

مدلسازی تغییر مورفولوژی زمین لغزش با استفاده از مدل فلوننت (مطالعه موردی دامنه شمالی الوند همدان)

علیرضا ایلدرمی* - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر.
مهران محمدپناه مقدم - کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۱۱ تأیید نهایی: ۱۳۹۷/۱۲/۱۴

چکیده

با بررسی تغییر مورفولوژی و سرعت جابجایی زمین لغزش‌ها می‌توان میزان ناپایداری دامنه‌ها را مشخص نمود. هدف از این بررسی مدلسازی سرعت جابجایی و تغییر مورفولوژی زمین لغزش‌ها در دامنه‌های شمالی الوند همدان است. ابتدا شاخص‌های مورفومتری و ضریب تغییر شکل عرضی، طولی و تغییر شکل زمین لغزش بررسی و سپس با نمونه‌گیری و انجام آزمایشات مکانیک خاک مقدار چگالی و ویسکوزیته مواد لغزشی تعیین شد. سپس بر اساس مقدار شیب و اعداد رینولدز، سرعت و نحوه تغییر مورفولوژی زمین لغزش برای زمان‌های ۵۰ و ۱۰۰ ثانیه در مدل فلوننت مدلسازی شد. نتایج بررسی شاخص‌های مورفومتری و تحول مورفولوژی لغزش نشان داد که زاویه شیب و نفوذ آب بر گسترش جانبی و تغییر شکل عرضی مواد لغزش یافته تأثیر فراوان دارد. بطوریکه لغزش‌ها در بالادست دارای تغییر شکل طولی خیلی ضعیف و در پایین دست دارای تغییر شکل عرضی ضعیف می‌باشد. نتایج حاصل از محاسبه معادلات رینولدز در مدل فلوننت نشان می‌دهد که نحوه حرکت اولیه توده لغزشی تحت تأثیر نیروی ثقل و شیب در نخستین ثانیه‌های حرکت به شکل طولی و در ثانیه ۵۰ به شکل نه‌چندان عرضی و بعد از گذشت زمان و با کاهش اثر نیروی ثقل و شیب در ثانیه ۱۰۰ به شکل کاملاً عرضی و جانبی می‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد که هر چقدر ویسکوزیته توده لغزشی بیشتر شود گسترش عرضی و جانبی بیشتر شده و تشکیل پیشانی قارچی شکل با شدت بیشتری را در پایین دست می‌دهد. بطوری که با افزایش مقدار جابجایی و حجم توده لغزشی، تغییر مورفولوژی از گسترش طولی به گسترش جانبی توده نیز در پایین دست بیشتر می‌شود. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که نتایج حاصل از بررسی مدل فلوننت و شاخص‌ها کاملاً منطبق با نتایج حاصل از مشاهدات میدانی می‌باشد.

واژگان کلیدی: زمین لغزش، شاخص‌های مورفومتری، مورفولوژی، مدل فلوننت.

مقدمه

عوامل متعددی مانند شرایط زمین شناسی، شرایط هیدرولوژی و هیدروژئولوژی، وضعیت توپوگرافی و مورفولوژی، آب و هوا و هوازگی بر پایداری یک شیب تأثیر گذاشته و می‌توانند باعث ایجاد لغزش شوند (گارفی و همکاران^۱، ۲۰۰۷، ۱۸۱). عنصر مکانی خطر زمین لغزش (حساسیت) با فرض اینکه زمین لغزش‌های آینده، تحت همان شرایط و عواملی که زمین لغزش‌های کنونی و گذشته به وجود آمده‌اند، ایجاد خواهند شد، به ارزیابی خطر می‌پردازد (زیزره و همکاران^۲، ۲۰۰۸، ۴۶۷). زمین لغزش‌ها از پدیده‌های مخرب طبیعی هستند که هر ساله خسارات سنگینی به بار می‌آورند. گاهی جبران این خسارت‌ها ممکن نیست و یا به وقت و هزینه بسیار زیاد نیاز دارد. وقوع حرکات توده‌های از جمله زمین لغزش تأثیری منفی بر زندگی و فعالیت‌های اقتصادی بشر دارد (پورقاسمی و همکاران^۳، ۲۰۱۲، ۱۶۰). پهنه بندی خطر زمین لغزش از جمله راهکارهای مفید برنامه ریزی برای جلوگیری از این خسارت‌ها در جاده‌ها است. با این حال، زمین لغزش‌ها معمولاً سیستم‌های پیچیده‌ای هستند و پیش‌بینی حساسیت وقوع آنها نیاز به داده‌های مختلف ژئومورفولوژی، زمین شناسی، هیدرولوژیکی، کاربری اراضی و سایر داده‌های مربوط به عوامل محیطی دارند (لینگ پنگ و همکاران^۴، ۲۰۱۴، ۲۸۷). مدل هیدرولیکی^۵ مبتنی بر اصول اساسی دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) مانند بقای جرم، ممتوم و انرژی می‌باشد. این مدل با زبان C نوشته شده و از معادلات ناویر-استوکس در تحلیل جریان و در صورتی که جریان آشفته باشد، از معادلات تنش رینولدز در حل معادله ناویر-استوکس استفاده می‌کند. برای انفصال‌سازی این معادلات از روش حجم محدود استفاده می‌شود (ژائو و همکاران^۶، ۲۰۰۴).

مطالعات زیادی در مورد ارزیابی فعالیت تکتونیک توسط دانشمندان صورت گرفته است که از جمله می‌توان به مباحث (الحمودنی و همکاران، ۲۰۰۸) (خطیب، ۲۰۰۹) (یمانی و همکاران، ۲۰۱۱) (زارع مهرجردی، ۲۰۱۲) اشاره نمود. عباسی و اسماعیلی (۱۳۸۹) در مدل‌سازی شکست هیدرولیکی سد ناشی از سیلاب ناگهانی با نرم افزار فلوئنت به این نتیجه رسیدند که دقت مدل‌سازی در نرم افزار فلوئنت با اندازه ابعاد شبکه و گام زمانی محاسبات مرتبط بوده و انتخاب مقادیر مناسب آن می‌تواند در دستیابی به جوابهای مناسب تأثیر زیاد داشته باشد. حسینی و همکاران (۱۳۹۴) به شبیه‌سازی سه بعدی الگوی جریان در مجاورت ورودی کانال آبگیر سد انحرافی پرداختند. نتایج نشان داد که پس از صح‌تسنجی مدل عددی، با اعمال تغییراتی در شکل دهانه آبگیر، تأثیر این عامل بر الگوی جریان در مقابل دهانه آبگیر بررسی شد. به ازای زاویه دار کردن دیواره بالادست دهانه آبگیر، جریان گردابی در این ناحیه حذف شد به طوری که عرض ناحیه گردابی، از حدود ۸ درصد عرض دهانه، به مقداری نزدیک به صفر کاهش یافت. بیرانوند و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به برآورد شاخص‌های مورفومتری زمین لغزش کبیرکوه پرداختند. بر اساس تجزیه و تحلیل این شاخص‌ها $Dr: 300$ متر، $Dd: 300$ متر، $Lr/Wr: 0.50$ ، $Dr/Wr: 67/51$ ، $Lr/Dr: 26/03$ و حجم 3908200970 متر مکعب می‌باشد.

انصاری و اسماعیل پور (۱۳۹۶)، مقایسه مدل‌های دو سیالی و حجم سیال در شبیه‌سازی عددی جریان دوفازی سرریزهای پلکانی در شرایط با هوادهی و بدون هوادهی به این نتیجه رسیدند که مدل عددی دو سیالی با خطایی کمتر از ۱۰ درصد

^۱. Garfi et al

^۲. Zezere et al

^۳. Pour Ghasemi et al

^۴. Ling peng

^۵. Fluent

^۶. Zhao et al

قادر به پیش بینی میزان افت انرژی کل جریان در اثر عبور از سرریز پلکانی در مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده تجربی می باشد.

