

## مروری بر برخی روشهای آبخیزداری استفاده شده و روشهای هوشمند آینده در ایران و دنیا

حمزه سعیدیان<sup>۱\*</sup>



<sup>۱</sup> استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع

طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.

Email: Hamzah.4900@yahoo.com

### چکیده

آبخیزداری عبارت است از مدیریت جنگل‌ها، مراتع، زمین‌های کشاورزی، خاک‌ها و منابع آب به منظور افزایش تولید منابع و حفظ تعادل اکولوژیک در محدوده حفاظت منابع طبیعی، به عبارتی دیگر آبخیزداری به مفهوم مدیریت جامع و هم‌آهنگ بر کلیه منابع موجود حوزه‌های آبخیز و بهره‌برداری اصولی و قانون‌مند بر مبنای حفظ آب و خاک و محیط زیست می‌باشد. در این تحقیق سعی شده است با توجه به منابع مطالعاتی موجود در ایران و دنیا به بررسی آبخیزداری هوشمند و مقایسه آن با برخی روش‌های آبخیزداری که تاکنون استفاده شده، پرداخته شود. نتایج نشان داد که روش‌های آبخیزداری استفاده شده به تنهایی دیگر قادر به رفع نیازهای مختلف حوزه‌های آبخیز نیست و هم‌چنین آبخیزداری هوشمند نیز به تنهایی نمی‌تواند همه نیازهای حوزه آبخیز را تأمین کند هر چند که در مقایسه با روش‌های آبخیزداری فعلی کارا تر و مؤثرتر است. بهترین روش برای این‌که حوزه‌های آبخیز پویا و با کم‌ترین تخریب وجود داشته باشد، استفاده تلفیقی از روش‌های آبخیزداری هوشمند و روش‌های استفاده شده فعلی است. این دو دیدگاه در کنار هم می‌توانند مشکل حوزه‌های آبخیز را نه تنها در ایران بلکه در دنیا در هر شرایط آب و هوایی و هم نوع خاکی به میزان زیادی حل کنند و حوزه‌های آبخیز را به هدف نهایی و غایی آبخیزداری که تعادل اکولوژیک است نزدیک‌تر کنند.

واژگان کلیدی: حوزه آبخیز، آبخیزداری هوشمند، تعادل اکولوژیک، مدیریت جامع

### بیان مسئله

آبخیزداری فرآیند تنظیم و اداره منابع طبیعی، کشاورزی و انسانی یک حوزه آبخیز به منظور تأمین منابع جامعه، بدون آسیب به منابع آب و خاک می‌باشد. آبخیزداری، علم و هنر برنامه‌ریزی مستمر و اجرای اقدام‌های لازم برای مدیریت منابع حوزه‌های آبخیز اعم از طبیعی، کشاورزی، اقتصادی و انسانی بدون ایجاد اثرات منفی در منابع آب و خاک می‌باشد. به عبارت دیگر آبخیزداری طراحی و مدیریت حوزه به منظور حفاظت و استفاده صحیح و پایدار از منابع طبیعی با توجه ویژه به منابع

آب و خاک است. با توجه به این که تمام مناطق در محدوده آبخیز واقع می‌شوند، حوزه فعالیت آبخیزداری مشخص می‌گردد و گسترش کاری آن تمام مناطق کوهستانی، دشتی، اراضی کشاورزی، مناطق شهری و غیره را شامل می‌گردد. آبخیزداری یک فعالیت جمعی و سازمان یافته است و یک فرد به تنهایی قادر به اداره حوزه آبخیزی نخواهد بود. در این جا کلمات سازمان و مدیریت آبخیز لازم و ملزوم یکدیگرند و وجود یکی بدون دیگری معنی ندارد. رشد بیش از حد جمعیت باعث افزایش نیاز جوامع به مواد غذایی، مواد الیافی، انرژی، چوب، علوفه، و غیره گردیده است و در نتیجه انسان را مجبور به استفاده بیش از حد از طبیعت کرده است. امروزه ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری از بنیادی‌ترین مسائلی است که در کشورهای مختلف به منظور برنامه‌ریزی‌های آینده در زمینه طرح‌های اجرایی و مدیریت منابع طبیعی انجام می‌گیرد (۲). ارزیابی طرح‌های آبخیزداری و عملکرد آن‌ها در دنیا سابقه‌ی هفتاد ساله دارد، ولی در ایران به این موضوع توجه چندانی نشده است. آبخیزداری در ایران از دهه‌ی ۱۳۴۰ شروع شده است. ولی هم‌چنان تخریب منابع طبیعی رو به افزایش است؛ به نحوی که میزان متوسط فرسایش در ایران حدود یک میلیارد تن در سال است (۳). توسعه شهرنشینی، تبدیل اراضی منابع طبیعی به کشاورزی بدون توجه به قابلیت آن‌ها، استفاده مفرط از جنگل‌ها و مراتع، استفاده مفرط و غیر اصولی از منابع آب و خاک، کاربرد بیش از حد سموم، علف‌کش‌ها کودهای شیمیایی و آلودگی آب و خاک و هوا همه مسائلی هستند که در حوزه‌های آبخیز ظاهر گردیده و تعادل بیولوژیک و هیدرولوژیک را به هم‌زده و باعث تشدید مسائل اکولوژیکی که در گذشته تشریح شد، می‌گردد. در بررسی و ارزیابی اقتصادی و اجتماعی شیوه‌های سنتی و نوین اجرای عملیات سازه‌ای و بیولوژیک به منظور حفاظت منابع آب و خاک در حوزه آبخیز سد شهید یعقوبی استان خراسان رضوی با استفاده از روش‌های میدانی و نیز تهیه و تکمیل پرسشنامه نشان داد که اختلاف درآمد بهره‌برداران در این دو شیوه معنی‌دار است و به‌طور کلی منافع حاصل از اجرای عملیات حفاظت خاک و آب برای بهره‌برداران، در روش‌های سنتی بیش‌تر از روش‌های نوین است (۱). بررسی‌ها نشان می‌دهد که علیرغم هزینه‌های زیاد، اجرای برخی از اقدامات مکانیکی آبخیزداری در نقاط مختلف دنیا و از جمله ایران موفقیت چندانی برای بهبود منابع طبیعی و معیشت روستاییان نداشته‌اند (۸). یکی از دلایل این روند، عدم مشارکت ساکنین محلی، به‌ویژه در نگهداری است. در این راستا، لازم است مشارکت روستاییان را با روی‌کرد سازگاری با اکوسیستم در شرایط تغییرات اقلیمی بر اساس درجه پایداری و انعطاف یک اکوسیستم هدایت نمود (۶). در سال‌های گذشته طرح‌های متعددی در حوزه‌های آبخیز به اجرا در آمده است که هدف اصلی آن‌ها ایجاد تغییرات مثبت و ایجاد زمینه‌های مناسب برای توسعه اقتصادی و اجتماعی در حوزه‌های آبخیز بوده است (۴ و ۵). البته نتایج برخی تحقیقات دیگر نشان می‌دهد که اجرای طرح‌های آبخیزداری در نقاط مختلف ایران نقش مثبتی در کنترل فرسایش، بهبود پوشش گیاهی، کنترل سیل و رسوب و کاهش روان‌آب داشته است (۷).

