

# تهیه نقشه مخاطرات بهمین با داده های ماهواره ای و مدل ارتفاعی رقومی

نویسندگان: Urs Gruber and Harold Haefner

مترجم: عباس خسروی  
کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی

## چکیده

از آنجایی که تهیه نقشه مخاطرات بهمین، یک امر بسیار زمان بر است، هدف ما بهبود و توسعه مدل های تهیه نقشه مخاطرات در مناطق دورافتاده وسیع می باشد. این مدل براساس تصاویر ماهواره ای و مدل ارتفاعی رقومی در دو نقطه از کوه های آلپ سوئیس مورد آزمایش قرار گرفته است. برای شبیه سازی مخاطرات بهمین، مدل (DEM) در رایانه برنامه ریزی و طراحی شده که شامل تعیین مختصات و شاخصه های بهمین در محیط جنگلی است. جنگل ها و مراتع براساس اطلاعات نقشه های موضوعی (TM) طبقه بندی شده بودند. تاکنون فقط یک طبقه بندی واحد جنگلی انجام شده است. درحالی که تفکیک جنگل ها، بوته زارها و مناطق نزدیک به خط حایل (خط فرضی که نزدیک آن هیچ درختی رشد نمی کند) مشکلاتی را ایجاد می کند، طبقه بندی چشمه های آب کوچک و تأثیر بهمین در داخل جنگل موفقیت آمیز بود. مقایسه نقشه های کاربری زمین و اراضی بهمین نشان می دهد که ۸۵ درصد از مناطق خطر و ریسک پذیر، بطور صحیح طبقه بندی شده اند. اما برای کاربرد علمی، تفکیک مناطق خط قرمز و آبی رضایت بخش نبود و اصلاحات بیشتری برای کاربرد عملیاتی نیاز دارد که بایستی مرتفع شود. خط مشی کلی بسیار نویدبخش است و می بایست به سمت هدف های ما، یعنی تهیه نقشه های مخاطرات مورد اطمینان بیشتر با درجه های بهتر و جدیدتر بسوی تبدیل دوجانبه بین برف و جنگل سوق داده شود. واژه های کلیدی: مخاطرات بهمین، نقشه، مدل ارتفاعی رقومی، DEM، داده های ماهواره ای، نقشه های موضوعی، TM.

## مقدمه

هدف از تهیه نقشه مخاطرات بهمین، جلوگیری از آسیب های فاجعه انگیز برای مردم، زیستگاه حیوانات و وسایل نقلیه است. به همین منظور مناطق خطرناک باید از هرگونه ساختمان سازی خالی باشد و یا در این راستا اقدامات احتیاطی خاصی بایستی صورت پذیرد. نقشه مخاطرات بهمین، ما را از اندازه تکرار آن و وسعت منطقه بالقوه خطر بهمین آگاه می سازد. در کشور سوئیس این نوع نقشه ها از سال ۱۸۷۸ وجود داشته است (Frutiger 1980) امروزه این نوع نقشه ها با استفاده از نقشه های توپوگرافی دقیق باتکیه بر سابقه و تجربه بسیار در سایر مناطق کوهستانی تهیه می شود (Salm et al 1990). در سایر مناطق کوهستانی از قبیل هیمالیا، نه نقشه های بزرگ مقیاس و نه گزارشات و مشاهدات بلندمدت، هیچ کدام وجود ندارد. مؤسسه تحقیق بهمین و برف (SASE) در منالی (بخشی از هیمالیا) مطالعه ای آغاز کرده است و هدف آن تهیه نقشه هایی در مقیاس بزرگ برای بخشی از هیمالیاست که

پروژه موجود بتواند وسایل حمل و نقل و پروژه های زیرساختی توریست پروری را تکمیل کند. مساحت منطقه مورد مطالعه خیلی بیشتر از حد و اندازه معمول برای تهیه نقشه بود و زمین های مورد نظر خیلی دور دست تر از کوه های آلپ بودند. بنابراین به یک راه و روش دیگری نیاز بود و آن هم تکنولوژی سنجنش از دور، که وقتی با مدل های ریاضی ترکیب شود برای حل این مشکل ها و تولید و پیشرفت برنامه ها، روش مناسب و مؤثری خواهد بود.

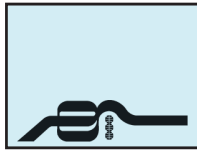
بنابراین هدف مطالعه و تحقیق فعلی، ارزیابی قدرت و دقت تصاویر ماهواره با قدرت تفکیک بالا (تصاویر ماهواره ای لندست واسپات) برای تهیه نقشه نقاط بهمین خیز و بهبود دادن به مدل تهیه نقشه مخاطرات بهمین برای مناطق کوهستانی دور دست، مخصوصاً هیمالیا می باشد. اطلاعات ضروری شامل اطلاعات دقیق از توپوگرافی منطقه (مثل سراسیابی، ارتفاع و گوشه ها) فقط با مدل های دیجیتالی قابل دستیابی و شناسایی می باشند. بنابراین قابل دسترس بودن DEM های کیفیت بالا با همان کیفیت فضایی تصاویر ماهواره ای ضروری است. شایان ذکر است که در آینده مدل های ارتفاع رقومی بدلیل کدبندی و کنترل مراحل ماهواره، لازم و ضروری می باشد.

برای ارزیابی بهتر مشکلات و بهبود دادن به مدل و الگو، دو ناحیه از کوه های آلپ که دارای گزارشات و مشاهدات بلندمدت، آمارهای هواشناسی، پوشش گیاهی و بهمین گیر بودند، انتخاب گردیدند. تهیه نقشه مخاطرات بهمین با قدرت تفکیک بالا برای این مناطق متصور می باشد (Seidel et al 1989). شایان ذکر است که این دو منطقه قبلاً هم برای مطالعه تقسیم بندی ماهواره ای جهت زمین های پوشیده از برف و جنگل انتخاب شده بودند. به همین دلیل این مناطق جزئیات ارزیابی دقیق برای نتیجه گیری و رسیدن به نتیجه بهتر را تسهیل می کنند.