الماسیان و همکاران^۱ (۲۰۱۱) با بررسی مقادیر شاخص های مورفوتکتونیک SL, Smf, Vf همراه با مقطع طولی رودخانه و تغییرات سنگ شناسی آن به این نتیجه رسیدند که درجه فعالیت تکتونیک در حوضه نسبت به دیگر حوضه ها کمتر و در دو حوضه قمصر و قهرود نیز تقریباً در یک رده و نسبت به دو حوضه دیگر بیشتر است.

شریفی و همکاران^۲ (۲۰۱۳) با بررسی ارتباط تکتونیک فعال و پهنه های لغزشی در قالب شاخص های Vf و Smf نقشه پهنه بندی تکتونیک به این نتایج رسیدند که حدود ۶۸ و ۵۳ درصد از پهنه های خطر بالای تکتونیک فعال حاصل از ارزیابی دو شاخص مذکور با پهنه های حساسیت بالا (IV) و خیلی بالا (V) حاصل از نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش منطقه انطباق دارند.

هدف از این بررسی، مدلسازی سرعت جابجایی و تغییر مورفولوژی زمین لغزش مریانج در دامنه های شمالی الوند همدان با استفاده از شاخص های مورفومتری، مدل پیش پردازنده گمبیت^۳ و مدل محاسبگر فلوتنت است تا با استفاده از این روش سطوح لغزش یافته را بررسی و با استفاده از آنالیز شرایط مکانی وقوع آنها، پیش بینی های لازم جهت پایدار سازی دامنه های مستعد به لغزش را انجام داد.

مواد و روش ها

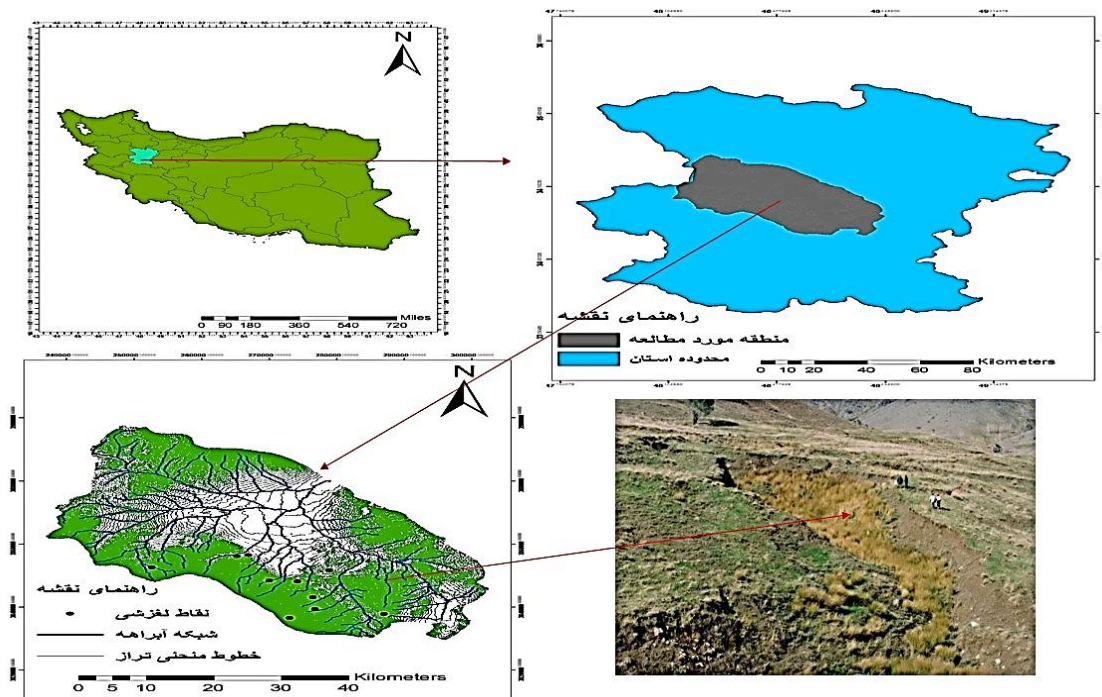
موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به مساحت ۲۷۴۵ کیلومتر مربع در دامنه شمالی الوند (ارتفاعات مرکزی استان همدان) در محدوده $48^{\circ} 45' 45''$ تا $48^{\circ} 44' 29''$ طول شرقی و $34^{\circ} 20' 34''$ تا $34^{\circ} 50' 34''$ عرض شمالی در محدوده زاگرس مرکزی واقع شده است (شکل ۱). سنگ های منطقه از نوع گرانیت نفوذی، شیل، اسلیت و شیست های دوره ژوراسیک می باشد. شکل (۲) متوسط درجه حرارت سالانه منطقه $10/75^{\circ}C$ است که در فصول زمستان و تابستان از $15^{\circ}C$ تا $34^{\circ}C$ + تغییر می کند. میانگین بارش منطقه $443/11$ میلیمتر در سال می باشد. آب و هوای منطقه بر اساس روش آمبرژه، حد واسط نیمه خشک سرد و نیمه مرطوب است.

^۱. Almasian et al

^۲. Sharifi et al

^۳. Gambit



شکل ۱: موقعیت و تصویر لغزش مریانج در دامنه‌های شمالی الوند همدان

روش تحقیق

۱- جمع آوری اسناد و مدارک موجود جهت بررسی منطقه

در این بررسی ابتدا لغزش مریانج با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای و عملیات میدانی، در دامنه‌های شمالی الوند همدان ثبت موقعیت و ابعاد آن شامل عرض (W)، طول (L)، عمق، ارتفاع (h) و مساحت (A) به وسیله مترکشی و عملیات نقشه برداری و پیمایش میدانی اندازه‌گیری شد.

۲- داده‌های مورد نیاز

در این بررسی ابتدا از شاخص ضریب تغییر شکل عرضی، طولی، ضریب تغییر شکل زمین لغزش‌ها و شاخص‌های ویسکوز، عمق، انبساط، نازک‌شدگی، روانی، جریان ویسکوز، جابجایی به منظور ارزیابی و تعیین نوع حرکت، تحول و خصوصیات ژئومورفومتریک لغزش استفاده شد تا با نتایج حاصل از مدل فلوئنت مقایسه شود (جدول ۱).

جدول ۱: شاخص های مورفومتری و روابط محاسباتی آنها (روستایی، ۱۳۸۰: ۱۶۵)

شاخص	رابطه	توضیح
عمق	$D/L * 100$	مقدار زیاد d به L نشانگر گسترش جانبی آن و مقدار بالای آن نشان دهنده تغییر شکل لغزش هاست.
انبساط	$W_x/W_c = 1$	مقدار (۱) نشان دهنده هیچگونه تغییری در پهنای لغزش ها است. بیشتر و کمتر آن نشان دهنده تغییر شکل عرضی شدید مواد لغزشی و مقدار آن از ۱ تا ۱۰ متغیر است. مقدار کمتر نشاندهنده لغزش های جریانی و مقدار بیشتر نشاندهنده عمق زیاد لغزش هاست.
نازک شدگی	LM/Lc	مقدار بالا نشان دهنده تغییر شکل شدید است.
روانی	$W_x/W_c - 1, LM/Lc * 100$	نشانگر تغییر در پهنای لغزش هاست.
جریان و بسکوز	LF/DC	مقدار بیشتر آن بیانگر و بسکوز بیشتر است.
جابجایی	LR/LC	مقدار ۱۰۰٪ نشانگر ثبات در منطقه و بیانگر خروج تمام مواد لغزش یافته است.
سیالیت	با میزان آب مشخص می شود	حضور آب بیشتر، سیالیت بیشتر

ضریب تغییر شکل عرضی

برای محاسبه ضریب تغییر شکل عرضی زمین لغزش منطقه از رابطه (D_r/W_r) استفاده شده است. در این رابطه W_r عرض سطح گسیختگی و D_r عمق سطح گسیختگی است (Dewitte, et al, 2005) (جدول ۲).