#### معرفی دستاورد

با توجه به زمینه فعالیت‌های محققان رشته‌های مختلف، تعاریف ویژه‌ای از آبخیزداری ارائه شده که در نهایت موجب بوجود آمدن روش‌های مختلف برای ارزیابی طرح‌های آبخیزداری شده است. در این پژوهش به بررسی نتایج تحقیق‌های مختلف در ایران و دنیا در مورد طرح‌های آبخیزداری با استفاده از منابع موجود و روش‌های مختلف ارزیابی طرح‌های آبخیزداری مورد استفاده پرداخته شده است و در نهایت روش‌های آبخیزداری مورد استفاده و هوشمند با هم مقایسه شدند و مفید بودن هر یک از آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل و بحث قرار گرفته است.

حوزه آبخیز یک سیستم تولیدی است که ورودی‌های متعددی را دریافت می‌کند که این ورودی‌ها شامل ورودی‌های طبیعی و ورودی‌هایی است که توسط انسان وارد آن می‌شود. مهم‌ترین ورودی طبیعی به حوزه آبخیز، آب است که امروزه در صنعت، کشاورزی و آب شرب مورد بهره‌برداری بی‌رویه قرار گرفته است و انسان عامل اصلی آن محسوب می‌شود. در جهان امروز توجه به رابطه انسان و طبیعت قابل اهمیت است. جا دارد پیوندی بین انسان و استفاده از منابع مانند آب برقرار شود، باید قبول کرد که دوران جدید استفاده از منابع شروع شده، به طوری که استفاده بی‌رویه از منابعی مانند آب‌های زیرزمینی، مشکلات سیاسی، اقتصادی و اجتماعی زیادی ایجاد نموده است.

#### الف) روش‌های آبخیزداری مورد استفاده:

##### ۱- جمع‌آوری و ذخیره آب باران:

در این روش در چاه‌های تزریقی که ساختمان آن تقریباً مشابه چاه‌های بهره‌برداری است با ورود مقداری آب به داخل چاه سطح آب بالا آمده و در نتیجه اختلاف سطحی بین سطح چاه و سطح آب سفره به وجود می‌آید و باعث برقراری جریان آب از چاه به سفره شده و تغذیه مصنوعی سفره زیرزمینی را به همراه خواهد داشت. هم‌چنین در برخی نقاط به منظور ذخیره آب از استخرهای سنگی و ساروجی استفاده می‌شده است.

##### ۲- طرح‌های بیولوژیک:

بخشی از طرح‌های اجرایی آبخیزداری در قالب عملیات کشت گیاهی (بیولوژیکی) با اهداف کلی گسترش پوشش گیاهی و حفاظت خاک می‌باشد و معمولاً با مشارکت آبخیزنشینان انجام می‌پذیرد. در این روش روی شیب، تغییر آن‌چنانی ایجاد نمی‌شود بلکه با احیاء پوشش گیاهی با فرسایش مبارزه می‌شود.

##### ۳- بانکت‌بندی:

بانکت‌ها کانال‌ها یا شیارهای ممتد یا منقطع هستند که در جهت عمود بر شیب دامنه ساخته می‌شوند و وظیفه جمع‌آوری روان‌آب یا هدایت آن را به یک خروجی عمود بر شیب دامنه به عهده دارند. هم‌چنین به تراس‌های افقی با عرض کم بر روی خطوط تراز یک دامنه هم بانکت می‌گویند

##### ۴- تراس‌بندی یا سکوبندی روی دامنه‌ها

این سازه سنتی با استفاده از سنگ‌های موجود در طبیعت بر روی خطوط تراز یا در مسیر آب‌راهه جهت نفوذ آب به داخل زمین و کاهش سرعت آب به منظور جلوگیری از فرسایش خاک احداث می‌گردد. در نواحی شیب‌دار برای از بین بردن شیب پله‌بندی می‌نمایند بدین ترتیب که در دامنه کوه‌ها که شیب ملایم دارند به صورت پله‌های پهن در می‌آورند و سطح هر پله را هموار می‌نمایند تا آب‌های جاری به شدت جریان نیابد و به این ترتیب آب در سکوها جمع شده بهتر در زمین نفوذ کرده و می‌توان در آن به کشت درخت یا در صورت وسعت زیاد به زراعت پرداخت. البته نگهداری دیواره این سکوها کار مشکل و پرهزینه است و هر چند یکبار خراب شده و باید مرمت گردند. در نواحی کوهستانی کشور ما اغلب مردم برای بدست آوردن زمین بیش‌تر از این روش استفاده می‌کنند. دیواره سکوها را معمولاً سنگ‌چین می‌کنند و یا درخت و بوته با فاصله کم در روی دیواره تکیه‌گاه سکوها می‌کارند و معمولاً سطح سکوها را کاملاً افقی و بدون شیب نمی‌سازند بلکه حدود ۵ درصد شیب در جهت عکس می‌دهند.

#### ۵- چپرسازی و شمع کوبی و سنگ چینی در فرسایش آبی:

بیش تر برای نقاطی از کوه که شیب آن زیاد و جنس زمین طوری است که دائم تخریب می شود و ریزش می کند مناسب است. در چپر و شمع بیش تر از سر شاخه درختان استفاده کرده و بر اثر ریزش کوه و یا جمع شدن مواد در پشت آن بطور طبیعی یک سکو بوجود می آید که البته سطح آن مثل سطح سکوهایی ساخته شده صاف نیست.