## مدل

**نقشه های مخاطرات بهمین.** قدیمی ترین نقشه های بهمین مربوط به املاک بهمین خیز است. تمامی مشاهدات از حوادث مربوط به بهمین، یادداشت و بعد بصورت نقشه تهیه شد تا به آسیب های بیشتر به این نواحی جلوگیری شود. اما این نقشه ها هیچ پیشگویی راجع به خطرات بالقوه بهمین که بوسیله شرایط محیطی حاد و متغیر ایجاد شود، نمی دهد. فاصله (مسافت) و نیروهای دینامیکی دو عامل مهم برای تقسیم بندی سرزمین ها به مناطق خطرناک مختلف هستند. در سوئیس نقشه های مخاطرات بهمین، معمولاً خطر را در سه درجه نمایش می دهند:

قرمز (پرخطر)، آبی (خطر متوسط)، سفید (کم خطر)



معیارهای تمیز بین مخاطرات زیاد و متوسط عبارتند از:

۱- فشار و نیروی بهمن: چنانچه فشار بهمن بیش از ۳۰ کیلوپا باشد به عنوان مخاطرات بالا طبقه بندی می شود.

۲- تناوب رخداد: بهمن های کوچکتر که قدرتی کمتر از ۳۰ کیلوپا با فرکانس بالا دارند ولی با یک دوره مشخصی مثلاً هر ۳۰ سال یکبار اتفاق می افتند، جزء دسته خطرناک محسوب می گردند.

توصیف بین مناطق بهمن خیز با خطر کم یا متوسط، فاصله رانش یک بهمن شدید است. نقشه های مخاطرات بهمن، تنها شدت رویدادهای بهمن را در نظر می گیرند. در حالی که برای محاسبه مناطق با خطر متفاوت، منطقه رانش و نیروهای فشار بهمن با یک دوره بازگشت آماری بین ۳۰ و ۳۰۰ سال به ترتیب بکار می روند. شایان ذکر است که معیارها بنابر تفاوت های قابل ملاحظه بین آنهایی که برای تعیین یک مخاطرات نرمال بکار رفته اند، انتخاب شده اند.

۳- همچنین تأثیرات جنگل در نظر گرفته نمی شود. مخصوصاً با در نظر گرفتن این موضوع که مدل مذکور اطلاعات دقیقی مربوط به شرایطی که تحت تأثیر آن، بهمن وارد جنگل می شود را ارائه نمی دهد. این مدل اصلاً اطلاعات دقیقی از اینکه چگونه سرعت بهمن توسط جنگل کاهش پیدا می کند یا آسیب هایی که به جنگل وارد می سازد، ارایه نمی دهد. اثری که بهمن روی جنگل های نزدیک به مناطق کوهستانی می گذارد (۱۹۹۱) موضوعی بود که توسط Rychetnik و Gubler مورد بحث قرار گرفت و باعث ایجاد مدلی شده که در زیرنمایش داده شده است.

### تعیین مسیر بهمن

تعیین مسیر بهمن در نگاره شماره یک نمایش داده شده است. مسیر از یک منطقه بدون درخت با شیب بین ۲۸ تا ۵۰ درجه آغاز می شود درحالی که حجم بهمن در پایین ترین نقطه این منطقه محاسبه می شود. بهمن در طی حرکت به پایین تپه، وارد منطقه عبوری و گذری می شود، و آن مکان جایی است که سرعت و ارتفاع بهمن محاسبه می گردد. منطقه رانش در یک زاویه شیب دار که به ضریب اصطکاک آن بستگی دارد، آغاز می شود. اما پارامترهایی از قبیل رانش و نیروی فشار در نقطه P محاسبه می گردد (نگاره ۱). همانطوری که در نگاره شماره یک ملاحظه می شود نقطه P در سطحی بالاتر واقع شده و در آن سطح شیب ۳ تا ۴ درصد شدیدتر می باشد. برای کشش انتقال بین نقطه P و شروع نقطه رانش، مدل مورد نظر فرض را بر این گذاشته که پارامترهای بهمن تغییر نکند. نتایج ارزیابی شده برای نقطه P بطور مستقیم برای محاسبه نقطه رانش مورد استفاده قرار می گیرد.

### پارامترها

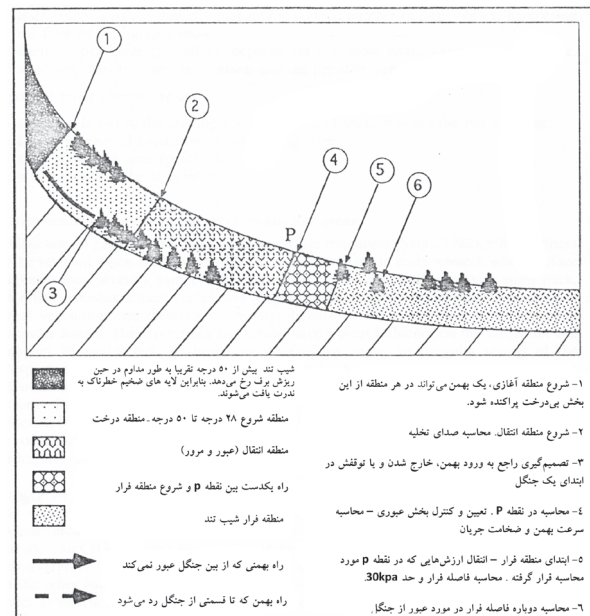
پارامترهای برف مورد نیاز عبارتند از:

- ۱- ضخامت متوسط برف در نقطه شروع. که این معمولاً برای محاسبه توده برف یک جریان بهمن مورد استفاده قرار می گیرد.
  - ۲- عوامل سایشی ناآرام. که بستگی به شرایط سطح زمین از قبیل ناهموار بودن، نوع زهکشی و تعداد موانعی که جلوی برف در حال حرکت را می گیرد، دارد.
  - ۳- ضریب اصطکاک. بستگی به خصوصیات برف (درجه حرارت، ساختار، چگالی، تعادل آب و فشار عمودی به سطح) دارد.
- پارامترهای مهم جایگزین عبارتند از:

- ۱- زاویه شیب در منطقه شروع، منطقه انتقال و منطقه رانش
- ۲- حداکثر کشش افقی منطقه شروع
- ۳- نقطه شروع در نقطه P
- ۴- وسعت بهمن در نقطه P

### تعیین اثر بهمن در مناطق پوشیده از جنگل

بطور کلی بهمن ها تحت تأثیر پستی و بلندی های سطح زمین قرار نمی گیرند (Salm 1982). اما این پستی و بلندی ها می توانند زمانی که سطح نازکی از برف پوشانده شد، تأثیر بگذارند. پستی و بلندی های سطح زمین، عملیات ماشین برف رویی را مختل می کند و این اختلال زمانی که بارش شدید برف و افزایش آن رخ می دهد تقریباً به طور کلی از بین می رود. موانع کوچکتر از یک متر ارتفاع همانند علف ها و سبزیجات گیاهی، از اهمیت چندانی در محاسبه شدت بهمن

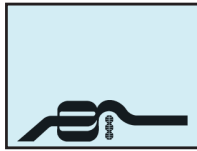


### نگاره ۱: مراحل مسیر حرکت بهمن به طرف پایین و محاسبه آن با مدل salm-voellmy

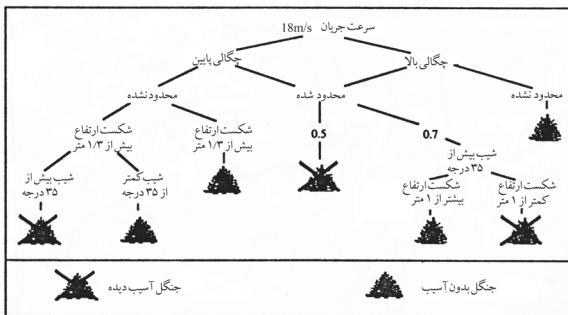
### مدل Salem Voellmy

این مدل در سوئیس و در کوه های آلپ مورد استفاده قرار گرفته است (۱۹۹۰) که فقط به بیان جزئیات با مکان های گوناگون پرداخته است. در این مدل فقط جنبه های مهم و ضروری که در رایانه قابل اجراء هستند، توضیح داده می شوند. سه محدودیت کلی بایستی مورد توجه قرار گیرند.

- ۱- قدرت بهمن اصلاً مهم نیست و به این مقوله مربوط نمی شود. این مدل فقط برای تمایز مناطق خطرناک قرمز رنگ و آبی رنگ از یکدیگر استفاده می شود.
- ۲- بدلیل فرآیندهای فیزیکی کامل بهمن های پودری رنگ، مدل موصوف این بهمن ها را در نظر نمی گیرد و این یک عامل محدودکننده تهیه نقشه مخاطرات بهمن را موجب می شود. این نوع روش خیلی نگران کننده است. زیرا قدرت بهمن معمولاً حوادث فاجعه انگیزی را بوجود می آورد.



ارتفاع بیش از ۱ متر می‌تواند حجم وسیعی از مواد خود را از دست بدهد و آن را متوقف نخواهد کرد تا جایی که وارد یک منطقه وسیع و جایی که زاویه شیب آن کمتر از ۱۰ درجه باشد، بشود. تنها متغیر فیزیکی در مدل که بطور واضح، جنگل را از مناطق غیرجنگلی جدا می‌سازد، عوامل سایشی (شیب اصطکاک) است که باید بطور تجربی در نظر گرفته و محاسبه گردد.



## نگاره ۲: میزان آسیب‌پذیری جنگل در جریان‌های مهار شده و نشده بهمن

### ترکیب اطلاعات ماهواره‌ای و مدل ارتفاعی رقومی

*اطلاعات ماهواره‌ای:* هدف اصلی از دسته‌بندی، فراهم آوردن اطلاعات درست مربوط به مقدار چگالی و ساختار جنگل می‌باشد. این بطور مستقیم در مدل شبیه‌سازی خطر بهمن تأثیرگذار است که تنها داده‌های ماهواره‌ای که تا حد زیادی تفکیک شده‌اند می‌توانند این اطلاعات را فراهم کند (مانند اسپات و نقشه‌های موضوعی آن)

مدل ارتفاعی رقومی: از آنجایی که داده‌های ماهواره‌ای به عنوان تصاویر پیکسلی گرفته شده‌اند، برای کاربرد DEM فرمت رستر بسیار مناسب‌ترند. منطقه مرتفع، زاویه شیب و نما می‌تواند از DEM مشتق شود. علاوه بر آن زاویه شیب در بخش‌های متفاوت بهمن و جهاتی که حرکت می‌کند، تعیین می‌شود.