جدول ۲: وضعیت زمین لغزش منطقه در طبقات ضریب تغییر شکل عرضی

وضعیت توده لغزشی	D_r/W_r
تغییر شکل عرضی خیلی ضعیف	$18/58 \leq D_r/W_r \leq 3/22$
تغییر شکل عرضی ضعیف	$33/94 \leq W_r/D_r \leq 18/59$
تغییر شکل عرضی متوسط	$48/30 \leq W_r/D_r \leq 33/95$
تغییر شکل عرضی شدید	$64/66 \leq W_r/D_r \leq 49/31$
تغییر شکل عرضی خیلی شدید	$80 \leq W_r/D_r \leq 64/67$

ضریب تغییر شکل طولی

نسبت بین عمق و طول گسیختگی زمین لغزش از رابطه (L_r/D_r) به دست می آید. که در این رابطه D_r : عمق سطح گسیختگی و L_r : طول سطح گسیختگی است (جدول ۳).

جدول ۳: وضعیت زمین لغزش منطقه در طبقات ضریب تغییر شکل طولی

وضعیت توده لغزشی	L_r/D_r
تغییر شکل طولی خیلی ضعیف	$61/13 \leq L_r/D_r \leq 1/43$
تغییر شکل طولی ضعیف	$120/83 \leq L_r/D_r \leq 61/14$
تغییر شکل طولی متوسط	$180/53 \leq L_r/D_r \leq 120/84$
تغییر شکل طولی شدید	$240/23 \leq L_r/D_r \leq 180/54$
تغییر شکل طولی خیلی شدید	$300 \leq L_r/D_r \leq 240/24$

ضریب تغییر شکل زمین لغزش

ضریب تغییر شکل زمین لغزش از رابطه (Lr/Wr) به دست می‌آید. که در این رابطه Lr : طول سطح گسیختگی و Wr : عرض سطح گسیختگی می‌باشد (Dewitte, et al, 2005) (جدول ۴).

جدول ۴: وضعیت زمین لغزش منطقه در طبقات ضریب تغییر شکل زمین لغزش

Lr/Wr	وضعیت توده لغزشی
$\sqrt{Lr/Wr}$	زمین لغزش‌های با گسترش جانبی
$\leq Lr/Wr1$	زمین لغزش‌های کشیده

حجم لغزش (V)

حجم لغزش V بر حسب مترمکعب و از طریق روابط زیر بدست می‌آید:

۱- حجم اولیه زمین لغزش قبل از حرکت مواد، با $Vold$ محاسبه می‌شود (Gruden, et al, 1996).

$$Volr = 1/6 * Dr.Wr.Lr \quad (1)$$

در این رابطه Wr : عرض سطح گسیختگی Lr : طول سطح گسیختگی Dr : عمق سطح گسیختگی می‌باشد.

۲- حجم حرکات سریع مواد جابه‌جا شده را نمی‌توان به درستی با $Vold$ محاسبه کرد زیرا Dd ناشناخته است.

مقدار $Vold$ با توجه به اینکه $Dd=D_r$ می‌باشد. بنابراین حجم مواد جابه‌جا شده با استفاده از مقدار $Ld=L_r$ و رابطه زیر بدست می‌آید (WP/WLI, 1990).

$$Vold = 1/6 * D_r . W_r . L_d \quad (2)$$

در این رابطه (W_r) عرض سطح گسیختگی (L_d) طول توده جابه‌جا شده D_r عمق سطح گسیختگی می‌باشد.

۳- تحلیل‌های دو و سه بعدی مدل فلوئنت

برای مدلسازی عددی لغزش از نرم افزار FLUENT 6.3.26 و برای تولید شبکه، هندسه مورد نیاز و تحلیل و تصاویر دو بعدی و سه بعدی لغزش و نحوه حرکت و سرعت جابجایی و تغییر مورفولوژی آن از نرم افزار GAMBIT 2.0 استفاده شده است. لذا ابتدا برای تولید شبکه، هندسه مورد نیاز، مشخصات هندسی و هیدرولیکی میدان حل، شامل ایجاد شبکه محاسباتی جهت تنظیمات مدل، اطلاعات ورودی به مدل جهت تحلیل آن تهیه و تعیین گردید به طور کلی مراحل که این پیش پردازنده به آن می‌پردازد به صورت زیر می‌باشد:

تولید هندسه

در این مرحله ابتدا برای تولید هندسه لغزش از نرم افزارهای تولید کننده هندسه ابعادی، مانند گمبیت استفاده شده است. داده‌های مورد نیاز در این رابطه داده‌های مورفومتری شامل عرض (w)، طول (L)، عمق، ارتفاع (h)، مساحت (A) و حجم (V) می‌باشد.

تولید شبکه

بعد از تولید هندسه با استفاده از امکانات این نرم افزار اقدام به تولید شبکه شامل تعریف حدود نواحی مختلف برای شرایط متفاوت در مدل فلونت شده است. در این مرحله ساختار مناسب به صورت شبکه تولید شده در شرایط مختلف، مانند تعریف کردن نواحی جامد و نواحی سیال لغزش بر اساس خصوصیات مورفومتری به آن وارد شده است.

تعریف و تعیین شرایط مرزی برای حل شرایط مختلف در مدل فلونت

برای حل مسئله دینامیکی سیال لغزش، اقدام به تعیین شرایط مرزی در نرم افزار گمبیت شده که در این بررسی خصوصیات و پارامترهای مربوط به لغزش شامل عرض (w)، طول (L)، عمق، شیب، ارتفاع (h) و مساحت (A) و حجم (V)، مقادیر مختلف اعداد رینولدز، معادله مومنتم، معادله ناویراستوکس، مدل های تلاطمی، شیب و نیروی ثقل، ویسکوزیته و نوع و جنس خاک و درجه اشباع که از مهمترین مشخصات لغزش است وارد نرم افزار فلونت شده است (سلطانی و رحیمی اصل، ۱۳۸۷).

۴ - معادلات جریان

قوانین حاکم بر جریان سیال تراکم ناپذیر لزج مثل یک توده لغزشی توسط یک معادله پیوستگی و سه معادله مومنتم در جهات محورهای سه گانه مختصات که به معادله ناویراستوکس معروف هستند، قابل بررسی و مدل سازی است. این معادلات در واقع بیانگر پایداری جرم لغزش به شکل ریاضی می باشند (لطیفی و همکاران، ۱۳۹۵، ۱).

