

رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در محیط‌های خشک
دستورالعمل آموزشی

نویسندگان:

راتنا ردی، سایم،

تالا پراگادا

مترجمان:

جمال مصفایی

امین صالح پورجم



سرشناسه: ردی، وی. راتنا، ۱۹۵۷ م. Reddy, V. Ratna, 1957

عنوان و نام پدیدآور: رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در محیطهای خشک
دستورالعمل آموزشی / نویسندگان: راتنا ردی، سایم، تالاپراگادا؛ مترجمان: جمال مصفایی، امین صالح پور جم.

مشخصات نشر: تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۴۰۳.

مشخصات ظاهری: ۱۷۸ ص. جدول.

شابک: ۱۰۰۰۰۰۰ ریال ۱-۴۲-۶۰۵۴-۶۰۰-۹۷۸

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

یادداشت: عنوان اصلی: Integrated Approaches to Sustainable Watershed Management in Xeric Environments (A Training Manual), 2019.

عنوان دیگر: رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در محیطهای خشک (دستورالعمل آموزشی).

موضوع: آبخیزداری Watershed management

شناسه افزوده: سایم، جفری، ج. Syme, Geoffrey, J

شناسه افزوده: تالاپراگادا، چیرانجیوی، Tallapragada, Chiranjeevi

شناسه افزوده: جمال مصفایی، ۱۳۵۷، مترجم.

شناسه افزوده: امین صالح پور جم، ۱۳۵۹، مترجم.

شناسه افزوده: سعید نبی پی لشکریان، ۱۳۴۹، ویراستار

رده بندی کنگره: ۴۱۳ TC

رده بندی دیویی: ۳۳۳/۹۱

شماره کتاب شناسی ملی: ۹۸۲۹۶۹۷

اطلاعات رکورد کتاب شناسی: فیبا

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

عنوان: رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در محیط‌های خشک دستورالعمل آموزشی

نویسندگان: راتنا ردی، سایم، تالاپراگادا

مترجمان: جمال مصفایی^۱، امین صالح پورجم^۲

ناشر: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

ویراستار ادبی-فنی: سعید نبی‌پی لشکریان

طراح جلد و صفحه آرا: عباس صدیق

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۰۵۴-۴۲-۱

شمارگان: ۱۰۰ نسخه

قیمت: ۱۰۰۰۰۰۰ ریال

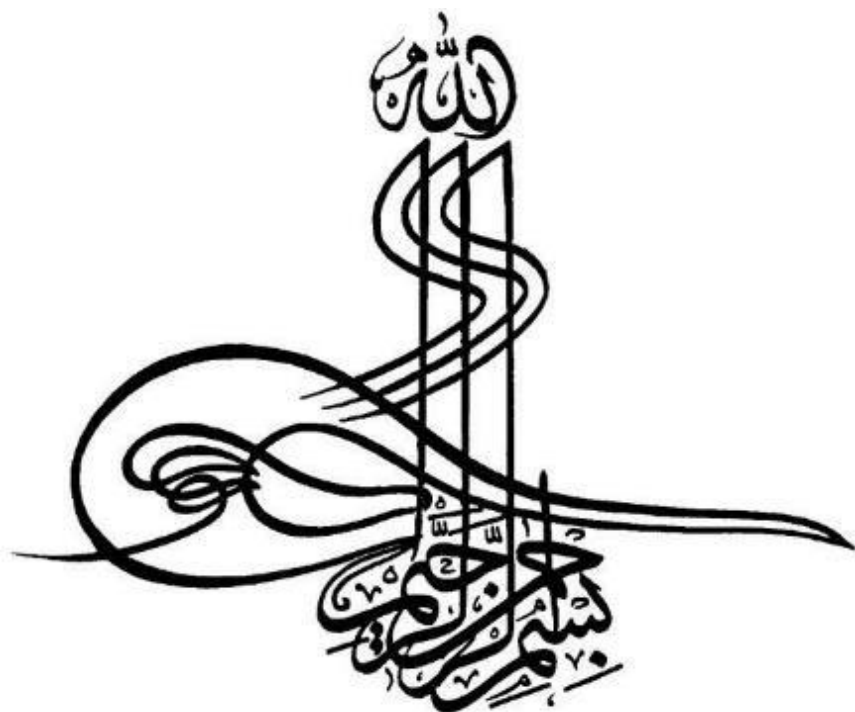
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳

نوبت چاپ: اول

این اثر در مورخه ۱۴۰۳/۹/۱ با شماره ۳۱۴۰۳۶۳ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است. حق چاپ محفوظ است. نقل مطلب، تصاویر، جداول، منحنی‌ها و نمودارها با ذکر ماخذ بلامانع است.

^۱دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۲دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران



تقدیم به:

جامعه علمی کشور

و

خانواده های عزیزمان که در این مسیر صبورانه یاریگر ما بودند

فهرست مطالب

۱	مشارکت‌کنندگان
۱	پیشگفتار
۵	فصل ۱- مقدمه
۵	زمینه موضوعی
۷	اهداف و مقاصد کتاب
۸	رویکرد کتاب
۹	مخاطبان کتاب
۱۲	دامنه کتاب
۱۳	طرح کلی کتاب
۱۴	فصل ۲- بخش یک: ویژگی‌های کلیدی آبخیزهای پایدار
۱۴	مقدمه
۱۵	هدف
۱۶	مقاصد
۱۶	روش‌شناسی
۱۶	آبخیز و آبخیزداری
۱۹	تکامل مدیریت آبخیز در جنوب آسیا
۲۴	اهمیت مقیاس
۲۸	نگرش یکپارچه
۳۱	مدیریت آبخیز پایدار
۳۳	رویکرد تحلیلی
۳۵	روش‌ها و ابزارها
۳۵	اجتماعی-اقتصادی
۳۵	آب‌زمین‌شناسی
۳۵	زیست‌فیزیکی
۳۶	فعالیت‌ها

فصل ۳- بخش دو: مشخصات مناطق مورد مطالعه.....	۳۷
مقدمه	۳۷
هدف	۳۷
مقاصد	۳۸
روش شناسی	۳۸
فرایند انتخاب مناطق مورد مطالعه	۳۹
مشخصات مناطق نمونه.....	۴۱
واحد آب شناسی ماروواوانکا.....	۴۱
واحد آب شناسی واجرالوانکا.....	۴۵
واحد آب شناسی پیتوروواگو.....	۴۷
فعالیت ها	۵۱
فصل ۴- بخش سه: محتوای ژئوهیدرولوژی	۵۳
مقدمه	۵۳
هدف	۵۴
مقاصد	۵۴
روش شناسی	۵۵
زمینه	۵۵
مفاهیم	۵۶
مطالعه موردی	۵۸
مشخصات آب زمین شناسی	۵۸
ضخامت و مقاومت خاک.....	۵۸
ترسیم هندسه آبخوان.....	۵۹
ویژگی های آبخوان.....	۵۹
ارتفاع تراز آب	۶۱
برآورد تغذیه طبیعی با استفاده از روش LCR.....	۶۲
برآورد تغییرات ذخیره آب زیرزمینی (ΔS).....	۶۳

پیوندها	۶۴
مشاهدات	۶۴
مفاهیم توسعه پایدار آبخیز	۶۷
مشاهدات	۶۸
مفاهیم	۶۸
مشاهدات	۶۹
مفاهیم	۶۹
رویکردهای مدیریت پایدار منابع	۷۰
ابزار پشتیبانی تصمیم	۷۱
تخصیص عادلانه آب‌های سطحی و زیرزمینی در حوزه‌های آبخیز: برنامه‌ریزی و	
بررسی توسعه آبخیز با استفاده از EWAC	۷۱
EWAC چیست؟	۷۲
EWAC چگونه کار می‌کند؟	۷۲
کاربرد و اجرای مدل	۷۴
فعالیت‌ها	۷۷
فصل ۵- بخش چهار: محتوای زیست‌فیزیکی مناطق مورد مطالعه	۷۸
مقدمه	۷۸
هدف	۷۹
مقاصد	۷۹
روش‌شناسی	۷۹
زمینه	۸۰
مفاهیم	۸۱
روش‌شناسی و نگرش	۸۱
تأثیر مداخلات بر حفظ منابع	۸۵
نتیجه‌گیری	۸۷
فعالیت‌ها	۸۸