### روش کار

#### اطلاعات مورد استفاده

دو منطقه منتخب آزمایش Davos and Beckenried در آلپ سوئیس با نقشه‌برداری قوی از عوارض زمین مشخص شده‌اند (نگاره ۳) که بطور مداوم برای نقشه‌برداری خطر بهمن تعقیب می‌گردند. علاوه بر این نقشه‌ها، نقشه‌های سقوط بالقوه بهمن مدت زیادی است که وجود دارند و هر دو ناحیه به راحتی برای کنترل زمین و تحقیق در دسترس هستند. داده‌های ماهواره‌ای، نقشه‌های موضوعی لندست به برداشتن یک تصویر از روز سوم جولای ۱۹۸۵ برای طبقه‌بندی جنگل‌ها به کار رفته است. برای بررسی صحت و سقم نتایج طبقه‌بندی شده، جنگل در نقشه توپوگرافی اسکن شد و اطلاعات استخراج شده برای مکان آزمایشی Beckenried فراهم گردیده است. برای مثال Davos مجموعه‌ای از داده‌های پروژه در دسترس بودند. این داده‌های مقایسه‌ای، به عنوان پایه زمین برگزیده شدند. برای سایت آزمایشی Beckenried یک DEM با اندازه در هم ۲۵×۲۵ از نقشه‌های توپوگرافی سوئیس در دسترس بود. برای سایت آزمایش Davos یک DEM با تفکیک اصلی ۱۰۰×۱۰۰ متر باید دوباره برای ۲۵×۲۵ متر نمونه‌برداری شود.

برخوردار نیستند، با این حال درختان و بوته‌ها اثر خیلی زیادی روی شکل‌گیری و قدرت بهمن می‌گذارند. اگر همین بوته‌ها با برف پوشیده شده باشند یک تجمع نامنظم از توده‌های برف روی بوته‌زارها، سبب تهویه بین آنها می‌گردد که این تهویه می‌تواند بطور قابل ملاحظه‌ای خطر شروع بهمن شدید را افزایش دهد (Salm 1982). جنگل‌های متراکم و پوشیده مانعی برای ایجاد بهمن تلقی می‌شوند. اما همه جنگل‌ها، عاملی مؤثر برای جلوگیری به حساب نمی‌آیند. درختان بطور مداوم با جریان توده‌های برف و سنگ‌هایی که با خودشان حمل می‌کنند، مورد آسیب قرار می‌گیرند. بنابراین ساختار، چگالی و سلامت جنگل‌های کوهستانی به طور خاص، پارامترهای مهم در تعیین مخاطرات بهمن هستند.

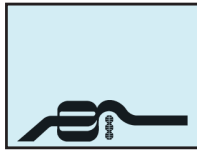
*نحوه شروع بهمن در جنگل‌های متراکم:* دمای هوا، نزولات جوی، باد، بازگشت طول موج کوتاه و بلند و غیره، در جنگل‌های پوشیده از درخت و متراکم در مقایسه با بخش‌های مشابه فاقد درخت، که بهمن‌ها با شرایط مختلف اتفاق می‌افتند، بطور قابل ملاحظه‌ای فرق می‌کند (Gubler and Rychentink 1991). مجموع نتایج نشان می‌دهد که بهمن‌ها در شرایط مختلف و در مکان‌های متنوع اتفاق می‌افتند، همچنین شواهد نشان می‌دهد که تراکم و ارتفاع درختان جنگلی در نقاط مرتفع از مهمترین عامل محافظتی در برابر بهمن هستند. به عبارت دیگر جنگل‌های متراکم بدون پوشش برگ در زمستان، باعث کاهش شدید بهمن می‌شود یا بعبارت دیگر باعث کاهش خطر ریسک در نقطه شروع بهمن می‌گردد (Salm 1990). از طرف دیگر مناطقی از جنگل‌های بدون برگ، غالباً یک توده برف ثابت و دائمی را نشان می‌دهد و آن شبیه چیزی است که در مناطق عاری از درخت و جنگل تجربه شده است.

### جدول ۱: اندازه‌های دقیق فضاهای خالی مورد نیاز برای ورود بهمن

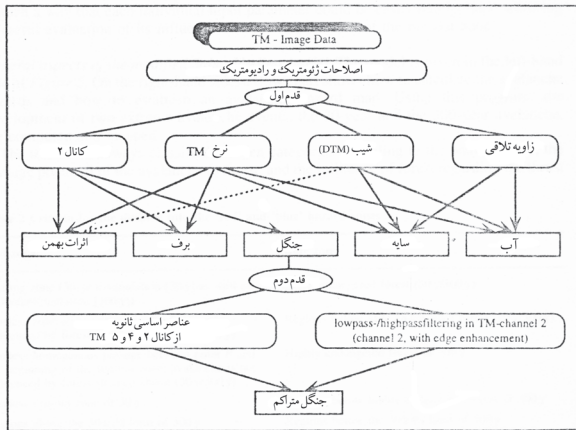
کمترین پهنا (متر)	کمترین طول (متر)	زاویه شیب (درجه)
۱۰	۳۰	۴۵
۱۰	۵۰	۳۵

*مناطق جنگلی لخت و فاقد پوشش گیاهی:* جنگل‌های انبوه و متراکم نمی‌توانند معیار خوبی برای ارزیابی مخاطرات بهمن باشند. برای شروع سقوط بهمن، یکی از شرایط اساسی، داشتن فضاهای باز و خالی می‌باشد که آن هم به میزان تندی شیب بستگی دارد. جدول شماره یک مقادیر فضاهای خالی جهت شروع بهمن را نشان می‌دهد.