در این بررسی با توجه به اینکه توده لغزشی به شکل متلاطم حرکت می کند، لذا از معادلات جریان، مدل های تلاطمی و معادلات آن، توابع مختلف دیواره در جریان متلاطم و روش VOF^۱ استفاده شده است. که روابط آن به شکل زیر بیان می شوند. (لطیفی و همکاران، ۱۳۹۵) (فلونت اینک^۲، ۲۰۰۶).

u_i مولفه سرعت لحظه ای در جهت x_i ، v لزجت مولکولی، ρ چگالی سیال، g_i مولفه شتاب ثقل در جهت i ، p ترم فشار در هر نقطه از سیال. معادله پیوستگی

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 \quad (3)$$

معادله مومنتم

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + g_{x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} (v \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} - \overline{\bar{u}_i u'_j}) \quad (4)$$

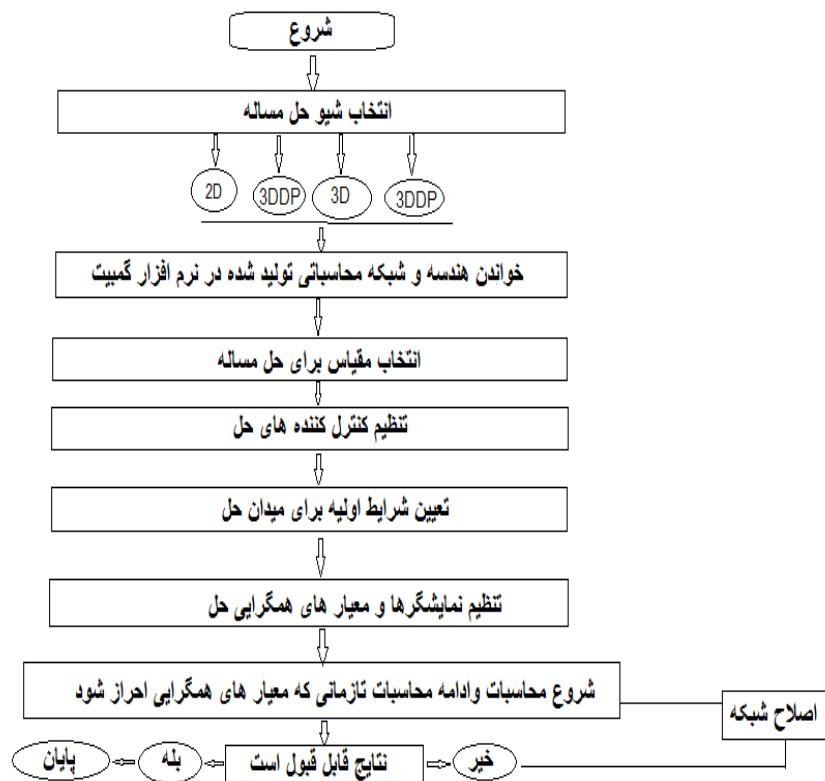
پارامتر $\overline{\rho \bar{u}_i u'_j}$ تنش رینولدز است که بر سیال لغزش عمل کرده و اثر آشفتگی را در سیال اعمال می کند. به دلیل اینکه تعیین پارامتر تنش برشی رینولدز مشکل می باشد بدین منظور از مدل های تلاطمی متفاوت جهت حل میدان جریان در این بررسی استفاده شده است.

^۱ Volume of Fluid

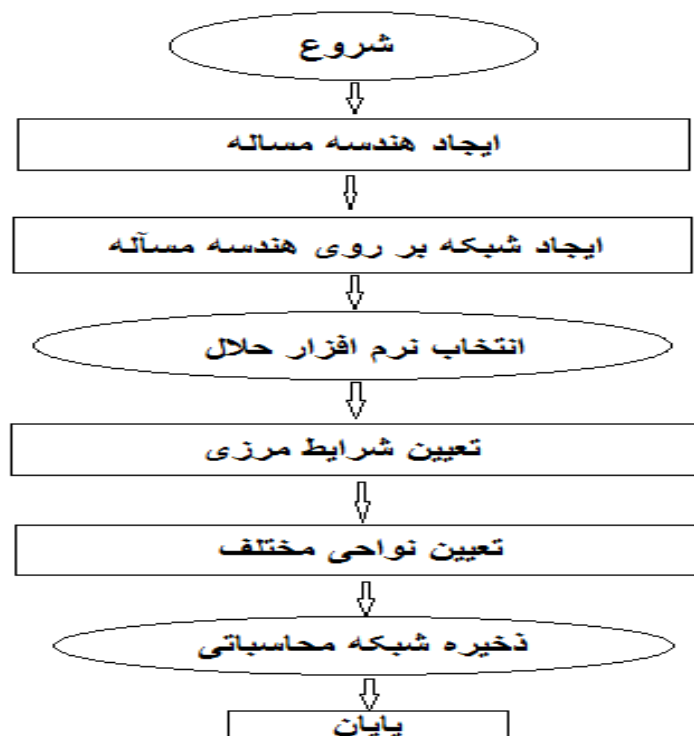
^۲ .Fluent Inc

۵ - مدل‌های تلاطمی^۱

به منظور حل میدان جریان متلاطم لغزش بر اساس معادلات پیوستگی و رینولدز، نیاز است تا تنش‌های رینولدز در معادلات به روش خاصی مدل شوند. در این صورت در حالت جریان دو بعدی با وجود سه معادله (یک پیوستگی و دو مومنتم)، سه مجهول میدان جریان (یعنی سرعت‌های در جهت x و در جهت y و فشار) معین می‌شوند. ترم‌های تلاطمی در معادلات بر اساس یک سری معادلات جبری یا معادلات دیفرانسیل تعیین خواهند شد (لطیفی و همکاران، ۱۳۹۵). انرژی جنبشی آشفتگی که باعث حرکت مولکول‌های سیال شده و ضمن برخورد با سایر مولکول‌ها تغییراتی در مومنتم آنها ایجاد می‌کند و از آنجا که لزج مولکولی لغزش متناسب با سرعت میانگین مسیر آزاد حرکت مولکول‌ها می‌باشد، لزج گردابه‌ای نیز متناسب با سرعت حرکت نوسانی و طول نمونه از حرکت آشفته در نظر گرفته می‌شود که پراختل این طول نمونه را به عنوان طول اختلاط لغزش معرفی نموده است لذا در این بررسی ابتدا ابعاد لغزش محاسبه و تغییر مورفولوژی آن با استفاده از معادلات موجود انجام و سپس با استفاده از داده‌های مورفومتری نحوه تغییر شکل لغزش با فلونت شبیه‌سازی شده که مراحل آن در فلوجارت زیر آورده شده است (شکل ۲ و ۳).



شکل ۲: چارت مراحل شبیه‌سازی در مدل فلونت



شکل ۳: چارت ساختار مدل گمبیت جهت ساخت هندسه مدل از نرم افزار گمبیت

بحث و نتایج

به منظور تحلیل لغزش مریانج همدان ابتدا ابعاد لغزش برای ارزیابی شاخص های مورفومتری اندازه گیری و سپس ضریب تغییر شکل زمین لغزش، ضریب تغییر شکل طولی و عرضی محاسبه شد. جهت تعیین تاثیر مستقیم شیب و نیروی ثقل در وقوع، جابجایی و انتقال مواد لغزشی، از شاخص عمق نیز استفاده شده است (جدول ۵).

جدول ۵: ابعاد اندازه گیری شده لغزش برای محاسبه شاخص های مورفومتری

نام لغزش	(Lf)	(Dc)	(Lr)	(Lc)	(Lm)	(Wc)	(WX)	(L)
مریانج(۱)	۴۴/۶	۱۵	۹۸	۱۲۲	۱۳۲	۷۹	۸۲	۱۳۷

مقدار زیاد D به L نشانگر گسترش جانبی آن و مقدار بالای آن نشان دهنده تغییر شکل لغزش است ($D/L * 100$) که بیانگر شاخص عمق است مقدار آن برابر $5/11$ و بیانگر لغزش هایی نسبتاً عمیق با گسترش جانبی می باشد میزان انحراف معیار شاخص (D/L) برابر با $2/65$ و شاخص روانی $18/74$ است. این مسئله بیانگر تاثیر زاویه شیب و حضور آب زیاد در منطقه است. مقدار شاخص انبساط که تقریباً عدد $1/03$ در لغزش است که نشان دهنده تغییر شکل عرضی مواد لغزشی است. نسبت شاخص Wx/Wc که بیشتر از 1 است مؤید آن است که لغزش منطقه از نوع سطحی است یعنی انبساط در لغزش منطقه دیده می شود و دارای تغییر شکل عرضی بسیار ضعیفی می باشد نتایج (شریعت جعفری، ۱۳۷۵: ۱۴۲) نیز مؤید همین مطلب است. مقدار Lm/Lc نازک شدگی به مقدار $1/08$ تا حدودی بیانگر تغییر شکل طولی و نشان می دهد که تغییر در ابعاد طولی آن شدیدتر از تغییر عرضی آن است که این موضوع با شیب و توزیع ارتفاعی لغزش