فصل ۶ بخش پنجم: سنجش اثرات-نگرش یکپارچه	۱۸۹
مقدمه	۱۸۹
هدف	۹۰
مقاصد	۹۰
روش شناسی	۹۰
زمینه	۹۱
مفاهیم	۹۲
سنجش اثرات: مطالعه موردی	۹۳
نگرش و روش ها	۹۴
تأثیر توسعه آبخیز بر تاب آوری	۹۷
رسیدگی به مشکلات منتسب: نقش انتخاب مداخلات	۱۰۰
نتیجه گیری	۱۰۶
فعالیت ها	۱۰۸
فصل ۷- بخش شش: داده و مدل های تصمیم گیری یکپارچه	۱۰۹
مقدمه	۱۰۹
هدف	۱۰۹
مقاصد	۱۱۰
روش شناسی	۱۱۰
مدل های بیزی چیست؟	۱۱۰
مدل های بیزی چه اطلاعاتی برای توسعه آبخیز ارائه می دهد؟	۱۱۳
مدل های بیزی، چارچوب معیشت های پایدار و توسعه آبخیز	۱۱۶
داده های مورد نیاز	۱۱۸
نرم افزار	۱۱۸
چه کسانی می توانند از خروجی ها استفاده کنند (سادگی فنی)	۱۱۹
مدل های بیزی متوسط مقیاس: مطالعه موردی	۱۱۹
پیوند مداخلات آبخیز با تاب آوری خانوار	۱۲۱

۱۲۸	نمایش زیرمدل سرمایه اجتماعی.....
۱۳۱	چالش‌های ارزیابی حوزه‌های آبخیز با مدل‌های بیزی.....
۱۳۳	فعالیت‌ها.....
۱۳۵	فصل ۸- بخش هفت: ساده‌سازی دانش برای تعامل مؤثر ذینفعان.....
۱۳۵	مقدمه.....
۱۳۵	هدف.....
۱۳۶	مقاصد.....
۱۳۶	روش‌شناسی.....
۱۳۷	مطالعه موردی: درگیر کردن ذینفعان در یک پروژه تحقیقاتی چندرشته‌ای.....
۱۴۰	مطالعه موردی- درگیر کردن ذینفعان در یک پروژه چندرشته‌ای.....
۱۴۳	رویکرد یکپارچه واقعی.....
۱۴۷	ایجاد تغییر از طریق مشارکت.....
۱۴۸	دو روی یک سکه.....
۱۵۰	مدلی برای تعامل مؤثر ذینفعان.....
۱۵۴	فعالیت‌ها.....
۱۵۶	فصل ۹- ابزارهای یادگیری.....
۱۵۶	آزمون خودارزیابی.....
۱۵۶	مقدمه.....
۱۵۶	آزمون I - جنبه‌های آب‌زمین‌شناسی.....
۱۶۱	آزمون II - جنبه‌های زیست‌فیزیکی.....
۱۶۷	آزمون III - جنبه‌های اجتماعی-اقتصادی.....
۱۷۰	منابع.....

فهرست اشکال

شکل ۱-۲- چارچوب تلفیقی.....	۲۹
شکل ۱-۳- موقعیت سایت‌های مطالعه پروژه آبخیز متوسط‌مقیاس در ناحیه نانتاپور/کورنول در آندراپرادش، هند.....	۴۳
شکل ۲-۳- موقعیت سایت‌های مطالعه پروژه آبخیز متوسط‌مقیاس در ناحیه پراکاسام در آندراپرادش.....	۴۸
شکل ۱-۷- نمونه ساده یک بیزی.....	۱۱۲
شکل ۲-۷- ساخت مدل بیزی و چرخه‌های توسعه آبخیز.....	۱۱۴
شکل ۳-۷- تعریف سلسله مراتب بیزی و بررسی اثرات از طریق محرک‌ها، فرایندها و خروجی‌ها.....	۱۱۷
شکل ۴-۷- مدل بیزی در پروژه آبخیز، برای تحلیل داده‌های اجتماعی-اقتصادی در سطح خانوار (منبع: کلی، و همکاران، ۲۰۱۳). انتخاب از بین پنج رویکرد مدلسازی رایج برای ارزیابی و مدیریت یکپارچه محیط.....	۱۲۰
شکل ۵-۷- چارچوب مفهومی معیشت پایدار به‌عنوان زیربنای مدل بیزی (منبع: مریت، و همکاران، ۲۰۱۶). مدلسازی معیشت و تاب‌آوری خانوارها در برابر خشکسالی با استفاده از شبکه‌های بیزی.....	۱۲۴
شکل ۶-۷- زیرمدل سرمایه انسانی در مدل بیزی به‌عنوان یک متغیری برای حمایت از خشکسالی.....	۱۲۵
شکل ۷-۷- زیرمدل سرمایه انسانی در مدل بیزی به‌عنوان یک متغیری برای حمایت از خشکسالی.....	۱۲۶
شکل ۸-۷- زیرمدل سرمایه انسانی در مدل بیزی به‌عنوان یک متغیری برای حمایت از خشکسالی.....	۱۲۷
شکل ۹-۷- توزیع‌های غیرشرطی متغیرهای مدل.....	۱۲۸
شکل ۱۰-۷- مشروط شدن متغیر اقتصادی به کشاورزان حاشیه‌ای کوچک.....	۱۳۰
شکل ۱۱-۷- تأثیر شرکت در گروه‌ها بر افزایش قدرت سرمایه اجتماعی در خانوارهای کشاورز کوچک یا حاشیه‌ای.....	۱۳۲

فهرست جداول

- جدول ۱-۱- شرکت‌کنندگان هدف، نیازها، فواید و نتایج..... ۱۱
- جدول ۱-۲- سیر تحول آبخیزداری مدرن در جنوب آسیا..... ۲۲
- جدول ۱-۶- دسترسی به پنج سرمایه و سطح تاب‌آوری..... ۹۷
- جدول ۲-۶- تاب‌آوری در بین گروه‌های اجتماعی-اقتصادی..... ۹۹
- جدول ۳-۶- جنبه‌های زیست‌فیزیکی و مداخلات توسعه آبخیز..... ۱۰۲
- جدول ۱-۷- نمونه‌ای ساده از یک بیزی..... ۱۱۲
- جدول ۲-۷- نمونه ساده‌ای از یک بیزی..... ۱۱۲

مشارکت کنندگان

شکیل احمد^۱

جامعه ملی اسلامی، دهلی نو، هند

وندی سو مریت^۲

دانشکده محیط زیست و جامعه فنر، دانشگاه ملی استرالیا، کانبرا، استرالیا

پل پاولیک^۳

مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب، وینتیان، لائوس

ک. و. رائو^۴

پژوهشکده مرکزی کشاورزی دیم، حیدرآباد، هند

راتنا ردی^۵

مؤسسه مدیریت معیشت و منابع طبیعی، حیدرآباد، هند

اس. سارا^۶

گروه علوم زمین، دانشگاه کشمیر، سرینگار، هند

پ. د. سریدوی^۷

مؤسسه ملی تحقیقات ژئوفیزیک، حیدرآباد، هند

جفری جی. سایم^۸

دانشگاه ادیت کوان، پرت، استرالیا

چیرانجیوی تالاپراگادا^۹

مؤسسه مدیریت معیشت و منابع طبیعی، حیدرآباد، هند

¹ Shakeel Ahmed

² Wendy Sue Merritt

³ Paul Pavelic

⁴ K.V. Rao

⁵ V. Ratna Reddy

⁶ S. Sarah

⁷ P.D. Sreedevi

⁸ Geoffrey J. Syme

⁹ Chiranjeevi Tallapragada

پیشگفتار

از این کتاب می‌توان به‌عنوان یک راهنمای عملی برای کاربرست "رویکرد یکپارچه" در برنامه‌ریزی، طراحی و اجرای حوزه آبخیز در محیط‌های زیریک^۱ استفاده کرد. انتظار می‌رود این کتاب برای متخصصان مرتبط با توسعه حوزه‌های آبخیز که از دانش لازم و تجربه خوبی نسبت به سایر روش‌های توسعه آبخیزها برخوردار هستند، مفید باشد. این کتاب برای متخصصان مزبور فرصتی را فراهم می‌کند تا روش‌ها و ابزارهای موجود را با رویکرد بهبودیافته مبتنی بر ادغام علوم بیوفیزیکی، ژئوهیدرولوژیکی و اجتماعی-اقتصادی برای برنامه‌ریزی، طراحی و اجرای بهتر، مقایسه کنند. این موضوع سبب رشد دانش آن‌ها شده و یاد خواهند گرفت تا روش‌ها و ابزارهای لازم را به‌کار ببرند. انتظار بر این است که این رویکرد جدید نه تنها سبب