#### ۶- مجاری انحرافی در فرسایش آبی

مجاری انحرافی که برای جمع آوری آب های جاری سطحی یا روان آب در جهت عمود بر شیب ساخته می شود و آب های جمع آوری شده را به محل مطمئنی هدایت نموده و به این ترتیب از فرسایش خاک و در نتیجه تلفات خاک و آب جلوگیری می نماید. برای زراعت دیم در مناطق کوهستانی باید زمین هایی را انتخاب کرد و روش هایی را به کار برد و محصولاتی را کشت نمود که از فرسایش بیش از حد خاک جلوگیری کند، زمین هایی که دارای شیب زیاد است بهتر است کاشته نشوند، زمین طوری شخم شود که آب حاصل از بارندگی موجب فرسایش خاک نگردد و خلاصه شخم بی موقع و لخت افتادن زمین موجبات فرسایش خاک را فراهم نکند. یعنی زمین به موقع با وسایل مناسب و در جهت صحیح شخم و حتی الامکان با کاشتن گیاهان مناسب به ویژه گیاهان علوفه ای مانند یونجه دیم از بایر افتادن آن جلوگیری به عمل آید.

#### ۷- آب انبار

این سازه با هدف ذخیره روان آب حوضه در مخزن سرپوشیده و استفاده از آب حاصل شده در فصل خشک برای مصرف شرب دام و کشاورزی استفاده می شود.

#### ۸- بندهای حفاظت سیل

بندهای حفاظت سیل از خاک و با استفاده از بیل های دستی و روش های دیگر در اطراف روستاها به منظور جلوگیری از ورود سیل به مناطق مسکونی احداث می شوند.

#### ۹- کانال های طویل انتقال آب از چشمه به مناطق پایین دست

این کانال ها بسته به حجم و دبی آب، ابعاد مختلف داشته و در گذشته از سنگ و ساروج و پوشش طبیعی برای ساخت آن ها استفاده شده و طول آن نیز به وضعیت توپوگرافی حوضه و مناطق مورد استفاده بستگی دارد.

#### ۱۰- سدهای اصلاحی

سدهای اصلاحی که به منظور ذخیره آب، کاهش سرعت آب به زیر آستانه فرسایش و نفوذ بیشتر آب در بالادست و تغذیه مناطق پایین دست ساخته می شوند.

#### ۱۱- ایجاد کنتور فارو

احداث کنتور فارو عبارت است از ایجاد جوی های کوچکی بر روی خطوط تراز به منظور نفوذ دادن آب در خاک و جلوگیری از جریان سطحی و در نتیجه فرسایش خاک و هم چنین افزایش پوشش گیاهی در مراتع و تولید علوفه بیش تر. اگر هدف از ایجاد فاروها تنها کنترل آب های سطحی باشد، نحوه عمل با مواردی که برای ذخیره نزولات آسمانی و بالا بردن کیفیت و کمیت پوشش گیاهی اعمال می گردد، مشابه خواهد بود. برای کنترل آب های سطحی و جلوگیری از فرسایش لازم است که فاصله و اندازه فاروها به نحوی انتخاب شود که ضمن این که حداقل هزینه از نظر تعداد فاروها صرف می گردد ظرفیت فاروها نیز متناسب با میزان و شدت معمول بارندگی در منطقه باشد. محاسبه این فاصله و اندازه باید متکی به آمار دراز مدت بارندگی محل از نظر میزان شدت آن باشد به طوری که در شدیدترین بارندگی ها نیز فاروها مملو از آب نگردیده و

سر ریز نمایند زیرا سرریز کردن تنها یکی از فاروها کافی خواهد بود که میزان آب را در فاروی پایین دست خود به دو برابر ظرفیت محاسبه شده آن رسانده و بدین ترتیب با ایجاد یک جریان سریع و شدید سطحی آب، فرسایش شدیدی را در منطقه بوجود آورد.

#### ۱۲- پیتینگ (چاله‌های کوچک در خاک)

پیتینگ عبارت است از ایجاد چاله‌های کوچک در خاک به منظور افزایش نفوذپذیری آن و ذخیره نزولات آسمانی در داخل چاله‌ها و خاک اطراف آن و جلوگیری از جریان سطحی آب‌های حاصل از بارندگی و در نتیجه کاهش امکان فرسایش. در ابتدای اجرای عملیات، یعنی در زمانی که چاله‌ها جدید احداث می‌شوند، علاوه بر این که مقداری برف اضافی در زمستان در داخل آن‌ها ذخیره می‌شود، موجب نفوذ و ذخیره شدن حدود ۷ تا ۱۵ میلی‌متر آب اضافی در خاک نیز می‌گردد. پیتینگ اغلب قدرت جذب رطوبت را در خاک دو برابر می‌کند و در نتیجه از جریان سطحی آب در بارندگی‌های شدید جلوگیری می‌نماید و در عین حال در مراتع این کار با ذخیره رطوبت اضافی در داخل چاله‌ها و خاک اطراف آن‌ها محیط مناسبی برای رشد گونه‌های مرغوب مرتعی، به خصوص گراس‌ها بوجود می‌آید و موجب افزایش پوشش گیاهی و تولید علوفه می‌گردد.

#### ۱۳- گوراب بالادست مزارع

ایجاد گوراب روشی برای نفوذ آب در مناطق بالادست بوده معمولاً از طریق خاک‌برداری و بیش‌تر به شکل هلال در اطراف مزارع ساخته می‌شود.

#### ۱۴- بندسار

بندسار، کرت یا حوضچه نگهداری و انتقال آب، روشی جهت مهار سیلاب و استحصال آن می‌باشد. در این روش کشاورزان با ایجاد خاکریز در امتداد خطوط تراز و یا عمود بر جریان آب از هدر رفت جریان‌های موقتی به داخل رودخانه و یا دریا جلوگیری می‌کنند. در این روش با ذخیره رطوبت و ایجاد یک لایه حاصل‌خیز در سطح خاک، شرایط رشد را برای گیاهان کشت شده تسهیل می‌نماید. در واقع بند سار، کرت یا حوضچه‌ای است که با ایجاد خاک ریز در مسیر آب به وجود می‌آید و سیلاب به داخل آن هدایت و نگهداری می‌شود تا به تدریج در آن نفوذ کند. استحصال سیلاب با روش فوق می‌تواند سبب افزایش رطوبت خاک و تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی گردد. بیش از ۸۰ درصد آب وارده به این کرت‌ها صرف تغذیه آبخوان‌ها می‌شود. مساحت یک بندسار ممکن است از ۱۰۰ متر مربع تا ۲۵ هکتار یا بیش‌تر باشد که در اراضی کم‌شیب، بندسارها وسیع‌تر و در مناطق پر شیب کوچک‌تر می‌شوند.