ها ارتباط نزدیکی دارد. بررسی های بعمل آمده از شاخص روانی $100 * Lm/Lc$ ثابت می کند که بخش عمده لغزش در حالت تعادل و ثبات قرار دارد و این موضوع بیانگر جابجایی قسمت اعظم مواد لغزش یافته از مکان اولیه خود و نشانگر تغییر در پهنای لغزش است. شاخص انبساط و نازک شدگی نشان می دهد که میزان روانی لغزش تا حدودی از اصول مربوط به شاخص (D/L) و طبقه ای که در آن واقع شده تبعیت می کند، (بیاتی، ۱۳۷۹: ۱۵۶) و (امینی زاده، ۱۳۷۷: ۲۵۲) نیز به نتایج مشابه رسیدند. نتایج حاصل از محاسبه شاخص جابجایی Lr/Lc نشان می دهد که تقریباً لغزش در حد تعادل و ثبات قرار دارد و این نکته بیانگر جابجایی قسمت اعظم مواد لغزش یافته به پایین دست می باشد (جدول ۶).

جدول ۶: مقادیر شاخص ها برای لغزش منطقه

ردیف	D/ L	W_x / W_c	$Lm/Lc*100$	Lr/ Lc	Lf/Dc	Lm/Lc	ارتفاع (متر)	نام لغزش
۱	۵/۱۱	۱/۰۳	۱۰۸	۸۰	۲/۹۷	۱/۰۸	۱۹۳۰	مریانج (۱)

بررسی ها نشان می دهد که لغزش مریانج جز زمین لغزش های کشیده واز نظر ضریب تغییر شکل طولی دارای تغییر شکل طولی خیلی ضعیف و تغییر شکل عرضی ضعیف می باشد. مقدار زیاد نسبت D/L در لغزش منطقه بیانگر گسترش جانبی و تغییر شکل عرضی مواد لغزش یافته است و میزان Lr/Wr و Lr/Dr و Wr/Dr بیانگر تاثیر فراوان زاویه شیب و حضور فعال آب است بطوری که زمین لغزش دارای تغییر شکل عرضی ضعیف اما دارای تغییر شکل طولی خیلی ضعیف می باشد (جدول ۷).

جدول ۷: محاسبه ضرایب تغییر شکل زمینی، طولی و عرضی لغزش های منطقه

نام لغزش	(D)	(Lr)	(Wr)	(L)	Lr/W_r	Lr/D	Wr/D	D/L*100
مریانج	۱۵	۱۲۲	۷۹	۱۳۷	۱/۵۴	۸/۱۳	۵/۲۶	۱۰/۹

ابعاد اندازه گیری و ژئومورفومتریک لغزش جهت ورود به مدل فلوئنت

به منظور ارزیابی ابعاد لغزش دامنه شمالی توده الوند و استفاده از آن در مدل فلوئنت سعی شده ابعاد لغزش همچون طول (L)، ارتفاع نسبی (h)، مساحت (A) و حجم (V) شیب، اندازه گیری و حجم لغزش محاسبه شده است (جدول ۸).

جدول ۸: ابعاد اندازه گیری و ژئومورفومتریک لغزش جهت ورود به مدل فلوئنت

نام لغزش	شیب (درجه)	ارتفاع (متر)	(L)	(h)	(A) m ²	(V) m ³
مریانج	۱۹	۱۹۳۰	۱۳۷	۷	۸۵۰۱/۱۴	۳۹۶۷۲/۰۲

محاسبات نحوه حرکت توده لغزشی با استفاده از فلوئنت

جهت بررسی نحوه پیشروی توده لغزشی از مدل پیش پردازنده گمبیت و مدل محاسبه گر فلوئنت استفاده شده است. خواص سیال توده لغزشی در نظر گرفته شده شامل تراکم و ویسکوزیته مواد لغزشی از جنس رس می باشند براساس نتایج حاصله از آزمایشات مکانیک خاک بر روی نمونه هایی که از رس های منطقه برداشت شده، مقدار چگالی مواد لغزشی براساس گل روان بطور میانگین $1,3 \text{ Kg/m}^3$ در نظر گرفته شد و این درحالی است که مقدار ویسکوزیته نمونه های رس بر اساس طبقه بندی درشت، متوسط و ریز و با استفاده از آزمایش ویسکوزیته به ترتیب برابر $0,1$ ، $0,05$ و $0,02$ محاسبه

گردید، تا بتوان تغییر شکل لغزش را در موقعیت های مختلف بر اساس مقدار ویسکوزیته در مدل فلونت محاسبه نمود. مهمترین تأثیر این پارامتر در محاسبات فلونت برآورد اعداد رینولدز می باشد. که به صورت جدول زیر تهیه شده است (جدول ۹).

جدول ۹: خواص سیال در نظر گرفته شده در لغزش منطقه مورد بررسی

Density	kg/m^3 ۱,۳	kg/m^3 ۱,۳	kg/m^3 ۱,۳
Viscosity	۰,۰۱ Pa-s	۰,۰۵ Pa-s	۰,۰۲ Pa-s
نوع رس	رس ریز	رس متوسط	رس درشت

پس از بررسی تراکم و ویسکوزیته مواد رسی اعداد رینولدز با توجه به نوع سیال و سرعت توده لغزشی تعیین شد. بدین منظور جهت رسیدن به نتایج دقیق تر در این بررسی از مقادیر موثر و مختلف اعداد رینولدز شامل: $re=10$, $re=100$, $re=200$, $re=300$, $re=400$ استفاده شده است.

محاسبات مدل فلونت

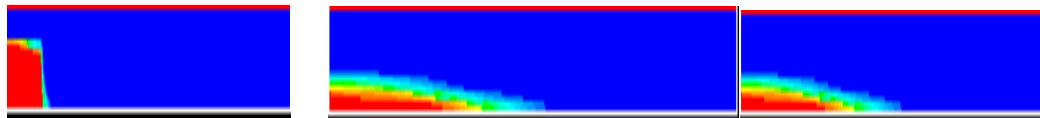
از روش گسسته سازی مرتبه دوم برای حل محاسبات و برای گولپلینک معادلات سرعت - فشار از الگوریتم *simplec* استفاده شد. برای ضریب *under-relaxation* مومنتم از ۰,۷ به ۰,۹ تغییر داده شد، تا به همگرایی مناسب تری دست یافت تا برای تقارن جریان و تحریک شروع جریان لغزشی یک اغتشاش مصنوعی اعمال شود. سپس در این مرحله، مسئله برای ۵ حالت اعداد رینولدز شامل $re=10$, $re=100$, $re=200$, $re=300$, $re=400$ حل و بررسی شده است. بررسی های حاصل از ۵ سناریوی اعداد رینولدز نشان می دهد که در اعداد رینولدز پایین تر از ۲۰۰ گسترش جانبی عرضی توده مشاهده می شود اما در اعداد رینولدز بالاتر از ۲۰۰ گسترش جانبی کاهش می یابد و توده لغزشی به صورت طولی به سمت پایین دست حرکت می کند. همچنین بررسی ها نشان می دهد که با افزایش نرخ جریان ورودی سیال، حجم توده لغزشی افزایش و گسترش جانبی توده کمتر می شود. بعلاوه نسبت توده لغزشی با افزایش عدد رینولدز نشان می دهد که در اعداد رینولدز پایین گسترش جانبی توده و در اعداد رینولدز بالا گسترش طولی توده مشاهده می شود. در تایید این مطلب عواملی چون نیروی ثقل و شیب در ابتدا بر توده لغزشی اثر گذاشته و موجب گسترش طولی و بعد از گذشت زمان و با کاهش اثر نیروی ثقل و شیب حرکت به صورت عرضی در توده مشاهده می گردد. در این بررسی خصوصیات سیال و چگالی ثابت فرض شده و ویسکوزیته سیال در سرعت های مختلف متفاوت می باشد. تغییرات ویسکوزیته با تغییرات اعداد رینولدز در جدول (۱۰) نشان داده شده است.