^۱ Xeric: (پانویس مترجم) در اواخر دهه ۱۸۰۰، گیاه‌شناسان از اصطلاحات xerophytic و xerophyte برای گیاهانی استفاده می‌کردند که برای بقا در محیط‌های خشک سازگار بودند. اما گروهی احساس کردند که نیاز به واژه عمومی‌تری است که هم حیوانات و هم گیاهان را شامل شود تا این که در سال ۱۹۲۶ استفاده از xeric (برگرفته از xēros که معادل یونانی dry است) را پیشنهاد کردند. با این حال همگی موافق این ایده نبودند و انجمن اکولوژیک آمریکا بیان کرد که واژگانی مانند arid را ترجیح می‌دهد. برخی دیگر اعلام کردند که زیریک باید فقط به زیستگاه‌ها اشاره کند، نه به موجودات. به هر حال این واژه مورد استفاده دانشمندان قرار گرفت تا اینکه در دهه ۱۹۴۰ به خوبی در ادبیات علمی مستقر شد. در فرهنگ کشاورزی و منابع طبیعی شامل تعریف و معادل فارسی واژه‌های علمی، جلد دهم: خاک‌شناسی" در تعریف واژه xeric اینگونه آمده است: زیریک، رژیم رطوبتی خاک با زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک که در آب و هوای مدیترانه‌ای متداول است. در خاک‌هایی با این رژیم رطوبتی مقدار کمی آب موجود است که آن هم در فصل مناسب برای رشد گیاه فراهم نیست. برای تولید فرآورده‌های گیاهی در این گونه آب و هوا آبیاری یا آیش تابستانی معمولاً ضروری است. با توجه به تعاریف بالا و شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک حاکم بر ایران بدیهی است که مناطق وسیعی از سرزمین ایران دارای خاک‌هایی است که در گروه زیریک قرار می‌گیرند و بر همین اساس این کتاب می‌تواند برای متخصصین آبخیزداری در ایران مثمرتر باشد.

کاهش اثرات نامطلوب و پیش‌بینی‌نشده پروژه‌های متوسط‌مقیاس حوزه‌های آبخیز شود، بلکه روشی جامع را برای اندازه‌گیری مزایای این پروژه‌ها ارائه کند.

تا به امروز در جنوب آسیا، آبخیزداری در حین کار بر روی جنبه‌های طراحی یا اجرا، فقط اشاره محدودی به جنبه‌های آب‌زمین‌شناسی و بیوفیزیکی منطقه تحت پوشش یک حوزه آبخیز داشته است. تمرکز ارزیابی‌ها نیز به‌طور عمده محدود به مواردی نظیر افزایش سطح اراضی تحت آبیاری، عملکرد محصول، درآمد، آموزش و سلامت در مقیاس خانوار بوده، و ارزیابی‌های گذشته فاقد بررسی‌های عمیق‌تری مانند این‌که این تغییرات چگونه رخ داده است و یا این تغییرات تا چه حد پایدارند، هستند. بدون اطلاع از ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی و زیست‌فیزیکی حوزه‌های آبخیز، اظهار نظر در مورد پایداری تغییرات مشاهده شده مقدور نیست. بدون چنین اطلاعاتی مطالعات ارزیابی پروژه‌ها تمایل دارند تا سطوح عملکرد را به کیفیت، تعهد و مشارکت دستگاه‌های مجری و جامعه ارتباط دهند. رویکرد جدید این کتاب راهنما سعی بر این دارد تا این ناهنجاری‌های موجود در اندازه‌گیری و مرتبط‌کردن اشتباه را اصلاح و سطوح عملکرد را به مراحل طراحی و اجرا مرتبط کند. رویکرد یکپارچه این کتاب سعی دارد تا اهمیت تلفیق جنبه‌های آب‌زمین‌شناسی و زیست‌فیزیکی را با متغیرهای اجتماعی-اقتصادی در تمام مراحل توسعه حوزه آبخیز برجسته کند تا بدین ترتیب فواید بیشتر، پایداری و با توزیع بهتری از توسعه آبخیز حاصل شود. این کتاب در واقع یک راهنمای عملی برای تلفیق تمامی این جنبه‌ها در مراحل برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا و مدیریت آبخیز است. با این حال، استفاده از یک نمایه واحد که بیان‌گر ترکیب جنبه‌های مختلف اندازه‌گیری اثرات باشد، تا حد زیادی در این کتاب مغفول مانده است.

مطالب ارائه‌شده در این کتابچه راهنما حاصل تجربیات تحقیقات یکپارچه‌ای (Reddy و Syme، ۲۰۱۵) است که در آن جنبه‌های مختلف اجتماعی-اقتصادی، زیست‌فیزیکی و آب‌زمین‌شناسی در یک مدل یکپارچه در کنار هم قرار گرفتند تا

چارچوبی برای طراحی، اجرا و اندازه‌گیری اثرات در یک آبخیز متوسط‌مقیاس فراهم شود. این کتاب راهنمای کاملی برای خودآموزی یا برگزاری یک دوره آموزشی حرفه‌ای در مورد کاربست این رویکرد یکپارچه در توسعه حوزه آبخیز است. همچنین این کتاب کمک می‌کند تا داده‌های موردنیاز برای کاربست رویکرد پیشنهادی شناسایی شده، منابع احتمالی گردآوری داده (اولیه و ثانویه) نیز نشان داده شود. علاوه بر موارد فوق این کتاب شامل تمامی مواد و ابزارهای آموزشی است که می‌تواند در محیط‌های واقعی کار مورد استفاده قرار گیرند که دقت زیادی نیز برای کاربرپسند ساختن مواد انجام شده است. در این کتاب، فعالیت‌ها و موارد پشتیبانی دیگری مانند آزمون‌ها و فایل‌های پاورپوینتی نیز ارائه شده است که برای استفاده و یادگیری آسان خوانندگان یا کارآموزان مفید هستند. برخی از مطالب این کتابچه راهنما نتیجه تعامل یا آموزش تیم‌های تحقیقاتی در سطوح بین‌المللی، ملی یا ایالتی، با جامعه است تا ارتباط، سودمندی و پذیرش آن مورد بررسی قرار گیرد. بازخوردهای حاصل از این تعاملات و آموزش‌ها کمک شایانی به بهبود مطالب این کتابچه راهنما کرده است.

افرادی در تهیه این کتابچه راهنما ما را حمایت و راهنمایی کرده‌اند. به‌طور خاص، حمایت و تشویق‌های آقای ایوان کریستن^۱ از مرکز استرالیایی تحقیقات بین‌المللی کشاورزی^۲، بسیار ارزشمند بود. از حمایت‌های دکتر سیکا^۳ (مرجع دیم دولت هند) که به ما توصیه کرد برای استفاده دستگاه‌های دولتی، کتاب باید حاوی موارد آموزشی باشد و در این مسیر ما را تشویق و ترغیب کرد، تشکر و قدردانی می‌شود. از نقطه‌نظرات و پیشنهادات سه داور ناشناس تشکر و قدردانی می‌شود. از اداره توسعه روستایی ایالت آندراپرادش^۴ برای حمایت آن‌ها در توفیق بیشتر برنامه آموزشی (معرفی و مشارکت متخصصان مجرب در زمینه توسعه حوزه آبخیز)، تشکر و قدردانی

^۱ Evan Christen

^۲ Australian Centre for International Agricultural Research

^۳ Sikka

^۴ Andhra Pradesh

می‌شود. انگیزه و اشتیاق وافر این متخصصان و بازخوردهای مثبت آن‌ها باعث اطمینان خاطر بیشتر تیم تحقیقاتی نسبت به نیاز به رویکرد یکپارچه شد.