#### ۱۵- آب‌بند

آب‌بندها سازه‌هایی هستند از جنس‌های مختلف و برای ذخیره‌سازی آب و جلوگیری از روان‌آب‌های سطحی و بروز سیلاب به کار می‌روند. هم‌چنین، احداث آب‌بندها موجب تقویت سفره‌های آب‌های زیرزمینی و تقویت پوشش گیاهی می‌شود. ساخت آب‌بندها سبب جمع شدن آب‌های سطحی و روان آب‌های ناشی از سیلاب می‌شود و از خسارت به زمین‌های حاصل‌خیز کشاورزی و مراتع جلوگیری می‌کنند.

#### ۱۶- دربند و کش‌بند

چکدم‌های دربند و کش‌بند از جمله سازه‌های سنتی و بومی آبخیزداری هستند که در آبراهه‌های مناطق کوهستانی جهت ایجاد بستر کشت و زرع احداث می‌گردند. دربندها به صورت چکدم‌های عرضی کوتاه به صورت عمود بر جریات آب با ارتفاع تقریبی ۱ تا ۱/۵ متر احداث می‌شوند و پس از رسوب‌گذاری در سال‌های بعد افزایش ارتفاع داده می‌شوند. کش‌بندها به مثابه سیل‌بندهای حاشیه رودخانه باعث حفاظت و بازیافت اراضی حاشیه آبراهه‌ها و ایجاد بستر کشت و حفظ رطوبت در

خاک پشت آن می‌گردند. دربندها و کش‌بندها عمدتاً از جنس خشکه‌چین بوده و با مصالح سنگ ساخته می‌شوند. هر چند دربندهای بلند به ارتفاع ۳-۲/۵ متر با سنگ و سیمان احداث می‌گردند.

#### ۱۷- سازه‌های لاستیکی

سازه‌های لاستیکی با استفاده از لاستیک‌های فرسوده با هدف کنترل سیل و رسوب حوزه آبخیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. سازه‌های لاستیکی در کشور ما کم‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف استفاده از لاستیک در طرح‌های آبی عمدتاً مربوط به ایجاد سدها، بندها، افزایش ارتفاع و حجم ذخیره سدها، استفاده از لاستیک به جای دریچه‌ها، تله‌اندازی رسوب، بندهای انحراف آب، بندهای تنظیمی، استفاده در نیروگاه‌های آب، ایجاد دریاچه مصنوعی جهت کمپینگ و ورزش‌های آبی، جلوگیری از شور شدن آب رودخانه‌های ساحلی، ایجاد ذخیره‌های تبخیری، استخراج نمک و ایجاد محیط مناسب برای محیط زیست، مطرح شده است. از نقطه نظر مکانی این قبیل سازه‌ها با اهداف مختلف در بسیاری از مناطق قابل ساخت هستند. بنابراین کاربرد لاستیک در طرح‌های آبی در کلیه نقاط کشور و در طرح‌های متنوع آبی و به صورت گسترده در طرح‌های آبی کوچک و بزرگ آبخیزداری، کشاورزی، صنعتی و عمران آبدی، قابل اجرا است

#### ب) روش‌های آبخیزداری هوشمند

امروزه برای حفاظت از منابع طبیعی و جلوی از تخریب خاک و فرسایش راهی جزء استفاده از آبخیزداری هوشمند وجود ندارد. آبخیزداری هوشمند می‌تواند در حوزه‌های آبخیز و هم‌چنین به عنوان آبخیزداری هوشمند شهری استفاده شود. در آبخیزداری هوشمند می‌تواند از ابزار ذیل استفاده کرد:

##### ۱- استفاده از سنسورها:

این طرح در حقیقت ایجاد یک شبکه پایش برای شرایط بارندگی در یک حوزه آبخیز است به این صورت که اگر جریان آب و فرسایش در یکی از آبراهه‌ها از حد متعادل خارج شود، اطلاعات توسط یک سنسور دریافت شده و سریعاً به دفتر کارشناس مربوطه مخابره می‌شود. بدین ترتیب می‌توان با راه‌اندازی این شبکه پایش و ارسال اطلاعات به کارشناسان و هشدار به موقع، شهرها و محل اسکان هم‌وطنان در پایین‌دست اقدام پیش‌گیرانه انجام شود. هم‌چنین می‌توان از این سنسورها در تغییرات میزان نفوذپذیری خاک‌ها و هم‌چنین تغییرات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نیز استفاده کرد که در نهایت می‌تواند در کاهش فرسایش‌پذیری خاک فوق‌العاده موثر باشند.

##### ۲- استفاده از دوربین‌های پیشرفته:

در این طرح برای حفاظت از حوزه‌های آبخیز از دوربین‌های مداربسته پیشرفته استفاده می‌شود که هر گونه تخریب خاک و منابع طبیعی بلافاصله در دیدرس کارشناسان مربوطه قرار گرفته و اقدامات لازم سریعاً انجام می‌شود.

##### ۳- استفاده از پهپادها:

در سال‌های اخیر استفاده از پهپادها، کاربردهای گوناگونی پیدا کرده است. تا مدتی قبل از پهپاد فقط برای مقاصد نظامی استفاده می‌شد. اما با تولید انواع مختلفی از کوادکوپتر، پرنده‌های آهنی به همه صنایع وارد شده‌اند. یکی از صنایع مهمی که پهپادها به آن وارد شده‌اند، صنعت منابع طبیعی و کشاورزی است. در حال حاضر با استفاده از پهپاد در منابع طبیعی می‌توان فرآیندهای مختلف فرسایش و حفاظت خاک را به‌طور اتوماتیک مدیریت کرد. مزیت اصلی استفاده از پهپاد کارایی بسیار بالای آن می‌باشد. از طرف دیگر در روش سنتی به نیروی انسانی بسیار زیادی نیاز است. اما با استفاده از پهپاد می‌توان هزینه‌ها را به شدت کاهش داد. با وجود مزایای زیاد پهپادها، در حال حاضر کم‌تر از این پرنده‌های آهنین استفاده می‌شود. اولین