جدول ۱۰: نسبت و رابطه تغییر شکل توده لغزشی با افزایش اعداد رینولدز

Reynolds No., Re	۱۰	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰
Density, ρ , kg/m^3	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳
Viscosity, μ , pa-s	۰,۱	۰,۰۱	۰,۰۰۵	۰,۰۰۳۳۳	۰,۰۰۲۵

مدل سازی دوبعدی توده لغزشی

پس از تولید فرم هندسی مدل در پیش پردازنده‌ی گمبیت، فایل تولید شده شبکه توسط نرم افزار fluent که نقش محاسبگر را داراست خوانده می‌شود. شکل (۴) مدلسازی پدیده لغزش با استفاده از مدل آشفتگی $K - \epsilon$ استاندارد در گام‌های زمانی مختلف در حالت شبیه‌سازی دوبعدی را نشان می‌دهد.



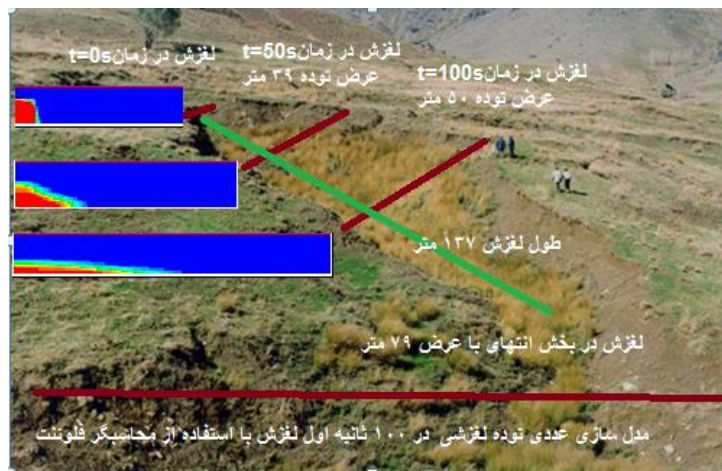
T=0sec

T=50Sec

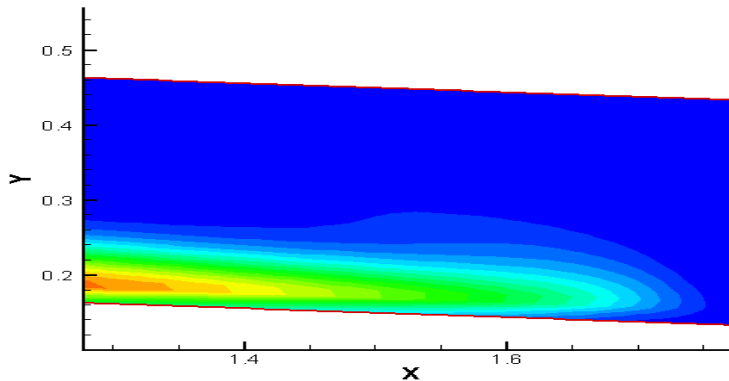
T=100Sec

شکل ۴: شبیه‌سازی دوبعدی پیشروی لغزش با استفاده از مدل آشفتگی $K - \epsilon$ استاندارد در گام‌های زمانی مختلف

نتایج حاصله از بررسی خروجی مدل نشان می‌دهد که هر چقدر ویسکوزیته توده لغزشی بیشتر شود تشکیل پیشانی قارچی شکل با شدت بیشتری یعنی در زمان کوتاه را می‌دهد. همچنین این موضوع نشان می‌دهد که بیشترین تغییر مورفولوژی لغزش در قسمت انتهایی آن با حرکت به سمت به پایین دست اتفاق می‌افتد که این موضوع موجب گسترش جانبی آن و تشکیل پیشانی قارچی شکل می‌شود (شکل ۵ و ۶).

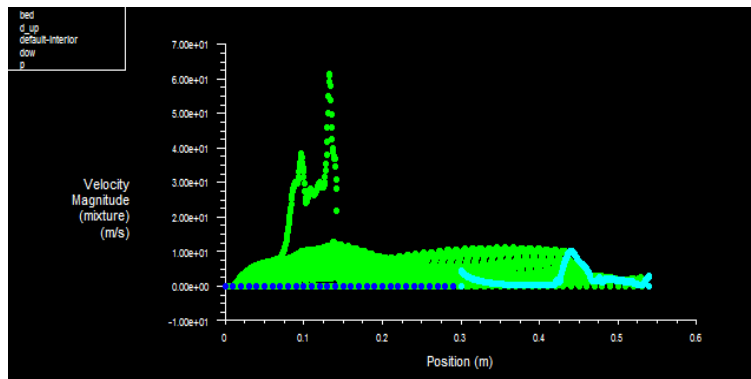


شکل ۵: تغییر مورفولوژی توده لغزشی مریانج از طولی به عرضی در ثانیه‌های ۰، ۵۰ و ۱۰۰ (عرض توده در بالا دست ۳۹، در وسط ۵۰ و در پایین دست ۷۹ متر در طول ۱۳۷ متر کل لغزش می‌باشد)



شکل ۶: تشکیل پیشانی قارچی شکل با شدت بیشتر در زمان کوتاه در لغزش مریانج در خروجی مدل آشفتگی $K - \epsilon$

بررسی سرعت و تغییر مورفولوژی توده لغزشی در طول زمان با استفاده از محاسبه گر فلونت نشان می دهد که سرعت توده لغزشی تا پایین دست دامنه متفاوت بوده و بررسی نمودار رابطه سرعت و ویسکوزیته در زمان ها و موقعیت های مختلف بیانگر این است که توده لغزشی ابتدا در سرعت های اولیه به شکل طولی و سپس با کاهش سرعت و تغییر میزان ویسکوزیته با گسترش جانبی به شکل عرضی به سمت پایین دست حرکت می کند. بعلاوه تاثیر ویسکوزیته در سرعت و نحوه تغییر مورفولوژی لغزش در موقعیت های مختلف و زمان های متفاوت، مختلف بوده که بخوبی در نمودار (شکل ۷) ملاحظه می شود. بطوریکه هر چقدر ویسکوزیته توده لغزشی بیشتر باشد تشکیل پیشانی قارچی شکل با شدت بیشتری را می دهد و با افزایش نرخ جریان ورودی سیال و حجم توده لغزشی، تغییر مورفولوژی آن افزایش و گسترش جانبی توده نیز در پایین دست بیشتر می شود (شکل ۷).