از خانم دکتر سووارنا^۱، کمیسر وقت اداره توسعه روستایی دولت آندراپرادش به خاطر راهنمایی‌های کلی و آگاهانه در زمینه متمرکز کردن خروجی‌های پروژه از لحاظ عملی تشکر می‌کنیم. از حمایت مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک^۲، در ارائه برنامه به شرکت‌کنندگان بین‌المللی (کابل افغانستان) تشکر می‌کنیم. در این ارتباط، ایکاردا حمایت کرد تا یک کارگاه آموزشی پنج روزه در حیدرآباد هندوستان با مشارکت گروهی از افغانستان متشکل سیاست‌گزاران و مسئولین اداره توسعه آبخیزها و سایر ادارات مرتبط برگزار شود. این کارگاه علاوه بر طرح مبنای رویکرد تلفیقی، شامل بازدیدهای میدانی و تعامل با مسئولین بلندپایه مرتبط با توسعه آبخیز نیز بود. شرکت‌کنندگان این کارگاه توانستند ارتباط جنبه‌های زمین‌آب‌شناسی و ضرورت لحاظ چنین اطلاعات فنی را در حوزه‌های آبخیز خودشان درک کنند. بازخوردهای شرکت‌کنندگان در کارگاه نیز بسیار مثبت و دلگرم‌کننده بود.

از دکتر یشپال سینگ صحراوات^۳ (ایکاردا، کابل، افغانستان)، بخاطر حمایت وی در سازمان‌دهی این کارگاه تشکر و قدردانی می‌شود. از تمامی مشارکت‌کنندگان، چه از افغانستان و چه از هند (سازمان‌های دولتی و غیردولتی) برای حضور فعال در برنامه‌های آموزشی و ارائه بازخوردهای مفید محتوایی تشکر می‌شود. بازخوردهای تشویق‌کننده و حمایتی آن‌ها به تیم تحقیقاتی انگیزه داد تا کار خود را در قالب کتابچه راهنمای حاضر با مخاطبان بزرگ‌تری به اشتراک بگذارند.

راتنا ردی - سایم - تالاپراگادا

¹ Suvana

² ICARDA

³ Yashpal Singh Saharawat

فصل ۱- مقدمه

راتنا ردی^۱، سایم^۲، و تالاپراگادا^۱

^۱ مؤسسه مدیریت معیشت و منابع طبیعی، حیدرآباد، هند

^۲ دانشگاه ادیت کوان، پرت، استرالیا

زمینه موضوعی

آب‌های زیرزمینی یکی از منابعی است که در کشورهای در حال توسعه بیشترین سوء مدیریت را متحمل شده است. از جمله مهمترین دلایل این موضوع، پنهان بودن این آب‌ها در آبخوان‌های شکسته است به‌طوری‌که مستقیماً قابل مشاهده نبوده، برای اندازه‌گیری و پایش آن‌ها، نیاز به دانش فنی و ابزارهای خاصی است. لذا میزان شناخت و درک نسبت به کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی به خصوص در سطح کاربران (جامعه) بسیار محدود است. در نتیجه، همیشه یک عدم تطابق بین تقاضا و میزان آب زیرزمینی موجود به ویژه در مناطق خشک که برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی برای آبیاری باعث افت تراز سفره‌های آب‌های زیرزمینی می‌شود، وجود دارد. درک ماهیت و ویژگی‌های آب‌های زیرزمینی برای استفاده کارآمد و پایدار از این منابع در درازمدت حیاتی است. هدف از مداخلات گسترده استحصال آب مانند توسعه حوزه آبخیز، به‌ویژه در محدوده‌هایی که از سنگ‌های سخت تشکیل شده‌اند، فارغ از موفقیت یا عدم موفقیت آن‌ها در بهبود وضعیت آب زیرزمینی، افزایش استحصال آب است. تراز آب زیرزمینی مطمئناً به مقدار آب برداشت‌شده و استفاده‌شده مرتبط است، اما در این ارتباط، طراحی و مکان‌یابی این مداخلات نسبت به آبخوان و ویژگی‌های جغرافیایی حوزه آبخیز نقش مهمتری را دارا هستند. بنابراین کسب دانش و اطلاعات در مورد هندسه و ویژگی‌های آبخوان، برای طراحی و اجرای

¹ Livelihoods and Natural Resources Management Institute, Hyderabad, India.

² Edith Cowan University, Perth, WA, Australia.

صحیح حوزه‌های آبخیز ضروری است و جوامع برای اتخاذ شیوه‌های استفاده پایدار از منابع آب زیرزمینی به این اطلاعات نیازمند هستند.

درحالی‌که خصوصیات آبخوان نشان‌دهنده عمق و میزان ظرفیت نگهداشت آب زیرزمینی است، ویژگی‌های زیست‌فیزیکی مانند بارش، نوع خاک، شیب و شیوه‌های کاربری زمین، تعیین‌کننده میزان پتانسیل تغذیه سفره‌های زیرزمینی هستند، زیرا سامانه‌های زیرسطحی آبخوان به سامانه‌های سطحی و ویژگی‌های قابلیت تغذیه آن‌ها بستگی دارند. به‌عنوان مثال، اگرچه انتظار بر این است که مداخلات حوزه آبخیز از طریق بهبود اقدامات حفاظت خاک و آب باعث افزایش تغذیه آب زیرزمینی شود، اما درنهایت میزان واقعی آب زیرزمینی برای استفاده نهایی بستگی به تناسب مداخلات برای سامانه آبخوان، ویژگی‌های زیست‌فیزیکی، کاربری زمین و غیره دارد. در زمینه مداخلات حوزه آبخیز، اغلب فرض بر این است که میزان تغذیه آب زیرزمینی با حرکت از بالادست حوضه به پایین‌دست افزایش می‌یابد. با این حال، معمولاً چنین تأثیری به دلیل ارتباط ضعیف مداخلات در طول مسیر جریان قابل تشخیص نیست. اطلاعات علمی در مورد آبخوان‌ها و سامانه‌های زهکشی نقش بسیار مهمی در تشخیص اثرات مقیاس در حوزه‌های آبخیز بزرگ دارد. حتی در یک پروژه متوسط مقیاس نیز توسعه آبخیز^۱ در زمان و مکان توزیع می‌شود. فعالیت‌های توسعه آبخیز فقط در صورتی که فعالیت‌های طراحی و اجرا در سطح آبراهه باشند و ترسیم حوضه‌ها با یک روش علمی انجام شود، می‌توانند دارای آثار مثبتی باشند، در غیر این صورت این فعالیت‌ها، بی‌تأثیر یا دارای اثرات بسیار کمی بوده و یا حتی می‌توانند منجر به آثار نامطلوب در واقعیت شوند. برای بهره‌گیری از مزایای پروژه‌های متوسط مقیاس، ترسیم صحیح و اجرای هماهنگ حوزه‌های آبخیز مبتنی بر جریان‌های سطحی و زیرسطحی در طول آبراهه بسیار مهم است.

¹ Watershed development (WSD)

----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۷

مطالعه چند رشته‌ای، که اساس این کتابچه راهنمای آموزشی را تشکیل می‌دهد، چارچوبی ارائه می‌کند که سعی دارد اطلاعات فنی پیچیده را به ابزار و قالب‌هایی قابل درک ساده‌سازی کند، به‌طوری‌که برای اتخاذ رویکردی علمی برای طراحی و پیاده‌سازی حوزه‌های آبخیز متوسط‌مقیاس مفید باشند و به‌کار بیایند. این مطالعه با رویکردی یکپارچه برای طراحی و توسعه پروژه‌های حوزه آبخیزهای با مقیاس ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ هکتار در قالب مفاهیم، ابزار، روش‌ها و الگوها ارائه شد. کتابچه راهنمای حاضر به‌عنوان راهنمای متخصصین برای اتخاذ رویکرد یکپارچه مورد معرفی عمل می‌کند.