*خسارت‌هایی که بهمن‌ها به جنگل‌ها تحمیل می‌کنند:* خسارت‌هایی که هر بهمن به جنگل وارد می‌سازد علاوه بر تراکم پوشش گیاهی جنگل، به حجم برف، سرعت و مسیر حرکت آن هم بستگی دارد. Gubler and Rychetnik به تجزیه و تحلیل این پارامترها پرداختند و به این نتیجه رسیدند که اگر بهمن از برفی خشک تشکیل شده باشد و سرعت آن به ۲۰ متر در ثانیه نیز برسد، احتمال ایجاد بهمن پودری وجود خواهد داشت. با این شرایط بعضی از بهمن‌ها برای جنگل‌ها خطرناک‌تر از بهمن‌های معمولی هستند، زیرا در این وضعیت فشار موج برف، تأثیر مستقیم بر درختان می‌گذارد و باعث ویرانی ساقه‌های آنها می‌گردد. میزان آسیب‌پذیری جنگل‌ها و رابطه آن با تراکم و نحوه ترسیم آنها در نگاره شماره ۲ نمایش داده شده است. تأثیر روبه کاهش جنگل روی سقوط بهمن را نمی‌توان در نمودارهای دقیقی نشان داد. Gulber and Rychetnik شرح دادند که حتی جنگل‌های انبوه و متراکم، یک بهمن با



جنگل‌های باز بود. سپس بخش‌های باقیمانده تراکم جنگل را ارائه می‌دهند که می‌توانند مستقیماً به عنوان یک پارامتر برای الگوی مخاطرات بهمن استفاده شوند.



#### نگاره ۴: نمودار طبقه‌بندی سلسله مراتبی جنگل

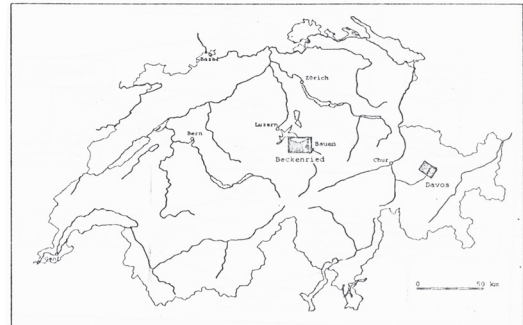
##### پیاده‌سازی (اجرا)

بسته‌های نرم‌افزاری مورد نیاز برای پردازش داده‌های ماهواره‌ای در کتابخانه موجود می‌باشد 1992 meier با این اوصاف مدل خطر بهمن نیز در این سیستم تکمیل شده است. یکی از مهم‌ترین اهداف، نصب این برنامه به شکلی بود که هر یک از پارامترهای ورودی به راحتی اداره شود تا ارزیابی دقیقی از تأثیر آن بر روی تشخیص منطقه لغزش ارایه دهد.

**جنبه‌های کلی از مدل اصلاح شده Salm-voellmy:** جنبه‌های کلی از مدل اصلاح شده در سمت چپ نمودار ۵ ارائه شده است. سمت راست نمودار نشان می‌دهد که چگونه خطرات بهمن را محاسبه کنیم و چگونه نقشه مخاطرات بهمن را ثبت و تهیه کنیم. با استفاده از این برنامه رویداد دوحادثه سقوط یکی در سی سال، دیگری در سیصد سال محاسبه و نقشه‌برداری شده‌اند. سایت آزمایش طبق مقاطع راه، آسیب‌های بالقوه بهمن به جنگل و تأثیر جنگل در مورد نیروی رانش زمین در ۱۰ دسته تقسیم‌بندی می‌شود. ترکیب نتایج شبیه‌سازی با آخرین نقشه خطر بهمن از طریق در نظر گرفتن فاصله حدود ۳۰۰ ساله از یک طرف و شدت ماکزیمم شبیه‌سازی ۳۰ ساله از طرف دیگر تلفیق دو دسته نتایج شبیه‌سازی در نقشه مخاطرات بهمن حاصل می‌شود. سپس راه‌های مختلف مقطع، با توجه به معیارهایی به مناطق خطر آبی و قرمز گروه‌بندی می‌شوند.

**تغییرات اصلاحی از مدل Salm-voellmy:** مدل اصلی، داده‌هایی که از نقشه‌های توپوگرافی بدست آمده است را بکار می‌برد. برای اهداف کنونی، پارامترهای ضروری بطور خودکار از داده‌های ماهواره‌ای طبقه‌بندی شده و DEM مشتق می‌شوند. برای پیشرفت و بهبود بکارگیری پارامترهای ورودی اصلاحات مدل اصلی به Salm-voellmy پیاده‌سازی شدند.

۱- بهمن زمانی که در حال محاسبه شدن است، به عنوان یک کل در نظر گرفته نمی‌شود بلکه به نوارهای عمودی با پهنای ۲۵ متر تقسیم می‌شود. محاسبات بطور جداگانه‌ای بر روی هر نوار برابر با سایز ۲۵×۲۵ مگا پیکسل انجام می‌شود. این دو روش، خطاهایی را به دنبال دارد زیرا یک بهمن همیشه تمایل به برابر کردن نیروهایش به تمام پهنا دارد.



#### نگاره ۳: موقعیت مناطق تحت آزمایش توسط Beckenried و Davos در سوئیس

##### داده‌های ماهواره‌ای لندست قبل از پردازش

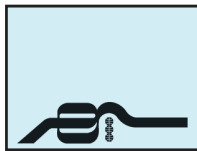
گام‌های قبل از پردازش برای بهبود و سهولت طبقه‌بندی، شامل تصمیمات ژئومتریکی و رادیومتریک است. برای تهیه نقشه مخاطرات بهمن، موقعیت ژئومتریکی هر عنصر تصویر از اهمیت بالایی برخوردار است. خطر سقوط بهمن همیشه جایی واقع است که شیب خیلی شدید باشد و آن زمانی است که شیارهای سقوط در تصویر ماهواره‌ای از شکل طبیعی خارج شده باشند. کدگذاری‌های زمین زمانی قابل دسترس هستند که در مدل کاربرد داشته باشند. (Fasco et al. 1985)