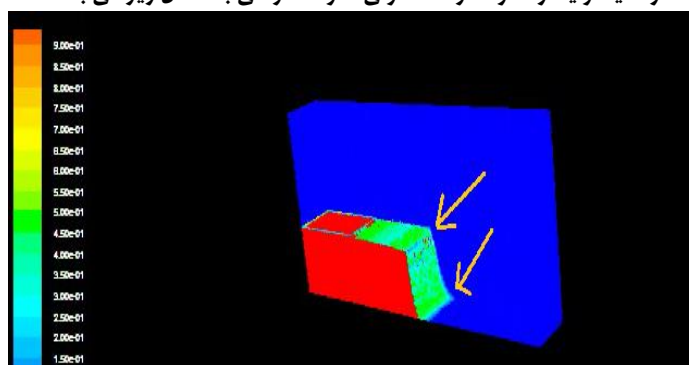
شکل ۷: نحوه تغییر مورفولوژی و سرعت جابجایی توده لغزشی با ویسکوزیته مشخص با استفاده از محاسبگر **fluent**

مدل سازی سه بعدی توده لغزشی

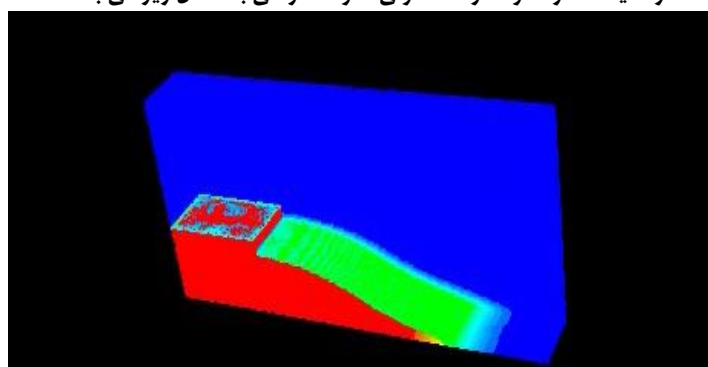
در حل سه بعدی مسئله توده لغزشی میدان حل به صورت سه بعدی در نظر گرفته شده و از مدل تلاطمی *K-ε standard* جهت محاسبه پارامترهای مختلف هیدرولیکی در سه راستای X و Y و Z استفاده شده است. پس از تهیه هندسه قسمتی از توده لغزشی با استفاده از داده های طول، عرض و عمق، و ورود آن به مدل فلونت برای هندسه منطقه حجم لغزش نیز تعریف شد. حجم در مدل فلونت شامل تعدادی از صفحات لغزشی می باشد که با شبکه کردن یا همان مش زدن صفحات انجام شده است. در مرحله بعد از مش زدن حجم، میدان حل یا محاسبات برای هندسه تولید شده در محیط فلونت فرا خوانده شده اند و سایر تنظیمات شامل، تعیین شرایط مرزی، انتخاب الگوریتم

مناسب جهت حل توام معادلات جریان، تعیین نیروی گرانشی صورت گرفت و پدیده حرکت توده لغزشی به صورت سه و دو بعدی برای زمان‌های: ۰، ۵۰ و ۱۰۰ ثانیه در نرم افزار فلوئنت مدل‌سازی شد. تا تغییر مورفولوژی لغزش رخ داده در زمان‌های مختلف به خوبی بررسی و نشان داده شود. شکل (۸) پدیده حرکت توده لغزشی به صورت سه بعدی برای زمان‌های: ۰، ۵۰ و ۱۰۰ ثانیه بعد از رخداد لغزش و مدل‌سازی آن را نشان می‌دهد. همچنانکه مشاهده می‌شود در ثانیه‌های اولیه نحوه حرکت توده لغزشی به شکل طولی و با افزایش زمان بصورت عرضی و جانبی حرکت می‌کند (شکل ۸).

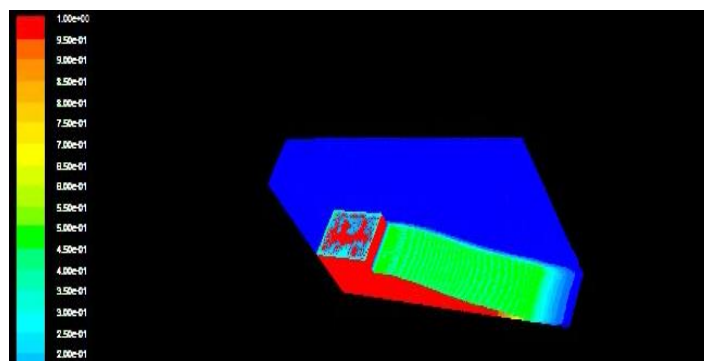
در ثانیه اولیه از نحوه حرکت طولی، توده لغزشی به شکل زیر می‌باشد



در ثانیه ۵۰ از نحوه حرکت طولی، توده لغزشی به شکل زیر می‌باشد



در ثانیه ۱۰۰ از نحوه حرکت عرضی، توده لغزشی به شکل زیر می‌باشد



شکل ۸: نحوه حرکت اولیه وجداسازی سه بعدی توده لغزشی در زمان‌های مختلف و تغییر مورفولوژی توده از طولی به عرضی را نشان می‌دهد (طیف رنگی بیانگر سرعت حرکت توده در زمان‌های مختلف است، رنگ سبز بخش فرو افتاده، رنگ قرمز بخش بالایی و مستعد حرکت توده می‌باشد)

نتیجه گیری

زمین لغزش ها معمولاً سیستم های پیچیده ای هستند که پیش بینی حساسیت وقوع آنها نیاز به داده های مختلف ژئومورفولوژی، زمین شناسی، هیدرولوژیکی، کاربری اراضی و سایر داده های مربوط به عوامل محیطی دارند. استفاده از شاخص های مورفومتری و مدل های شبیه سازی در رابطه با هم به منظور شناسایی رفتار هیدرولوژیکی آنها می تواند تا حدودی موجب شناسایی بهتر لغزش ها شود. مدل هیدرولوژیکی فلونت مبتنی بر اصول اساسی دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) مانند بقای جرم، ممنتوم و انرژی می باشد که در تحلیل جریان آشفته و پیچیده لغزش برای انفعال سازی سرعت و نحوه جابه جایی به ویژه تغییر مورفولوژی لغزش می تواند کاربرد فراوانی داشته باشد. در این بررسی سعی شد تا با استفاده از شاخص های مورفومتری و مدل هیدرولوژیکی فلونت تغییر مورفولوژی لغزش در دامنه های شمالی الوند همدان ارزیابی شود. مقدار زیاد نسبت D/L در لغزش منطقه بیانگر گسترش جانبی و تغییر شکل عرضی مواد لغزشی و میزان Lr/Wr و Lr/Dr بیانگر تاثیر فراوان زاویه شیب و حضور فعال آب است که با نتایج روستائی (۱۳۹۱) و شریعت جعفری (۱۳۷۵) مطابقت دارد. بررسی های مربوط به تحول مورفولوژی لغزش نشان می دهد که تغییر در ابعاد طولی آن خیلی ضعیف و تغییر عرضی آن ضعیف است. بررسی های میدانی بعمل آمده ثابت می کند که بخش عمده لغزش در حالت تعادل و ثبات قرار دارد و این موضوع بیانگر جابجایی قسمت اعظم مواد لغزش یافته از مکان اولیه خود است. بیاتی (۱۳۷۹) و امینی زاده (۱۳۷۷) نیز به نتایج مشابه رسیدند. بررسی ها نشان می دهد که پارامتر شیب به همراه حجم لغزش در گسترش طولی آن نقش بیشتری دارند. لغزش مریانج دارای بیشترین تحول مورفولوژی بوده، که از وضعیت دینامیکی و شرایط ژئومورفولوژیکی مناسب از لحاظ شیب، حجم و ارتفاع برخوردار است. بررسی های انجام گرفته نشان می دهد که توده لغزشی ابتدا در سرعت های اولیه به شکل طولی و سپس با کاهش سرعت و میزان ویسکوزیته با گسترش جانبی و به شکل عرضی به سمت پایین دست حرکت می کند. بعلاوه تاثیر ویسکوزیته در سرعت و نحوه تغییر مورفولوژی لغزش در موقعیت های مختلف و زمان های متفاوت، مختلف بوده که بخوبی قابل بررسی می باشد. بررسی های مربوط به تغییر مورفولوژی لغزش نشان می دهد که تغییر شکل از طولی خیلی ضعیف به عرضی ضعیف در آن رخ داده است. همچنین نتایج حاصل از محاسبه معادلات رینولدز در مدل فلونت نشان داد که توده لغزشی تحت تاثیر نیروی ثقل و شیب ابتدا به صورت طولی و بعد از گذشت زمان و با کاهش اثر نیروی ثقل و شیب به صورت عرضی حرکت می کند. نتایج حاصل از بررسی مدلسازی تغییر مورفولوژی فلونت نشان می دهد نحوه حرکت اولیه و جداسازی سه بعدی توده لغزشی در نخستین ثانیه های حرکت به شکل طولی و در ثانیه ۵۰ به شکل نه چندان عرضی و در ثانیه ۱۰۰ نحوه حرکت توده لغزشی به شکل کاملاً عرضی و جانبی می باشد. نتایج حاصله از این بررسی گویای این واقعیت است که هر چقدر ویسکوزیته توده لغزشی بیشتر باشد تشکیل پیشانی قارچی شکل با شدت بیشتری را می دهد که موجب گسترش عرضی و جانبی بیشتر لغزش می شود. همچنین با افزایش نرخ جریان ورودی سیال، حجم توده لغزشی افزایش یافته و تغییر مورفولوژی آن بیشتر می شود. بررسی اعداد رینولدز تایید کننده این واقعیت است که نتایج فلونت با واقعیت های میدانی و نتایج حاصل از شاخص ها کاملاً منطبق می باشد.