اهداف و مقاصد کتاب

این کتابچه راهنما در نظر دارد تا میزان فواید فنی و علمی برنامه‌های توسعه آبخیز مانند برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز (IWMP)^۱ که در سرتاسر ایالت‌های هند در حال اجرا هستند را افزایش دهد. هدف این کتابچه بهبود طراحی و اجرای این برنامه‌ها برای اثرگذاری بیشتر و پایداری و توزیع عادلانه منافع حاصل از آن‌هاست. این کتاب در صدد است تا این منافع را از طریق توسعه دانش و مهارت «تیم‌های اجرایی حوضه» در کاربست رویکرد یکپارچه در طراحی، اجرا و نگهداری پروژه‌های حوزه آبخیز تحقق دهد.

برخی از آموخته‌های اساسی حاصل از این کتاب عبارتند از:

- تعریف و شناسایی ویژگی‌های کلیدی آبخیز پایدار و مسائل کلیدی که باید در طراحی و اجرای آن لحاظ شوند.
- به‌کارگیری ابزارها و الگوها برای طراحی، توسعه و اجرای پروژه‌های آبخیز به‌طوریکه ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی، بیوفیزیکی و اجتماعی-اقتصادی آبخیز نیز مد نظر قرار گیرند.
- ایجاد پایگاه داده‌ای که با آن بهتر بتوان اثرات بر حوزه آبخیز را بررسی کرد.

¹ Integrated Watershed Management Program (IWMP)

- بررسی اثرات بالقوه مداخلات آبخیز^۱ از منظر ژئوهیدرولوژیکی، بیوفیزیکی و اجتماعی-اقتصادی.
- استفاده از قابلیت مدل‌های ساده اما جامع مانند مدل شبکه بیزی^۲.
- ارزش نقش مشارکت ذینفعان در کسب اثرات و نتایج بهتر و پایدارتر پروژه‌های توسعه آبخیز.

رویکرد کتاب

اساساً این کتاب بر رویکردی متمرکز است که با آن می‌توان برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا و نظارت بر مداخلات آبخیز را با مواردی نظیر "چه سؤالاتی باید پرسیده شود؟"، "چه داده‌هایی باید جمع‌آوری شود؟" و "چه تحلیل‌هایی موردنیاز است؟" انجام داد. برای جذابیت و تأثیر بیشتر فرایند یادگیری کتاب، از یک مطالعه موردی و نیز ابزارها، الگوها و روش‌های مرتبط دیگری مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مطالعه موردی به خوانندگان کمک می‌کند تا روش‌ها و ابزارهای معرفی‌شده در این کتاب را در آبخیزهای مد نظر خود استفاده کرده و نتایج حاصل را مورد بررسی قرار دهند. فعالیت‌های گروهی/انفرادی تدارک دیده شده در این کتاب، فرایند یادگیری را سرگرم‌کننده و مشارکتی می‌کند. اگرچه این کتاب حاصل تجربیات مطالعات موردی در هند است، اما مطالب آن برای بیشتر کشورهای جنوب آسیا و آفریقا که از رویکردهای آبخیزداری برای توسعه کشاورزی استفاده می‌کنند، قابل استفاده است. مناطق خشک این کشورها به‌طور خاص می‌توانند مستقیماً از مطالعات موردی این کتاب استفاده کنند.

محتوا و مدت زمان آموزش این کتاب بسته به نیازهای فراگیران مناسب برای آموزش مبتنی بر کلاس درس است. بر این اساس، زمان موردنیاز برای این دوره

¹ Watershed interventions

² Bayesian network model

آموزش، بین دو تا چهار روز بسته به میزان دانش و مهارت فراگیران متغیر است. رویکرد "آموزش مربی"^۱ می‌تواند باعث افزایش سطح و کارایی دوره آموزشی شود. اثربخشی دوره آموزشی از نظر ارتباط دوره با فراگیران مختلف، سودمندی روش‌ها و ابزارهای ارائه شده و دامنه تعمیم و کاربرد آن‌ها باید به صورت بازخورد مورد ارزیابی قرار گیرد.

میزان درک شرکت‌کنندگان نسبت به سه بخش اصلی جنبه‌های اجتماعی-اقتصادی، آب‌زمین‌شناسی^۲ و زیست‌فیزیکی^۳ از طریق آزمون‌هایی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. براساس نتایج این آزمون‌ها می‌توان درباره عمق و سودمندی آموزش اظهار نظر کرد. فعالیت‌های متنوع باعث می‌شود تا فراگیران سطح دانش و مهارت خود را نسبت به موضوع بیازمایند و پتانسیل خود را با اطلاعات، روش‌ها، ابزارهای جدید ارتقا دهند. هنگامی که از این کتاب برای آموزش گروهی استفاده شود، جلوه‌های میزان یادگیری از یکدیگر نمایان می‌شود. این موضوع درعین حال، تکنیک‌های خودآموزی را برای هر فراگیر نیز به ارمغان می‌آورد. بااین حال، این آموزش نیاز به متخصصانی در زمینه اقتصادی- اجتماعی، آب‌زمین‌شناسی، زیست‌فیزیک و مدل‌سازی (مدل‌سازی می‌تواند اختیاری باشد) دارد.

مخاطبان کتاب

این کتاب نیازهای افراد یا گروه‌های مرتبط با برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا یا نظارت بر پروژه‌های حوزه آبخیز را پاسخ می‌دهد. مخاطبان هدف کارکنان ادارات توسعه روستایی، کشاورزی، آبخیزداری و جنگل هستند که فعالیت‌های ایشان در ارتباط با فعالیت‌های اجرایی آبخیز است. البته هنگامی که این کتاب برای سایر آبخیزها و ذینفعان مختلف مورد استفاده قرار گیرد، جمعیت هدف می‌تواند بسیار بیشتر باشد. این کتاب همچنین می‌تواند برای کارکنان جدیدالاستخدام به عنوان آموزش مقدماتی

¹ train the trainer

² Hydrogeological

³ Biophysical

در مرحله قبل از شروع به کار بر روی پروژه‌ها، استفاده شود. با اجرای برنامه‌های آموزش مربی، این کتاب می‌تواند برای ایجاد مجموعه‌ای از مربیان برای ادارات مرتبط مفید باشد.

گروه‌های هدف این کتاب را می‌توان به سه سطح روستا، منطقه و ایالت دسته‌بندی کرد (جدول ۱-۱). نیازها، فواید و نتایج این کتاب بسته به هر گروه مخاطب متفاوت است. بر این اساس، برای استفاده کارآمد از کتاب، مطالب و مدت زمان آن می‌بایست با توجه به گروه هدف سفارشی شود. گروه‌های هدف در سطح روستا که مشغول فعالیت‌های اجرایی روزانه واقعی در آبخیزها هستند، بیشتر علاقه‌مند به بخش نتایج و اثرات هستند. نیازهای آموزشی این گروه ممکن است بیشتر در سطح آگاهی باشد، اما این نیازها در جمعیت بزرگی واقع شده است. همچنین این گروه ممکن است نیاز به تکرار برنامه‌ها برای تازه‌کردن یادگیری و دانش خود داشته باشند. مسئولین منطقه‌ای که ورودی‌های فنی و طراحی مداخلات را ارائه می‌کنند، ممکن است نیاز به برنامه دقیق‌تری برای تقویت سطح مهارت خود داشته باشند. در نهایت، گروه‌های هدف در سطح ایالتی و مرکزی که بیشتر در سطح سیاست‌گذاری مشارکت دارند و جوامع محلی را برای دستیابی به اهداف مدیریت پایدار آبخیز و معیشت پایدار راهنمایی و هدایت می‌کنند.