مشکل هزینه بالای خرید پهباد به تعداد زیاد است. می‌توان گفت انقلاب منابع طبیعی در راه است. در حقیقت پهبادها را می‌توان آینده دنیای منابع طبیعی دانست. مهم‌ترین دستاوردهای دهه اخیر که بهره‌گیری از آنها در نقشه‌برداری توجه زیادی را به خود معطوف کرده، پرنده‌های بدون سرنشین یا همان پهبادها هستند. پهبادها به دلیل کوچک بودن، مصرف سوخت کم و در عین حال کارایی بسیار بالا در موارد گوناگون مورد استقبال واقع شده است. بسیاری از کشورها از جمله ایران در حوزه طراحی و تولید پهبادهای تجاری وارد شده‌اند. به طوری که اکنون بر اساس نوع نیاز در حوزه کاربرد پهباد در محیط زیست و منابع طبیعی از این فناوری در زمینه پایش محیط زیست مراقبت از جنگل‌ها و خطوط انتقال نفت و گاز و شناسایی آلودگی دریا و اقیانوس‌ها بهره می‌برند.

#### - انواع مختلف پهبادهای موجود و کاربرد آن:

##### ۱- نظارت بر کل فرآیند فرسایش و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز با پهباد منابع طبیعی

یکی از مشکلات بزرگ منابع طبیعی کنترل سخت آنها است. یکی از کاربردهای اصلی پهباد منابع طبیعی امکان مدیریت کل حوزه‌ها است. با تهیه فیلم از تمام حوزه‌های آبخیز می‌توان نظارت بهتری بر کل فرآیند فرسایش داشت.

##### ۲- کنترل سلامت محصولات با پهباد منابع طبیعی

پهبادهای منابع طبیعی می‌توانند وضعیت سلامتی محصولات منابع طبیعی را چک کنند. در حقیقت با تابش پرتو مادون قرمز به میوه‌های آنها می‌توان از سلامت محصول مطمئن شد. با کمک این فناوری می‌توان میوه‌های معیوب را قبل از برداشت تشخیص داد. به این ترتیب فرصت کافی برای تصمیم‌گیری و سم‌پاشی وجود دارد.

##### ۳- تجزیه و تحلیل خاک منابع طبیعی با پهبادهای نقشه بردار

نقشه‌برداری هوایی از اولین کارهایی است که می‌تواند در عرصه منابع طبیعی انجام شود. پهبادهای نقشه‌بردار می‌توانند علاوه بر نقشه‌برداری، از خاک منابع طبیعی هم نمونه‌برداری کنند. نمونه‌برداری خاک به آبخیزداران کمک می‌کند تا میزان حاصل‌خیزی، فرسایش و رطوبت را اندازه‌گیری کنند. معمولاً نقشه‌برداری و نمونه‌گیری به صورت دوره‌ای انجام می‌شود. زمانی که نتایج دوره‌ای را بررسی کنیم می‌توان تغییرات را در منابع طبیعی اندازه گرفت. اندازه‌گیری به آبخیزداران کمک می‌کند تا بتوانند فرآیندهای مختلف فرسایش را پایش کنند. معمولاً نقشه برداری به کمک کوادکوپتر دوربین دار صورت می‌گیرد.

##### ۴- کاشت بذر با شلیک پهباد منابع طبیعی

یکی از بهترین روش‌های کاشت بذر درختان استفاده از پهباد است. پهبادهای کاشت بذر با شلیک می‌توانند بذر و مواد مغزی را به زمین تزریق کنند. البته این روش هنوز به‌طور گسترده مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. یکی از مزیت‌های کاشت بذر با پهباد کاهش هزینه و سرعت بالای کاشت بذر است. کوادکوپتر با برد بالا بهترین گزینه برای کاشت بذر در دل خاک است.

##### ۵- آبیاری منابع طبیعی با پهبادهای آب پاش

کاربرد دیگر پهبادهای منابع طبیعی آبیاری عرصه‌های آن است. پهباد منابع طبیعی با کمک فناوری مادون قرمز می‌تواند نقاط خشک زمین را مشخص کند. بنابراین با پیدا کردن نقاط خشک فرآیند آبیاری به‌سادگی انجام می‌شود. از طرف دیگر وقتی آب‌پاشی به صورت هوایی و نقطه‌ای صورت می‌گیرد، در مصرف آب نیز صرفه جویی قابل توجهی اتفاق می‌افتد.

##### ۶- پهبادهای سم پاش در منابع طبیعی

یکی از استفاده‌های رایج از پهباد سم پاشی منابع طبیعی است. پهباد منابع طبیعی با امواج فراصوتی و سیستم لیزری می‌تواند بهترین فاصله را برای تزریق سم انتخاب کند. از طرف دیگر وقتی سم پاشی به‌صورت هوایی صورت می‌گیرد، سم

کمتری مصرف می‌شود. همچنین روش سم پاشی هوایی از نفوذ سم به عمق خاک جلوگیری می‌کند. اگر روش سم پاشی هوایی با پهپاد را با روش سنتی مقایسه شود، به مزیت‌های این روش بیشتر پی برده می‌شود.

