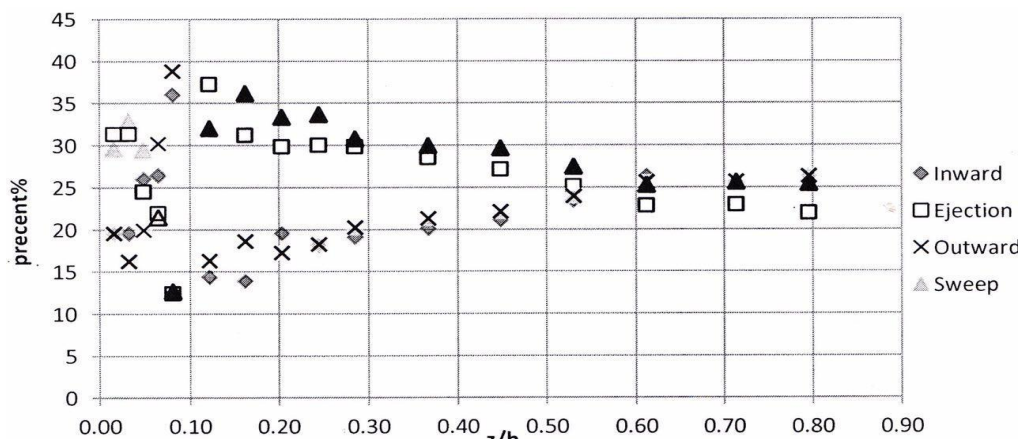
نیمرخ تنش برشی در حضور پوشش گیاهی دارای سه ناحیه متمایز می باشد. در ناحیه داخل پوشش گیاهی تنش تغییراتی نداشته و خطی می باشد. نف و یونی (2000) محل ماکزیمم مقدار تنش رینولدز را دقیقاً در تاج پوشش گیاهی اعلام کردند. همچنین آنها بیان کردند که با حرکت به سمت داخل پوشش گیاهی، مقدار تنش کاهش می یابد. ناحیه دوم که همان ناحیه داخلی در پروفیل سرعت می باشد، از محل تاج با تنش صفر آغاز شده و با عبور از تاج مقدار تنش به شدت افزایش می یابد. ناحیه سوم بیانگر ناحیه خارجی پروفیل سرعت است و تنش برشی روند نزولی دارد و پس از کاهش به مقادیر منفی می رسد. [1]



شکل (6). توزیع های تنش سرعت در دو حالت الف) با پوشش گیاهی و ب) بدون پوشش گیاهی. با شیب 0/01-

### 3-1-3- آنالیز کوادرنانت

افضلی مهر و همکاران (2011) این آنالیز را برای جریان آشفته بر روی پوشش گیاهی به کار بردند. شکل (7) سهم چهار رویداد را نشان می دهد که در پیشامدهای غالب در هر دو حالت، در نزدیکی بستر رویدادهای سوئیپ و اجکشن می باشند و بیشترین سهم را در انتقال اندازه حرکت در نزدیکی بستر دارند و با فاصله گرفتن از بستر سهم این دو رویداد کاهش و سهم رویدادهای اینوارد و اوتوارد افزایش می یابد. [1]. البته در برخی از نقاطی که در فاصله بسیار نزدیک بستر هستند ( $z/h \leq 0.1$ ) بی نظمی هایی دیده می شود که با توجه به ارتفاع پوشش گیاهی که برابر  $\frac{z}{h} = 0.12$  می باشد، وقوع این بی نظمی ها در داخل پوشش گیاهی قابل انتظار است.



شکل (7). نتایج آنالیز کوادرنانت برای بستر با پوشش گیاهی در فاصله 5 سانتی متری از دیواره



#### 4- نتیجه گیری:

- نیمرخ سرعت در حالت بدون پوشش گیاهی به دو ناحیه داخلی و خارجی تقسیم می شود. اما نیمرخ های سرعت با حضور پوشش گیاهی بیانگر وجود سه ناحیه که به ترتیب از کف بستر ناحیه پوشش، ناحیه داخلی و ناحیه خارجی می باشند.
- با توجه به اینکه در حالت پوشش گیاهی و در ناحیه پوشش نیمرخ سرعت متوسط یکنواخت است و امکان بدست آوردن اطلاعات دقیق و کافی از این نیمرخ ها میسر نیست، همچنین ویژگیهای متوسط جریان توانایی شرح زبری بستر را ندارد. به این دلیل باید از نیمرخ های کمینه و بیشینه استفاده کرد تا اطلاعات مورد نظر بدست آید. با بررسی های سرعت کمینه و بیشینه، ملاحظه شد که در ناحیه پوشش با نزدیک شدن به تاج، سرعت های مثبت و منفی در حال افزایش می باشند.
- با توجه به افزایش سرعت های مثبت و منفی تا نزدیکی تاج پوشش یک لایه برشی قوی در تاج پوشش می باشد که به این پدیده، ناپایداری کلونین-هلموتز می گویند.
- از جمله عوامل ایجاد تنش برشی تغییرات سرعت در راستای  $w$  می باشد که در ناحیه داخلی وجود پوشش مقادیر مختلفی به خود اختصاص می دهد که بیانگر وجود جریان های ثانویه می باشد.
- با توجه به توزیع تنش برشی در حالت پوشش گیاهی به سه ناحیه تقسیم می شود که در ناحیه داخلی و با عبور از تاج پوشش، تنش به شدت افزایش می یابد و در ارتفاع  $\frac{z}{h} = 0.2$  به بیشترین مقدار خود می رسد و در ناحیه خارجی رو به کاهش می رود و در انتها مقادیر منفی پیدا می کند.
- با توجه به آنالیز کوادرات در حالت با پوشش و بدون پوشش در نزدیکی بستر رویدادهای غالب سوئپ و اجکشن می باشد و در ناحیه  $0 \leq \frac{z}{h} \leq 0.6$  انتقال اندازه حرکت بیشتر توسط رویدادهای سوئپ و اجکشن می باشد اما در ارتفاع های بیشتر نقش رویدادهای اینوارد و اوتوآرد افزایش می یابد.

#### 5- مراجع

- 1- باغبانی، ر.، (1392). تاثیر پوشش گیاهی بستر بر ساختار جریان با گرادیان فشار مطلوب، پایان نامه کارشناسی ارشد سازه های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
2. Afzalimehr, H., and S. Dey. (2009). Influence of Bank Vegetation and Gravel Bed on Velocity and Reynolds Stress Distributions. *Int. J. Sed. Res.* 24(2): 236-246.
3. Nepf, H. (1999). Drag, Turbulence and diffusion in flow through emergent vegetation. *Water Res.* 94:8146-8162.
4. Greenways, D.R. (1987). Vegetation and slope stability. In *slope stability*, edited by M.F. Anderson and K.S. Richards. Wiley and Sons, New York.
5. Kironoto, B. A., and W. H. Graf. (1995). Turbulence characteristics in rough non-uniform open-channel flow. *Proc. Inst. Civ. Eng. Water Marit. Energy.* 112(4): 336-348.
6. Afzalimehr, H., (2010). Effect of flow non-uniformity on Velocity and turbulence intensities in flow over a cobble-bed. *J. Hydrol. Process.* 24:331-341
7. Afzalimehr, H., and F. Anctil. (1999). Velocity distribution and shear velocity behavior of decelerating flow over a gravel-bed. *Can. J. Civil. Eng.* 26(): 468-475.
8. Nepf, H., and E. R. Vivoni. (2000). Flow structure in depth limited vegetated flow. *J. Geophys. Res.* 105:28547-28557.