جدول ۱-۱- شرکت کنندگان هدف، نیازها، فواید و نتایج

گروه بالقوه	نیازها	فواید	نتایج
در مقیاس روستا: اعضای اتحادیه آبخیز/ کمیته آبخیز	عدم آگاهی در مورد: ا. مسائل مربوط به مقیاس ب. تأثیرات تفاضلی پ. حقوق برابر	ا. درک اهمیت بالادست/ پایین دست ب. تأثیرات بیشتر و پایدار	ا. توزیع عادلانه تر مزایا
در مقیاس منطقه: تیم‌های اجرایی آبخیز	عدم شفافیت در مورد: ا. اهمیت لحاظ آبخیزها در واحدهای هیدرولوژیک ب. نوع و تراکم سازه‌ها در آبخیز و واحد آب‌شناسی	ا. طراحی و مداخلات حوضه براساس ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی و زیست‌فیزیکی محل	ا. مداخلات مناسب آبخیز در سرتاسر حوضه
در مقیاس ایالت: ادارات ستادی - مربیان - کارکنان فنی - کارکنان مدیریتی	عدم شفافیت در مورد: ا. طراحی برنامه توسعه یکپارچه آبخیز مبتنی بر تلفیق جنبه‌های آب‌زمین‌شناسی و زیست‌فیزیکی ب. تخصیص آبخیزها به دستگاه اجرایی براساس مرزبندی آب‌شناسی پ. نیاز هر حوضه به تخصیص بودجه متفاوت	ا. درونی کردن عوامل خارجی ب. پایداری اکولوژیکی و تأثیرات مثبت	ا. توسعه پایدار حوزه آبخیز ب. معیشت بهتر و پایدار جوامع

لذا، فواید و نتایج دارای یک تأثیر آبخیزی از سطح سیاست‌گذار به سطح جامعه است و از این‌رو نباید اهمیت یادگیری مؤثر در سطوح مختلف را دست‌کم گرفت.

دامنه کتاب

استفاده از مطالب این کتاب مستلزم یک آشنایی جزئی با اصطلاحات رایج در حوزه آبخیز است. بنابراین این کتاب عمدتاً برای افرادی مفید است که از قبل در سطوح مختلف با آبخیزداری آگاهی داشته و درگیر آن بوده‌اند. بر این اساس فراگیری که دانش و آگاهی اولیه‌ای نسبت به آبخیزداری دارند در مقایسه با فراگیران مبتدی، سود بیشتری از این کتاب می‌برند. این کتاب باعث یادگیری برخی اصطلاحات جدید آبخیزداری می‌شود، اما مهم‌تر این است که به فراگیران کمک می‌کند تا مهارت‌ها و دانش موجود خود و راه‌های استفاده از آن‌ها را ارتقا دهند. از دیگر مزایای استفاده از این کتاب می‌توان به مداخلات مؤثر و کارآمد در حوزه آبخیز از طریق به‌کارگیری بهتر دانش و رویکرد علمی اشاره کرد. این کتاب به دستیابی به موارد زیر کمک می‌کند:

- دانش: (۱) یادگیری و درک بیشتر درباره تعریف و ویژگی‌های کلیدی توسعه و مدیریت پایدار آبخیز، (۲) تعیین موضوعات مهمی که در شرایط ژئوهیدرولوژیک، بیوفیزیکی و اجتماعی-اقتصادی مختلف می‌بایست برای طراحی، اجرا، و اثرات مورد لحاظ قرار گیرند، (۳) یادگیری و به‌روزرسانی مفاهیم، روش‌ها و ابزارهای کلیدی مدیریت یکپارچه آبخیز.
- مهارت‌ها: (۱) استفاده از ابزارها و روش‌ها برای بررسی تعداد، نوع و مکان بهینه سازه‌ها در یک آبخیز برای اطمینان از تأثیر و کارایی بیشتر، (۲) تعیین متغیرهای کلیدی و پایش آن‌ها برای اطمینان از پایداری اثرات، (۳) ایجاد پایگاه داده پایه برای طراحی، اجرا، و پایش و ارزیابی بهتر.

- نتایج: (۱) دستگاه‌های اجرایی مجهزتر، منافع بیشتر و پایدار، توزیع عادلانه مزایا، (۲) استفاده مؤثر و کارآمد از منابع، نسبت هزینه به سود بهتر، (۳) جامعه آگاه و غیره.

طرح کلی کتاب

مطالب کتاب در نه فصل تنظیم شده است. محتوای اصلی در هفت بخش^۱ ارائه شده است (فصل‌های ۲ الی ۸). در ادامه فصل معرفی کتاب (این فصل)، بخش یک (فصل ۲) عناصر کلیدی آبخیزهای پایدار را به همراه توسعه و مدیریت آن‌ها مورد بحث قرار می‌دهد و مفاهیم زیربنایی روش‌ها و ابزارهای مورد استفاده را بیان می‌کند. در بخش دو (فصل ۳) درباره ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه است و خصوصیات اجتماعی-اقتصادی و فنی واحدهای آب‌شناسی منتخب ارائه شده است. بخش سه (فصل ۴) جنبه‌های آب‌زمین‌شناسی را مورد بحث قرار داده و روش‌ها و ابزارهایی را برای بررسی پتانسیل آب زیرزمینی در حوزه‌های آبخیز ارائه می‌کند. این بخش همچنین شامل یک ابزار پشتیبانی تصمیم برای بررسی ارتباطات آب سطحی و زیرزمینی است. در بخش چهار (فصل ۵) جنبه‌های زیست‌فیزیکی با فرایند انجام تحلیل برای برنامه‌ریزی، طراحی و اجرای مداخلات ارائه شده است. بخش پنج (فصل ۶) به ابعاد اجتماعی-اقتصادی که می‌بایست در برنامه‌ریزی و اجرای مداخلات و سنجش اثرات مورد توجه قرار گیرند، می‌پردازد. در بخش شش (فصل ۷) یک چارچوب و مدل شبکه بیزی برای تلفیق تمام جنبه‌ها در یک مدل فنی معرفی می‌شود. در بخش هفت (فصل ۸) اهمیت مشارکت ذینفعان برای اعمال رویکرد یکپارچه مدیریت آبخیز و فرایند مشارکت فزاینده ذینفعان کلیدی در مراحل مختلف پروژه مورد بحث قرار گرفته است. در فصل پایانی (فصل ۹) نیز موارد آموزشی مانند ابزارهای میدانی، آزمون‌ها و اسلایدهایی همراه با یک مدل زمان‌بندی آموزش ارائه شده است.

فصل ۲- بخش یک: ویژگی‌های کلیدی آبخیزهای پایدار

راتنا ردی^۱، سایم^۲، و تالاپراگادا^۱

^۱مؤسسه مدیریت معیشت و منابع طبیعی، حیدرآباد، هند

^۲دانشگاه ادیت کوان، پرت، استرالیا

مقدمه

اثرات نامطلوب روش‌های ناپایدار مدیریت زمین و آب در تمام کشورها قابل مشاهده است. برای مثال، مساحت اراضی متاثر از تخریب زمین بیش از دو میلیارد هکتار در کره زمین است که معیشت ۱/۵ میلیارد نفر را به خطر انداخته، ۴۲ درصد از فقیرترین افراد در این اراضی امرار معاش کرده و در عین حال هر ساله نیز بین دو تا پنج میلیون هکتار به آن اضافه می‌شود (TASS و همکاران، ۲۰۱۵). در این ارتباط آسیای جنوبی یکی از بدترین کشورهای آسیب‌دیده است، زیرا ۴۳ درصد از زمین‌های کشاورزی آن، دست‌کم به یکی از اشکال تخریب زمین مبتلا شده است (Perera و Fernando، ۲۰۰۴). در طی سال‌های اخیر، به طور فزاینده‌ای از خاک به‌عنوان یک منبع اصلی تقویت منابع طبیعی و پایه تولید در سطح بین‌المللی یاد می‌شود. سلامت خاک نه تنها برای امنیت غذایی بلکه برای ارائه سایر انواع خدمات بوم‌سازگانی نیز ضروری است. این امر به خوبی در اهداف توسعه پایدار، از جمله کاهش فرسایش آبی و بادی، بهبود سلامت و حاصلخیزی خاک، و استفاده پایدار از زمین منعکس شده است. چالش‌ها در مورد کشاورزان خرده‌پا که دسترسی مناسبی به منابع طبیعی، بازار، مؤسسات (رسمی و غیررسمی)، و سایر سرمایه‌های معیشت (انسانی، فیزیکی و غیره) ندارند، پیچیده‌تر است. در برخی از مناطق، کشاورزی مفرط ناشی از فناوری‌های ارزان استحصال آب‌های زیرزمینی منجر به تخریب سریع خاک‌ها شده (اوتروفيکاسیون، به‌عنوان مثال، نیترا‌های مازاد خاک) و کشاورزان خرده‌پا را فقیر می‌کند (آن‌ها را مجبور به کار در مزرعه یا مهاجرت می‌کند). این تخریب زمین‌ها،

با وجود مداخلات حفاظت از خاک و آب در حوزه‌های آبخیز اتفاق افتاده است که نشان می‌دهد این اقدامات کافی نبوده، نیاز به روش‌های مدیریت پایدار اراضی است. علاوه بر این، اثرات نامطلوب تغییرات فزاینده اقلیمی نیز در مناطق کم‌برخوردار بیشتر است.