##### اصلاحات رادیومتریک

طرح‌های سطحی متفاوت به شدت تحت تأثیر تشعشعات رادیومتریک هستند. تصاویر ضبط شده، هم‌حسگر و هم مشخصه‌های خاص بصری را دار می‌باشند. اثرات خاص حسگر از درجه‌بندی آشکارسازها، ثبات سیستم و غیره ناشی می‌شود. (Litten et al. 1991) تأثیرات صفحه خاص بوسیله تغییراتی در زاویه خورشید و اخترشناسی، شرایط اتمسفری، توپوگرافی و موقعیت نسبی مرتبط با موقعیت ماهواره‌ها ایجاد شده‌اند. تنوع روشنایی سنسورهای خاص و صفحه خاص، توسط روش‌های آماری تصحیح شده‌اند. هیچ یک از اصلاحات اتمسفری به کار گرفته نشدند زیرا مطالعات گسترده بخش آزمایش نشان داده که آنها به بهبود قابل توجه طبقه‌بندی جنگل، کمک نمی‌کنند. (Luen et al. 1991)

##### طبقه‌بندی جنگل

مقصود این است که از طبقه‌بندی مناطق بدون درخت و بی‌بوته خوداری می‌شود. رده‌بندی نادرست می‌تواند به نادیده گرفتن و ناچیز شمردن مناطق خطر منجر شود. برعکس طبقه‌بندی جنگل‌ها به نواحی بدون درخت و بوته می‌تواند منطقه خطر بهمن یا سقوط ناگهانی چیزی شبیه بهمن را گسترش دهد. با این حال یک چنین اشتباهی اوضاع را بدتر نخواهد کرد. برای طبقه‌بندی جنگل‌ها با اطلاعات نقشه‌ای موضوعی لندست، یک سیستم طبقه‌بندی سلسله مراتبی لازم است که به عنوان طرح کلی در نگاره شماره ۴ نمایش داده شده است. در گام نخست جنگل از شاخصه‌های برف، سایه، آب، مسیر بهمن با استفاده از کانال ۲ لندست، نسبت کانال ۵ و ۲، بعلاوه مجموعه اطلاعات زاویه انحراف، زاویه تلاقی که از DEM ناشی می‌شود، مجزا شده است. در گام بعدی طرح دسته حذف شده جنگل به وسیله یک آنالیز ترکیبی کلی و یک تقویت‌کننده فیلتر، پیشرفت می‌کند. هدف متمایز کردن دره‌ها و تسویه‌های کوچک مانند پاک کردن مناطق چوبی و



می‌شود تا مطمئن شویم که آیا تمامی بهمن‌ها توسط مدل مذکور ثبت شده‌اند. نتایج خیلی مورد انتظار و امید بخش هستند نزدیک به ۸۵ درصد به درستی طبقه‌بندی شده‌اند. در مرحله بعدی مقایسه‌ها با نقشه‌های خطر بهمن موجود نشان می‌دهد چگونه مناطق بالقوه می‌توانند به طور درست تشخیص داده شود و در یکی از دو منطقه خط قرمز یا آبی تعیین شوند. این نتایج طبقه بندی در جدول شماره ۴ بطور خلاصه آمده است. تحلیل‌ها نشان می‌دهند که نتایج مربوط به تخصیص مناطق خطر هنوز رضایت‌بخش نیستند. بطور کلی مناطق رانش تا فاصله زیادی امتداد پیدا می‌کند. دلایل اصلی در زیر مورد بحث قرار گرفته‌اند.

**تعیین مناطق خطر در بخش‌های جنگلی:** در میان مراکز آموزشی Beckenried، تنها یک سوم منطقه قرمز به صورت درست طبقه‌بندی شده‌اند. یک سوم دیگر بعنوان منطقه آبی و بقیه به عنوان منطقه بی‌خطر طبقه‌بندی شده‌اند.

مشکلات بطور اساسی در مناطق جنگلی وسیع رخ می‌دهند. این نشان دهنده آن است که تعیین دو منطقه در کاداستر به طور تجربی به دست آمده است نه با بکارگیری مدل. می‌توان فرض کرد که تفکیک غالباً تصادفی رخ داده است. از آنجایی که مدل فوق بر پایه این اصل که هیچ بهمنی در حوضه یک جنگل بسته شروع نمی‌شود بنا شده است، این مسئله به دسته‌بندی اشتباه منجر خواهد شد.

**طول مناطق شروع:** مدل salm-voellmy مناطق شروع را در نظر نمی‌گیرد اما تخمین می‌زند که این موضوع هیچ ارتباطی با حجم تخلیه بهمن، سرعت بهمن یا ارتفاع جریان ندارد. اما واقع‌بینانه نیست که فرض کنیم یک بهمن در منطقه شروع با طول تنها ۵۰ متر با بهمنی که طولش به چند صد متر می‌رسد به عمق یکسان در جنگل رخنه می‌کنند. یک بهمن با منطقه شروع کوتاه، سریع‌تر از یک بهمن با منطقه شروع وسیع متوقف می‌شود. (Gubler 1992) معتقد است حل این مسئله از طریق افزودن یک پارامتر دیگر امکان‌پذیر است که مشخص‌کننده فاصله رانش احتمالی در یک جنگل با توجه به اندازه منطقه شروع همراه با سرعت و ارتفاع جریان می‌باشد. (همچنین مراجعه شود به Bovis و Mears)

**ضرب اصطکاک بکنواخت برای کل منطقه آزمایش:** مدل فعلی تنها می‌تواند روی ضرب اصطکاک کل منطقه غیرجنگلی یا آزمایشی عمل کند. ولی از آنجایی که این ضرب اصطکاک به ارتفاع منطقه شروع بستگی دارد احتمالات دسته‌بندی اشتباه قابل توجه خواهند بود. در مناطق کم ارتفاع‌تر ضرب اصطکاک بکاررفته کافی نیست که منجر به ناچیز شماری فواصل فرار می‌گردد. بر پایه نتایج به دست آمده از سایت Beckenried برای بهبود مدل در استعمال عملی به طور واضح مناطق دارای مشکل شناسایی شده وجود دارد. به طور اساسی نتایج سایت آزمایشی Davos از اندک رضایت بخش پایین‌تری برخوردار است زیرا منطقه انتقال در طول خط فرضی که مشکلات خاصی را موجب می‌شود در مقایسه با سایت آزمایشی Beckenried نسبتاً بزرگتر است.