#### ۷- پهپادها و جنگلها

درست از زمانی که تکنولوژی پا به عرصه زندگی اجتماعی و شخصی افراد گذاشت. تغییر ظرفیت ایجاد و بسیاری از مشکلات را که حل آنها به زمان و نیروی انسانی زیادی نیاز داشت به راحتی برطرف کرد. با گذر زمان کم کم این تکنولوژی کمک دسته نیروی انسانی شد و توانست کارهایی را انجام دهد که بشر به تنهایی قادر به انجام آنها نبود. یکی از این عرصه‌ها که نیروی انسانی تا به حال نتوانسته تعرض و دست‌درازی به آنها را به تنهایی برطرف کند، برای حل این مشکل نیاز به تکنولوژی احساس شده، عرصه‌های جنگل و منابع طبیعی است که دست‌درازی به آن برای استفاده از امکانات و امتیازاتی که دارد بر کسی پوشیده نیست. در بسیاری از کشورهای دنیا استفاده از تکنولوژی روز دنیا برای حفاظت و جلوگیری از قطع درختان جنگلی نهادینه شده است و با این روش توانستند جنگل‌های دست کاشت و دست ایشان را که یک چهارم ارزش جنگل‌های کشور ما را ندارد، حفظ کند. این در حالی است که جنگل‌های بکر و استثنائی ما به دلیل کمبود نیروی انسانی و بهره نبردن برخی تکنولوژی‌ها هنوز هم با ورود قاچاقچیان مواجهند. به تازگی گروهی از محققان منابع طبیعی تصمیم گرفتند تا تکنولوژی را به عرصه جنگل وارد کنند و از آن برای حفاظت از جنگل بهره بگیرند. استفاده پهپادها بیشتر برای انجام هلی‌شات و فیلمبرداری در کشور ما استفاده می‌شوند و استفاده کاربردی از آنها انجام نمی‌شود در حالی که می‌تواند در عرصه جنگل خیلی به ما کمک کند. زیرا هزینه عکس گرفتن‌های هوایی زیاد است و اصولاً گرفتن عکس‌های هوایی به صرفه نیست و به همین دلیل استفاده از پهپادها در عرصه‌های جنگلی مطرح شد، دلیل آن هم این بود که هجوم گونه‌های علفی و چوبی و نیاز گونه‌ها به هرس هزینه‌های زیادی را به همراه دارد و اجرای برنامه‌های مراقبتی نیز مستلزم صرف هزینه‌های هنگفتی است، لذا بررسی قابلیت و پهپاد در پایش جنگل‌ها بسیار کاربردی بوده و این پهپادها می‌توانند خیلی به ما کمک کنند. زیرا توانایی این را دارند که در روزهای ابری و بارانی نیز پرواز از عرصه‌های جنگلی عکس‌های سه بعدی تهیه کنند. این عکس‌ها می‌توانند به ما کمک کنند تا ببینیم در چه قسمت‌هایی جنگل کاری موفق داشته‌ایم و در کجاها باید توان بیشتری به خرج دهیم. در واقع بحث جنگل کاری موفق را از ناموفق تفکیک می‌کند. این پهپادها قابلیت پرواز در تمام ساعات شبانه روز و کنترل به صورت دستی و اتوماتیک را دارند و این امر می‌تواند به حفاظت از جنگل در کنار نیروی انسانی کمک کند. زیرا قدرت مانور در جنگل را دارد و می‌تواند حضور قاچاقچیان در جنگل را مشخص کند. از این پهپاد برای نشان دادن تغییرات جنگل‌ها در یک نقش پایش آتش سوزی نشان دادن نقاط خطر و غیره به راحتی می‌توان استفاده کرد. طراحی و ساخت این پهپاد می‌تواند در مناطق ریزش زمین و نقاط کور که رفت و آمد انسان به آنجا خطرناک است و ممکن است مشکل ساز شود این پهپاد می‌تواند چاره ساز باشد و با استفاده از آن می‌توانید خطر حوادث انسانی را کاهش دهیم.

#### ۸- پهپاد و حفاظت از حیوانات در حال انقراض

بر اساس آمارهای منتشر شده از سوی موسسه لیدن برگ که در زمینه ترکیب پیشرفت‌های تکنولوژی با مسائل حفاظت از محیط زیست تخصص دارد در دهه گذشته شکار غیر قانونی کرگدن در آفریقا ۹۰ برابر افزایش یافت و به طور میانگین هر ۱۴ دقیقه یک فیل در این قاره کشته می‌شود. آماری که در صورت عدم واکنش مجامع بین الملل خبر از انقراض این موجودات کمیاب در ۱۰ سال آینده می‌دهد. برنامه چوپان هوایی حدود یک سال در فاز آزمایشی موسسه لیدن برگ است. اما موسسه لیدن برگ اخیراً از شراکت خود با کمپانی یادگیری ماشین پرده برداشته که نشان‌دهنده مرحله جدیدی در مسیر عملی شدن پروژه مذکور است. پهپادهای لیدن برگ به زودی می‌توانند با استفاده از فناوری یادگیری ماشینی، شکارچیان جانوران و



خودروهای آن‌ها را قبل از اعزام نیروهای انسانی به محل شناسایی کنند. هدف اصلی ترکیب تکنولوژی‌های این شرکت با پهپادهای پروژه چوپان هوایی است تا از طریق جایگزینی هوش مصنوعی با انسان کار پردازش هزاران گیگابایت داده‌ای که توسط دوربین‌های هوایی ضبط می‌شوند با سرعت بسیار بالا تر انجام شود. هدف نهایی این روش حل مسئله شکار غیرمجاز و نجات جان هزاران جانور کمیاب و همچنین دستگیری و مجازات شکارچینی است که در حالت عادی از چنگ قانون می‌گریزند.

#### ۹- پهپاد و سرشماری حیات وحش

اداره خدمات و حیات وحش در کنیا با استفاده از پهپادهای ویژه سرشماری دقیق از وضعیت حیات وحش و جانوران وحشی این کشور انجام داد. که در این بررسی به طور خاص به شرایط فیل‌ها و سایر پستانداران بزرگ توجه شده است. در این سرشماری محوطه‌ای وسیع به مساحت ۴۸ هزار و ۶۵۶ کیلومتر مربع مورد بررسی قرار گرفته است. شرایط اکوسیستم و تهدیدات زیستی موجود در منطقه واقع در مرز دو کشور کنیا و تانزانیا نیز مطالعه شد. بر اساس گزارش انجمن حفاظت از محیط زیست در قاره آفریقا عوامل متعددی مانند محدود شدن و زیستگاه‌های طبیعی شکار غیر قانونی دخالت انسان در محیط زیست و آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی سبب شده است، بسیاری از گونه‌های جانوری در این قاره در خطر انقراض قرار بگیرند. که در این میان شرایط فیل و کرگدن آفریقایی بحرانی بوده و به تازگی باید نام شیر آفریقایی را نیز در این فهرست اضافه کنیم. علاوه بر موارد فوق این جانور بسیاری از ایستگاه‌ها و قلمروی طبیعی خود را در اثر فعالیت‌های انسانی از دست داده است. فعالان محیط زیست امیدوارند با ادامه دادن نهضت جهانی حمایت از این حیوانات بتوانند به حفظ این جانوران در محیط زیست کمک کرده و از انقراض آنها جلوگیری کنند.