تحقیقات اخیر (Reddy و Syme، ۲۰۱۵) نشان می‌دهد که یکی از دلایل اصلی اثربخشی پایین مداخلات حوزه آبخیز، عدم درک جنبه‌های آب‌زمین‌شناسی و زیست‌فیزیکی در طراحی این مداخلات است. تلفیق این جنبه‌ها می‌تواند به تخصیص کارآمد منابع، شیوه‌های معیشت پایدار، و سودآوری مناسب در بخش‌های مختلف جامعه کمک کند. بنابراین تلفیق تمامی جنبه‌های آبخیز مبتنی بر یک رویکرد جامع علمی برای امنیت غذایی، بهره‌وری پایدار، امنیت داخلی و مهاجرت، حفظ اقلیم و تنوع زیستی ضروری است.

هدف

این بخش خوانندگان را با ابعاد نظری و تحلیلی مداخلات یکپارچه و پایدار آبخیز آشنا می‌کند. هدف این بخش این است که خوانندگان اهمیت تأثیر و پایداری مداخلات آبخیز را درک کنند. شرکت‌کنندگان در معرض تکامل توسعه و مدیریت آبخیز در جنوب آسیا قرار دارند. کارآموزان با مبانی نظری یا زیربنای اهمیت مقیاس در پروژه‌های اجرایی آبخیز و اتخاذ یک رویکرد یکپارچه آشنا می‌شوند. چارچوب یکپارچه ارائه‌شده در این بخش به خوانندگان کمک می‌کند تا ارتباط بین جنبه‌های زیست‌فیزیکی (از جمله آب‌زمین‌شناسی) و اجتماعی-اقتصادی مداخلات آبخیز را درک کنند. در طراحی مداخلات یکپارچه آبخیز چه روش‌ها و ابزارهایی برای سنجش و اندازه‌گیری این سه جنبه مختلف و حیاتی (زیست‌فیزیکی، آب‌زمین‌شناسی، و اجتماعی-اقتصادی) موردنیاز است؟ رویکرد تحلیلی ارائه‌شده در این بخش، ظرفیت‌های فراگیران را در خصوص تمامی جنبه‌های فنی افزایش می‌دهد.

مقاصد

- در پایان این بخش، خوانندگان قادر به موارد زیر خواهند بود:
۱. درک مفاهیم مختلف مدیریت آبخیز و ارتباط بین جنبه‌های اجتماعی- اقتصادی و زیست‌فیزیکی برای اعمال موفقیت‌آمیز یک رویکرد یکپارچه آبخیز.
 ۲. درک و بیان فواید اتخاذ رویکرد مدیریت یکپارچه آبخیز.
 ۳. آشنایی با روش‌ها و ابزارهای جمع‌آوری و سنجش ویژگی‌های مختلف جنبه‌های اجتماعی-اقتصادی، آب‌زمین‌شناسی و زیست‌فیزیکی.
 ۴. اطمینان بیشتر نسبت به منافع حاصل از مداخلات یکپارچه و پایدار آبخیز.

روش‌شناسی

در این بخش از دانش فعلی و بررسی مطالعات موجود به‌عنوان مواد آموزشی استفاده شده است. قبل از شروع بخش فراگیران مطالب را مرور کرده و مدت زمانی را صرف درک مفاهیم به صورت فردی یا گروهی می‌کنند. مربی باید در توضیحات لازم را در خصوص محتوا به ویژه در تبیین ارتباطات بین اجزای مختلف برای فراگیران ارائه کند. فراگیران می‌بایست مطالب را مرور کرده، از مفاهیم، روش‌ها و ابزارهای کلیدی یادداشت‌برداری کنند و سپس تمرین‌های (کوئیز) ارائه‌شده در پایان بخش را انجام دهند. این بخش پایه و اساسی را برای درک بخش‌های بعدی فراهم می‌کند. بنابراین، خوانندگان این بخش، احتمالاً تلفیق بخش‌های فنی مختلف برای اجرای مؤثر در آبخیز را درک خواهند کرد.

آبخیز و آبخیزداری

در قاره‌های مختلف از اصطلاحات مرتبط با علم آبخیز از جمله حوضه رودخانه، حوزه آبخیز، توسعه آبخیز، مدیریت آبخیز و مدیریت یکپارچه آبخیز استفاده می‌شود. حوزه آبخیز یک منطقه مشخص توپوگرافیکی است که به‌وسیله یک سامانه آبراهه زهکشی می‌شود. حوزه آبخیز یک واحد آب‌شناسی است که از آن به عناوین مختلفی

از جمله واحد فیزیکی-بیولوژیکی، واحد اجتماعی-اقتصادی، و واحد اجتماعی-سیاسی برای برنامه‌ریزی و اجرای فعالیت‌های مدیریت منابع یاد شده و مورد استفاده قرار گرفته است. حوضه رودخانه با حوزه آبخیز شبیه بوده اما دارای مقیاس بزرگ‌تری است. توسعه آبخیز با فعالیت‌های ساختاری و غیرساختاری انجام شده در یک حوضه و تغییرات ناشی از آن‌ها در متغیرهای اکولوژیکی (مانند کاربری زمین، پوشش رویشی، رطوبت خاک، و سطح آب‌زیرزمینی) و اثرات اقتصادی آن‌ها سروکار دارد. توسعه آبخیز یک فناوری مبتنی بر زمین است که به حفظ و بهبود رطوبت خاک، فرسایش خاک، منابع آب و به ویژه آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک کمک می‌کند. معمولاً توسعه آبخیز دارای نه جزء ساختاری مبتنی بر زمین است. مدیریت آبخیز^۱ با تغییر در ترکیب سازمانی موردنیاز برای موقعیت‌های اقدام جمعی سروکار دارد. مدیریت یکپارچه آبخیز^۲ فرایند تدوین و اجرای یک سری اقدامات عملی مشتمل بر منابع انسانی و طبیعی یک آبخیز است که ضمن در نظر گرفتن عوامل اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و سازمانی فعال در آبخیز و محیط پیرامون آن، در صدد دستیابی به اهداف اجتماعی-اقتصادی و زیست‌محیطی معین است (Dixon, ۱۹۹۲).