### چشم‌انداز نظریه

چشم‌انداز وجود یک نقشه خطر بهمن مزیت فوق‌العاده‌ای بر تجسم خصوصیات زمین که در کارشناسی خطرها قطعی هستند دارد. تأثیرات

۲- تصور می‌شود که منطقه شروع کم و بیش به شکل قائم الزاویه (مستطیل شکل) است.

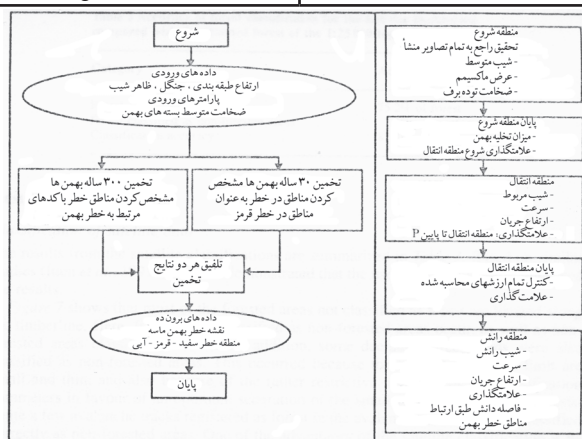
۳- هیچ تفکیکی بین سقوط بهمن‌های جریان و بهمن‌های پودری اعمال نشده است. تمامی بهمن‌ها به عنوان بهمن‌های جریان در نظر گرفته شده‌اند.

۴- فقط یک دسته به عنوان جنگل مترام لحاظ می‌شود. این موضوع به این دلیل است که احتمالات محدودی از دسته‌بندی داده‌های ماهواره‌ای وجود دارد.

۵- درجه میزان عبور بهمن به طور غیرمستقیم از طریق سرعت و ارتفاع جریان برف ارایه می‌شود.

### جدول ۲: روش طبقه‌بندی جنگل از سایت beclenriel با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰

دقت	طبقه
۷۵٪ جنگل	طبقه‌بندی صحیح جنگل
۷/۳٪ غیر جنگلی	طبقه‌بندی جنگل در نواحی غیر جنگلی
۸۷/۷٪	طبقه‌بندی دقیق

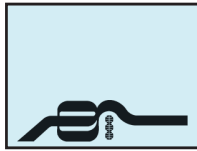


### نگاره ۵: مدل salm-voellmy تغییر یافته

**نتایج طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای:** نتایج طبقه‌بندی ماهواره‌ای در جدول شماره ۲ خلاصه شده است. طبق مطالعات مشابه (۱۹۹۱) می‌توان ثابت کرد که بکارگیری DEM به شکل ناچیزی نتایج را ارتقاء داده است.

غالب مناطق جنگلی که بعنوان جنگل طبقه‌بندی نشده‌اند در طول خط فرضی که چیزی بالا و پایین آن رشد نمی‌کند، واقع شده‌اند. اینجا تصاویر جنگلی که بعنوان غیرجنگلی طبقه‌بندی شده‌اند وجود دارند، علاوه بر این، مناطق درختان برگریز به عنوان مناطق غیرجنگلی طبقه‌بندی شده‌اند. این زمانی اتفاق می‌افتد که درختان بالاتر کوچک و لاغر باشند. یکی از فوائد طبقه‌بندی ماهواره‌ای روان‌بندی آن است که بیشترین موقعیت‌های اخیر ناحیه تحت نظارت را ارایه می‌کند در صورتی که نقشه‌های مکان‌نگاری اغلب به روز نیستند. به طور کلی نتایج بدست آمده در طبقه‌بندی جنگل برای کاربرد بعدی در مدل خطر بهمن کافی هستند.

**طبقه‌بندی خطرات بهمن:** نتایج در دو مرحله کارشناسی می‌شوند. در مرحله اولیه نتایج شبیه‌سازی بهمن با بهمن‌های فهرست شده در مرکز ثبت بهمن مقایسه



معیارهای طبقه‌بندی جدید تست شود.

۳: شیاریایی که به وسیله یک نوار خطر بهمن به وجود آمده تصویر به تصویر با انتخاب از بین سه تصویر ممکن تعیین می‌شود. بنابراین تعیین دقیق و مداوم مسیر که یک شیار بهمن عامل آن بوده همیشه ممکن نیست. ۴: بعلاوه بهمن‌ها بعنوان یک کل بررسی نمی‌شوند بلکه به نوارهای رانشی موازی مستقل بخش‌پذیر هستند. بنابراین فعل و انفعالات بین باریکه‌های همسایه نمی‌توانند لحاظ شوند که این امر به فواصل رانش و سرعت‌های مختلف در بهمن مشابه منجر می‌شود.