منابع

- امینی زاده، محمد، ۱۳۷۷، بررسی پایداری شیب‌ها و نحوه کنترل آنها در حوضه‌ی آبخیز سد جیرفت، رساله‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- انصاری، محمد رضا؛ اسماعیل پور، مهدی، ۱۳۹۶، مقایسه مدل‌های دو سیالی و حجم سیال در شبیه‌سازی عددی جریان دوفازی سرریزهای پلکانی در شرایط باهوادهی و بدون هوادهی، مجله مهندسی مکانیک مدرس، اسفند ۱۳۹۶، دوره ۱۷، شماره ۱۲، صص ۲۶۵-۲۵۵.
- بیاتی، خطیبی، مریم، ۱۳۷۹، بررسی نقش عوامل مورفودینامیک در ناپایداری دامنه‌های شمالی داغ (از اهر تا مشکین‌شهر) رساله‌ی دکتری، دانشگاه تبریز.
- بیرانوند، حجت‌الله؛ انتظار، مژگان؛ سیف‌عبدالله، ۱۳۹۵، برآورد شاخص‌های مورفومتری زمین لغزش کبیرکوه، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۴۱ تابستان ۹۵، صص ۵۳-۳۱.
- حسینی، نرگس؛ پرورش، عاطفه؛ رستمی، محمد؛ فرهودی، جواد، ۱۳۹۴، شبیه‌سازی سه بعدی الگوی جریان در مجاورت ورودی کانال آبگیر سد انحرافی، مجله پژوهش آب ایران، جلد ۹، شماره ۳، صص ۹۸-۸۹.
- روستائی، شهرام، ۱۳۸۰، پژوهشی در دینامیک لغزش‌های زمین و علل وقوع آنها با استفاده از روش‌های مورفومتری در حوضه‌ی اهر چای، رساله دکتری دانشگاه تبریز. ۳۲۰ ص.
- روستایی، شهرام؛ علیزاده، راحله، ۱۳۹۱، پهنه بندی خطرزمین لغزش در حوزه صوفی چای (مراغه) با استفاده از روش آنالگان. فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال دوازدهم، شماره ۳۹، صص ۱۷-۳۵.
- سلطانی، مجید؛ رحیمی، روح‌الله، ۱۳۸۷، دینامیک سیالات محاسباتی به کمک نرم افزار FLUENT. نشر طراح، ۴۴۶ ص.
- عباسی، بهرام؛ اسماعیلی، کاظم، ۱۳۸۹، مدل سازی شکست هیدرولیکی سد ناشی از سیلاب ناگهانی با نرم افزار فلوئنت، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران ۱۴ تا ۱۶ اردیبهشت ۱۳۸۹، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
- شریعت جعفری، محسن، ۱۳۷۵، زمین لغزش، مبانی و اصول پایداری شیبهای طبیعی، انتشارات سازه تهران. ۱۶۰ ص.
- لطیفی، محمد؛ صانعی، مجتبی؛ امین نژاد، بابک، ۱۳۹۵، شبیه سازی جریان روی سرریز اوجی با استفاده از نرم افزار FLUENT. اولین همایش سراسری مباحث کلیدی در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی ایران، صص ۱۳-۱.
- Almasian, M., Roshanbakht, K., Tavakolizadeh, M., 2011. Young and active tectonics in the area of Kashan, Qom fault system Zefreh. *Journal of Sciences, Islamic Azad University, Year 21, No. 81, Autumn 90.*
- Cruden, D., and Varnes, D., 1996. *Landslide Types and Processes*, in: *Landslides: Investigation and Mitigation*, Transportation Research Board, edited by: Turner, A. K. and Schuster, R. L., Special Report 247, National Research Council, National Academy Press, Washington D. C., 36-75.
- Dewitte, O., Demoulin, A., 2005. *Morphometry and kinematics of landslides inferred from precise DTMs in West Belgium*, *Natural Hazards and Earth System Sciences (2005) 5: 259-265.*
- El-Hamdouni, R., C. Irigaray, T. Fernández, J. Chacón and E.A. Keller., 2008. *Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain).* *Geomorphology*, 96: 150-173.

- FLUENT Inc., 2006. *FLUENT 6.3. User s and Tutorial Guide Manual* , Lebanon, USA.
- Garfi, G., and Bruno, D.E., 2007. *Fan morfodynamics and slop instsbility in the Mucone River basin (Sila Massif, southern Italy): significant of wealthering and role of land use changes*. *Catena*, 50: 181-196.
- Khatib, M., 2009. *Influence of Nehbandan Fault System on Nehbandan City Morphology*. *Geography and Development*, 12: 5-24.
- Ling Peng, A.B., Ruiqing Niu, A., Bo Huang, C., Xueling Wu,A., Yannan Zhao,A., Runqing Ye, D., 2014. *Landslide susceptibility mapping based on rough set theory and support vector machines: A case of the Three Gorges area, China*, *Geomorphology*, No. 204, Pp. 287–301.
- Pourghasemi, H.R., Mohammady, M., Pradhan, B., 2012. *Landslide susceptibility mapping using indexof entropy and conditional probability models in GIS: Safarood Basin, Iran*, *Catena*, No. 97, Pp. 71–84.
- Sharifi, R., M. Poorkermini, A. Salgi, N. Jamaliyan., 2013. *Evaluating the trend of active tectonic zonation of landslide affected smf index*. *National Conference of Iranian Tectonics*. Tehran.
- WP/WLI., 1990. *A suggested method for reporting a landslide*. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 41, 5–12.
- Yamani, M.B.S. and M. Jafari Aghdam., 2011. *Impact Neo tectonic in the morphology Drainage basin Western Zagros*. *Geographical environment*, 1: 68-82
- Zare-Mehrjerdi, A.A., 2012. *Zonation of west Alborz zone based on geomorphic indices*. *Geography and Environmental Planning*, 45: 49-51.
- Zêzere, J.L., Garcia, R.A., Oliverita, S.C., Reis, E., 2008. *Probabilitistic landslide risk analysis considering direct costs in the area north of Lisbon*, *Geomorphology*94, 467-495.
- Zhao, Q., S. Misra., I.Svendsen, & J.Kirby., 2004. *Numerical study of a turbulent hydraulic jump* , *proc. 17th ASCE Engineering Mechanics Conference, University of Delaware, Newmark, 2004*.