#### ۱۰- پهپاد و سرشماری پرندگان

نخستین سرشماری کلونی پرندگان مهاجر و فلامینگوهای کشور در دریاچه مهارلو با استفاده از پهپادهای زیست محیطی انجام گرفته است. در این روش می‌توان از کلونی پرندگان تصویربرداری کرد که در آن دقت سرشماری پرندگان بیشتر خواهد شد، همچنین در این روش با پرواز پهپادها گردشگران می‌توانند به صورت آنلاین مناظر بدیع را از قلب مناطق حفاظت شده که حضور فرد در آن امکان پذیر نیست مشاهده کنند.

#### ۱۱- پهپاد و بلایای طبیعی

در هنگام حوادث پیش بینی نشده مانند زلزله سیل و رانش زمین استفاده از پهپادها به یافتن تصاویر دقیق از بحران جهت پشتیبانی در لحظه کمک می‌کند. گشت زنی و پایش مداوم مناطق بحران زده برای به دست آوردن گزارشی سریع از میزان تخریب زیرساخت‌ها قسمتهای سالم و تخریب شده شهر در اثر زلزله و یا افراد قرار گرفته در محاصره سیل در شرایط بحرانی بسیار کمک کننده است. در برخی شرایط برای مثال در شرایط زلزله یا سیل و حتی گم شدن در منطقه ای ناشناخته دسترسی به آنتن‌های مخابراتی بسیار حیاتی است با این وجود دو شرکت apt و وی را زون تصمیم گرفتند، یک راهکار جالب برای این مشکل ارائه کنند. شرکت‌های مذکور با استفاده از پهپادها تصمیم به ایجاد شبکه مخابراتی هوشمند گرفتند، بر همین اساس نیز وی را زون نخستین نسل پهپادهای مخابراتی خود را در شهرکیپ مای نیوجرسی آزمایش کرده است. این پهپاد حکم یک سایت سلولی پروازی دارد و یک سیگنال فوری را در طول محدوده یک مایلی فراهم می‌کند. بر این اساس می‌توان امیدوار بود وقتی هر نوع بلایای طبیعی در هر کشوری رخ می‌دهد پهپادهای نجات‌بخش مذکور می‌تواند به مردم بی‌پناه کمک کند و موقعیت مکانی آنان از طریق موبایل و تبلت‌های هوشمند قابل ردیابی خواهد بود.

## ۱۲- پهپاد و ریزگردها

بروز بحران ریزگردها در مناطق مرزی کشور در سالهای اخیر توجه زیادی از سوی مسئولین کمیته ها و نهادها به خود جلب کرده است. وسعت عوامل جغرافیایی درگیر و همچنین فاکتور دینامیک بودن این بروز بحران ریزگردها در مناطق مرزی کشور در سالهای اخیر توجه زیادی از سوی مسئولین کمیته ها و نهادها به خود جلب کرده است. وسعت عوامل جغرافیایی درگیر و همچنین فاکتور دینامیک بودن این ذرات در فضای وسیعی از مناطق در معرض نیازمندی در استفاده و بهره برداری از ابزارهای تکنولوژیک با قابلیت مانور بالا را حیاتی می‌کند. هر گونه اقدام قبل از وقوع بحران باشد چه از بابت پیشگیری و چه مدیریت بحران با عنایت به قابلیت مانور بالای پهپادها در فضای هوایی قابل پیاده سازی است، البته این را یادآوری می‌کنیم که محدودیت‌های دسترسی و تکنولوژیک در این امور مانند مسائل امنیتی محدودیت‌های مهندسی و اقتصادی همواره قیود سنگینی را بر کار گروه‌های هوایی تحمیل می‌کند.

## ۱۳- پهپاد و آلودگی هوا

ترکیبات آلی سبک یا فرار که در هوا شناور می‌شوند می‌توانند در طولانی و کوتاه مدت منجر به فهرستی طولانی از عوارض سلامتی در انسان‌ها باشد دانستن اینکه تجمع این ترکیبات در کجا و در چه سطوحی است امکان فوق‌العاده‌ای برای جلوگیری از این عوارض است. ترکیبات آلی فرار گازهایی هستند که از محصولاتی نظیر اسپری چسب مو آگروز خودروها و نشر و انفجارات خطرناک ایجاد می‌شوند و هنگامی که انسان آن را استنشاق می‌کند می‌تواند موجب تحریک چشم و بینی، خستگی حالت تهوع و سردرد شود. در حالیکه در طولانی مدت در معرض این گازها قرار بگیرد می‌تواند منجر به سرطان شود. محققان دانشگاه رایس به همراه محققان کالج پزشکی ییلور به دنبال بهره‌گیری از قدرت و پهپادها در شناسایی ابرهای این گازها هستند. آن‌ها به‌طور خاص امیدوارند نشر و انتشار این گازها را در جو، با این پهپادها شناسایی کنند. برنامه این است که ناوگانی از این پهپادها را به پرواز در بیاورند تا بتوانند با استفاده از حسگرها و فرستنده‌ها برای ارتباط با یکدیگر یک شبکه شناسایی نشده و انتشار گازهای آلی فرار را تشکیل دهند. مجموعه پهپادها در یک مدل سه بعدی از مناطقی که توسط گازهای عالی سبک آلوده شده‌اند و برای انسانها موزه هستند ایجاد می‌کند که سپس می‌توانند ساکنان این منطقه را مطلع کنند. اگر یک نشت شیمیایی در یک منطقه وجود داشته باشد ممکن است مردم تا چند روز از وجود آن مطلع نشوند این سیستم می‌تواند بلافاصله از طریق تلفن‌های همراه مردم را مطلع سازد. همچنین دولت چین برای مقابله با آلودگی هوا پهپادی را با کمک شرکت صنایع هوایی چین به بوته آزمایش گذاشت که مواد شیمیایی را بر شهر می‌باشند این پهپاد که پارافویل نام دارد به یک چتر گلابدر مجهز شده و می‌تواند ۷۰۰ کیلوگرم مواد شیمیایی پاک‌کننده دود را در شعاع ۵۰ کیلومتری حمل کند. این هواپیما که بال‌های نرمی دارد نسبت به پهپادهای دارای بال ثابت که برای پاک‌سازی دود استفاده می‌شوند، ۹۰ درصد کم هزینه‌تر است. این پهپاد با پاشش یک کاتالیست شیمیایی که با ذرات موجود در دود واکنش نشان می‌دهد آلاینده‌ها را منجمد می‌کند. سپس این آلاینده‌ها به زمین می‌برند این پهپاد برای مبارزه با بحران آلودگی هوا در پکن طراحی شده است.