### نظریه

کاربرد عملی مدل هنوز امکان‌پذیر نشده است. علی‌الخصوص در مناطق کوهستانی دوردست با گزارشات زمین و شواهد توپوگرافی ناکافی آزمایش دقیق و بازبینی قبل از کاربردهای مؤثر و عملی ضروری است. نتایج اولیه امیدبخش هستند و با پیشرفت‌های بیشتر این الگو و مدل می‌تواند به یک ابزار برنامه‌ریزی معتبر تبدیل شود، به طور خاص موارد زیر ضروری هستند. ۱: تفکیک جنگل‌ها به سوزنی برگ و پهن برگ، علاوه بر شاخص‌های چگالی (تراکم) لازم بوده و می‌تواند به وسیله حسگر خودکار ماهواره‌ای فراهم شود. اما این امر در صورتی مفید است که نتایج بعنوان متغیر ورودی مستقیم به مدل در نظر گرفته شود. برای استفاده از این پارامتر اطلاعات بیشتر راجع به خصوصیات بهمن‌ها در انواع متفاوت جنگل‌ها می‌بایست کسب شود.

۲: الزامی است از طریق خط فرضی، یک طبقه‌بندی صحیح از جنگل‌ها، بوته‌زارها و بخش‌های غیر جنگلی ایجاد کنیم.

۳: باید تأکید شود که بهمن‌های پودربرفی مدل فعلی به حساب آورده نشده‌اند. علاوه بر آن پیشرفت‌های بیشتر باید مدل‌های فیزیکی مکانیزم‌های بهمن پودربرفی را کامل کند.

۴: با مجموعه‌ای از داده‌ها براساس اصول بردار به جای قالب‌بندی محل تصویر، مسیر یک بهمن به طور دقیق‌تری تعیین می‌شود. Hegg (۱۹۹۱) یک برنامه نرم‌افزاری برداری را برای سیستم ARC/INFO ایجاد کرده که می‌تواند در شبیه‌سازی‌های خطر بهمن بسیار مفید واقع شود.

۵: بهبود طبقه‌بندی ماهواره‌ای می‌تواند با تکمیل طرح‌های ساخته دست بشر مانند راه‌ها و ساختمان‌ها و دیوارهای محافظ حاصل شود. این مدل و الگو می‌تواند به راحتی برای موانع مصنوعی هم تنظیم شود. ۶: تغییر پارامترهای گوناگون این امکان را می‌دهد که همه نوع مشکلات را مطالعه کرده و یک سازگاری با موقعیت‌های محلی خاص و شرایط هواشناسی را بررسی نمود. این مسئله می‌تواند دریچه‌های جدیدی به روی ساختار و رفتار بهمن‌ها باز کند.

### منابع و مآخذ

1. After Gubler and Rychentnik (1991)
2. Applied Geography, 1995, volume 15 Number 2.

آرامش، کاملاً با انتقال ساده یک تصویر ماهواره‌ای در نقشه خطر نشان داده نشده‌اند علی‌الخصوص وقتی که با اصلاحات رادیومتریکی اثرات آرامش کم رنگ و یا بطور کامل حذف نشده‌اند. بعلاوه نقشه‌های توپوگرافی با سایه برجسته و خطوط نقش برجسته تجسم مناسبی فراهم نمی‌کند.

### نتایج

فواید طبقه‌بندی ماهواره‌ها:

۱: براساس پردازش دقیق به ویژه به وسیله اصلاحات ژئومتریکی و رادیومتریکی و یک گزینش مناسب از باندها، جنگل‌های کوچک و کانال‌های سقوط غیرجنگلی قابل تعیین است. ۲: خطاهای طبقه‌بندی خاص بین مناطق جنگلی و غیرجنگلی باید در نظر گرفته شوند.

۳: صحت و درستی به دست آمده برابر است با طبقه‌بندی جنگلی در مناطق کوهستانی (itten et al (۱۹۹۱). اگرچه آستانه‌ها تا حد محدودکننده‌ای تنظیم شده‌اند که از طبقه‌بندی مناطق غیرسبز به عنوان جنگل جلوگیری کنند.

### فواید مدل شبیه‌سازی بهمن

۱: نزدیک به ۸۵ درصد تمام مناطق خطر بهمن که در نقشه‌های ثبت بهمن تشخیص داده شده‌اند قابلیت شناسایی دارند. در مناطقی که جنگل ویژگی وسیعی را ارائه نمی‌دهد صحت و درستی تا حدود ۸۵ درصد افت می‌کند. ۲: این الگو مستقیماً مهمترین عامل یعنی - جنگل - را برای شبیه‌سازی مناطق خطر سقوط بررسی می‌کند.

۳: احتمالات زیادی برای وفق دادن پارامترهای ورودی متفاوت مدل با شرایط فصلی و محلی می‌تواند در راه‌حل‌های مشخص در مناطق خاص کمک کند. با آزمایش متغیرهای ورودی مشکلات خاص و اهداف نقشه نگاری خطر بهمن می‌تواند مورد تحلیل قرار بگیرد.

۴: چشم‌انداز و دید کلی نتایج باعث تسهیل یک آزمایش بصری گویا و سریع می‌شود مخصوصاً برای اهداف نقشه‌برداری.

### اشکالات دسته‌بندی ماهواره‌ای

۱: دستیابی به یک تفکیک رضایت بخش از طبقه‌بندی‌های متراکم و پوشش جنگلی امکان‌پذیر نبود. طبقه‌بندی‌های گیاهی می‌بایست به تفاوت بین جنگل و غیرجنگل محدود شود.

۲: تفکیک جنگل و بوته‌زار در امتداد خط فرضی که در بالا و پایین آن هیچ درختی رشد نمی‌کند بحرانی‌ترین بخش طبقه‌بندی است که تأثیرات زیادی بر روی صحت شبیه‌سازی خطر بهمن بعدی دارد.

### اشکالات مدل شبیه‌سازی سقوط بهمن

۱: در حال حاضر مدل، تنها اجازه کاربرد یک ضریب اصطکاک بر روی کل ناحیه را می‌دهد.

۲: تفکیک در مناطق خطر متفاوت، نمی‌تواند بطور رضایت بخش به دست بیاید، علی‌الخصوص برای بخش‌های داخل جنگلی که برای آن باید