## ۱۴- پهپاد و بررسی آلودگی آب

با استفاده از پهپاد در منابع طبیعی، می‌توان از آب رودخانه‌ها در مناطق دوردست و صعب العبور نمونه برداشت و میزان آلودگی‌های آب را سنجید.

## ۱۵- پهپاد و شکار غیر قانونی

برخورد مستقیم محیط بانان و شکارچیان غیر قانونی تا کنون برای محیط بانان مشکلات بسیاری ایجاد کرده است. از طرف دیگر برای مبارزه با شکار یا ماهیگیری غیر قانونی، همواره تعداد محیط بانان با کمبود روبرو بوده است. پهپادها

می‌توانند با اجرای پایش‌های چندگانه در هر روز، موجب شناسایی شکارچیان غیرقانونی شوند. این امر هم در کاهش شکار غیر قانونی مؤثر است و هم مانع جنگجویی بیشتر شکارچیان مسلح می‌شود.

#### ۱۶- پهباد و مناطق صعب العبور

پهباد در منابع طبیعی می‌تواند مناطق صعب العبور (نیزار، کوهستان‌های مرتفع، باتلاق، ناهموار و شنی، مرداب‌های فصلی و غیره) را با سرعت بسیار بیشتر و با دقت بالا ببیند.

#### د- روبات‌های منابع طبیعی

مردم در منابع طبیعی به‌طور مستقیم با شرایط تکراری و سخت و بعضاً خطرناک مواجه است. به‌طور مثال هدایت ماشین‌ها خصوصاً در حوزه‌های آبخیز بزرگ خسته‌کننده است که این شرایط کاری در مواقع مواجهه با گرد و غبار، نور شدید و وزش باد بدتر هم می‌شود. بنابراین لزوم استفاده از سیستم‌های خودکار و روباتیک در بخش منابع طبیعی غیر قابل چشم‌پوشی است. روبات‌ها بسته به کاربردها می‌توانند جانشین چندین کاره در قسمت‌های مختلف منابع طبیعی شده و استفاده از آنها روشی بسیار امیدبخش برای افزایش قابل توجه منافع حاصله باشد. کاهش هزینه‌ها، اتلاف وقت و نیروی انسانی، کاهش خستگی ناشی از کارهای متوالی و یکنواخت در منابع طبیعی، افزایش ضریب ایمنی و کاهش خطرات زیست محیطی، افزایش دقت و کارایی ماشین آلات و در نتیجه افزایش عملکرد از جمله مزایای کاربرد روبات‌ها در عملیات مختلف منابع طبیعی است.

#### توصیه ترویجی

روش‌های مورد استفاده رایج در سطح ایران و دنیا نتیجه چند سال و چندین نسل تجربه و تلاش بوده و از پشتیبانی محکم اجتماعی برخوردار است. سازه‌های مورد استفاده که دارای نسبت فایده به هزینه بالایی هستند، از لحاظ اقتصادی و کسب درآمد برای آبخیز نشینان در اولویت می‌باشد. نتایج نشان داد که آبخیزداری با روش‌های فعلی مورد استفاده به تنهایی دیگر قادر به رفع نیازهای مختلف حوزه‌های آبخیز نیست و همچنین آبخیزداری هوشمند نیز به تنهایی نمی‌تواند همه نیازی حوزه آبخیز را تامین کند هر چند که در مقایسه با آبخیزداری فعلی کارتر و موثرتر است. بهترین روش برای اینکه حوزه‌های آبخیز پویا و با کمترین تخریب وجود داشته باشد، استفاده تلفیقی از روش‌های آبخیزداری هوشمند و روش‌های مورد استفاده فعلی است. این دو دیدگاه با هم می‌توانند مشکل حوزه‌های آبخیز را در هر شرایط آب و هوایی حل کنند و حوزه‌های آبخیز را به هدف نهایی و غایی آبخیزداری که تعادل اکولوژیک است نزدیک‌تر کنند.

#### فهرست منابع

۱- قاسم زاده گنجه‌ای، م. (۱۳۸۶). بررسی و ارزیابی اقتصادی و اجتماعی شیوه‌های سنتی و نوین اجرای عملیات سازه‌ای و بیولوژیک به منظور حفاظت منابع آب و خاک (مطالعه موردی- حوزه

آبخیز سد شهید یعقوبی استان خراسان رضوی)، ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، مشهد: انجمن اقتصاد کشاورزی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.

- 2- Abbasi, M.; Mohseni Saravi, M.; Kheirkhah, M.; Khalighi Sigarodi, Sh.; & Gh. Rostamizad, (2010). Assessment Of Watershed Management Activities On Time Of Concentration And Curv Number Using Hec-Hms Model (Case Study: Kan Watershed, Tehran), Journal of Range and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resource, 63 (3), 375-385.
- ۳- Arab khedri, M., (2014). A review of water erosion intensity and sediment yield in Iran, Extension and Development of Watershed Management. tehran. 4 (2), 23-30.
- 4- Bagherian R, Goodarzi M, Bagherian Kalat A, Soltani MJ. (2014). Factors influencing people's participation in watershed management programs. Extension and Development of Watershed Management. 2(7): 21-28.
- 5- Bagherian R, Goodarzi M, Sanaei Torqabah M, Bagherian Kalat A. (2017). Investigation on dimensions of people's participation in watershed management programs; using factor analysis. Iran-Watershed Management Science & Engineering. 2(3): 1-10.
- ۶- Heinemann, H.R. (2010). A concept in adaptive ecosystem management, an engineering perspective. Forest Ecology and Management, 259: 848-856.
- ۷- Nasri, M., N. Ghazanfarpour, S. Feiznia, H. Ahmadi and M. Afari. (2015). Assessment of soil loss estimation method by field indicators, case study: Shahrak Watershed, Taleghan Basin. Range and Watershed Management, 68(3): 589-606 .
- ۸- Pretty, J. and P. Shah. (2008). Making soil and water conservation sustainable: from coercion and control to partnerships and participation. Sustainable Agriculture and Food, Vol. I, Sustainable Agriculture Programme, International Institute for Environment and Development, Earthscan Press, London, 375-402.