اگرچه اغلب اصطلاحات توسعه آبخیز و مدیریت آبخیز به‌عنوان مترادف در نظر گرفته می‌شوند، اما با این حال، توسعه آبخیز را می‌توان صرفاً فنی تلقی کرد، در حالی که اصطلاح مدیریت آبخیز دارای دامنه بیشتری است زیرا علاوه بر جنبه‌های فنی، جنبه‌های غیرفنی مدیریت منابع را نیز در نظر می‌گیرد. مفهوم توسعه آبخیز شامل برنامه‌ریزی و توسعه یک منطقه منبع است. منطقه منبع دارای رژیم‌های مالکیت اختصاصی و اشتراکی است و به همین دلیل، تضاد در اشتراک و استفاده از منابع بدون داشتن حقوق مالکیت و شرایط اجتماعی و سازمانی مناسب، امری کاملاً طبیعی است. رویکرد مدیریت آبخیز باید جامع و یکپارچه باشد و سامانه‌های آب‌شناسی، زیست‌فیزیکی و اجتماعی-اقتصادی را در نظر بگیرد. از آنجا که آبخیزها شامل

^۱ Watershed management (WSM)

^۲ Integrated watershed management (IWSM)

عرصه‌های وسیعی از اراضی خصوصی و عمومی هستند که از مرزهای اداری فراتر می‌روند، لذا معمولاً پذیرش فناوری‌های آبخیز مستلزم راهبردهای مشارکتی در بین خانوارها و جوامع است. بنابراین مشارکت مردم، یک عامل کلیدی برای اجرای کارآمد برنامه محسوب می‌شود. از این رو، مدیریت افراد برای پذیرش فناوری در حیطه اختیارات مدیریت آبخیز است. لذا، مدیریت آبخیز ترکیبی از "علم و هنر" یا "فناوری و فلسفه" است (Tiwari Tiwari Krishna و همکاران، ۲۰۰۸؛ Reddy و همکاران، ۲۰۱۰). در تمام این کتاب، اصطلاحات مدیریت آبخیز و مدیریت یکپارچه آبخیز به‌عنوان مترادف استفاده می‌شوند که البته آبخیز را نیز در بر دارند.

مدیریت آبخیز برای مقابله با چالش‌های پیچیده مدیریت منابع طبیعی، حوزه آبخیز را به‌عنوان یک واحد اجرایی مناسب در نظر گرفته و بدین لحاظ تکامل یافته است. آبخیزها دارای اندازه‌های مختلفی هستند، زیرا آبخیزهای کوچک بخشی از آبخیزهای بزرگ‌تری هستند که آن‌ها نیز به نوبه خود می‌توانند در آبخیزهای بزرگ‌تر و به همین منوال تا کل حوضه‌های رودخانه قرار گیرند. اندازه حوزه‌های آبخیز از دو هکتار (White و Runge، ۱۹۹۵) تا ۳۰۰۰۰ هکتار است (بانک جهانی، ۲۰۰۷). براساس مقیاس، مدیریت آبخیز در دنیا دارای به نام‌های متفاوتی از جمله مدیریت حوضه رودخانه^۱ در قاره آمریکا، یا مدیریت حوضه^۲ در اروپا معروف است. هدف از مدیریت آبخیز از در مناطق و کشورهای مختلف بسته به اولویت‌های منطقه‌ای و ملی متفاوت است. حتی در جنوب آسیا نیز رویکرد و هدف مدیریت آبخیز در کشورهای مختلف متفاوت بوده و اهداف مختلفی از جمله حفاظت آب و خاک (بیشتر کشورها)، حفاظت از مراتع (افغانستان و پاکستان)، حفاظت از رودخانه‌ها و مخازن (آبیاری) (افغانستان، پاکستان و غیره)، حفاظت از مخازن (گیاهان هایدل) (نپال و بوتان)، افزایش خدمات بوم‌سازگان (سريلانكا)، بهبود بهره‌وری اراضی دیم (هند) را شامل می‌شود.

¹ river basin management

² catchment management

در برخی از کشورهای جنوب آسیا برنامه‌های مدیریت آبخیز با توجه به تغییر اولویت‌ها در طول سال‌های مختلف، تغییر کرده است. به عنوان مثال، برنامه توسعه حوزه آبخیز در هند از ابتکار اولیه حفاظت از خاک و آب در دهه ۱۹۸۰، به ترتیب به توسعه مشارکتی آبخیز در دهه ۱۹۹۰، برنامه جامع توسعه روستایی و معیشت در هزاره جدید تغییر یافته است اگرچه حفاظت خاک و آب جزء اصلی مداخلات در تمامی دوره‌ها بوده است. برخی از کشورهای جنوب آسیا مانند نپال و پاکستان نیز به مزایای رویکردهای مشارکتی پی برده و بر این اساس برنامه خود را اصلاح کرده‌اند. مقیاس حوزه‌های آبخیز نیز در کشورهای مختلف متفاوت است. برخی از کشورهای جنوب آسیا مقیاس کوچک (۵۰۰ هکتار) را برای مدیریت آبخیز انتخاب کرده‌اند، برخی دیگر آبخیزهای بزرگ‌تر از ۵۰۰۰ هکتار را برای درمان دارند و در هند طی سال‌های اخیر (۲۰۰۹ به بعد) نیز رویکرد ابرحوضه (۵۰۰۰-۱۰۰۰۰ هکتار) برای برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز (IWMP) اتخاذ شده است.

تکامل مدیریت آبخیز در جنوب آسیا

در جنوب آسیا، مدیریت آبخیز در دو مرحله تکامل یافته است. فاز اول با احداث طرح‌های بزرگ آبیاری و سدهای برق‌آبی در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ آغاز شد. حفاظت از این سامانه‌ها در برابر رسوبات تولیدشده در بالادست تبدیل به یکی از سیاست‌های اصلی شده است. پرشدن سریع مخازن سدها و افزایش وقوع تندسیلاب‌ها در نواحی پایین‌دست، موجب برنامه‌ریزی آبخیزها به‌طوری‌که جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی را یکپارچه کند، شده است. با این حال، دهه ۱۹۷۰ مربوط به ترویج فناوری‌های انقلاب سبز بوده و در جنوب آسیا امنیت غذایی بر سایر جنبه‌های کشاورزی سایه انداخت. در اوایل دهه ۱۹۸۰ و با اشباع دستاوردهای حاصل از انقلاب سبز، مدیریت آبخیز به دستور کار سیاست بازگشت که البته محدود به اراضی آبی بود. از آنجاکه نشانه‌هایی از رکود در رشد بهره‌وری مناطق تحت انقلاب سبز مشاهده می‌شد (Pingali و Rosegrant، ۲۰۰۱)، لذا رشد آینده تولیدات کشاورزی و امنیت

غذایی احتمالاً بستگی به بهبود بهره‌وری در مناطق نیمه‌خشک و خشک داشت. از منظر اقتصادی، شواهدی موجود است که نشان می‌دهد بازگشت سرمایه‌گذاری‌ها در این اراضی در مقایسه با اراضی آبی که پتانسیل رشد بهره‌وری آن‌ها قبلاً از طریق فناوری‌های انقلاب سبز بهره‌برداری شده بود، به طور قابل توجهی بالاتر بود (Fan و Hazell, ۲۰۰۰). بهبود معیشت جوامع ساکن در مناطق خشک نیز تبدیل به یکی از اولویت‌های سیاست شد، زیرا با گذشت زمان این مناطق از نظر سیاسی فعال‌تر شده و خواسته‌های خود را طلب می‌کردند.

در اواخر دهه ۱۹۸۰، نگرانی‌های زیست‌محیطی، از جمله تخریب زمین، با انتشار کتاب "آینده مشترک ما"^۱ به وسیله سازمان ملل متحد از لحاظ اقتصادی اهمیت پیدا کرد. این امر با معرفی مفهوم "توسعه پایدار" و "دستور کار ۲۱" که به طرز واضحی توسعه آبخیز را به عنوان یک اولویت سیاست برای حفاظت از منابع طبیعی معرفی کرده است، ادامه یافت. در واقع، "دستور کار ۲۱" تأکید می‌کند که مدیریت موفق آبخیز باید مبتنی بر مشارکت آگاهانه ذینفعان محلی در مدیریت منابع طبیعی، رشد اقتصادی و تغییرات اجتماعی باشد (FAO, ۲۰۰۶).

در بیشتر کشورهای جنوب آسیا، مدیریت آبخیز از اوایل دهه ۱۹۸۰ شروع به تکامل یافت، اگرچه کشورهایی مانند هند و بنگلادش برنامه‌های مدیریت آبخیز را در طول دهه ۱۹۷۰ معرفی کرده بودند. هدف مدیریت آبخیز در کشورهای مختلف بسته به اولویت‌های ملی آن‌ها متفاوت است (جدول ۱-۲). به نظر می‌رسد در کشورهای هند، نپال و بوتان، برنامه‌های مدیریت آبخیز تا حد زیادی مبتنی بر اولویت‌های سیاستی بوده است. در بیشتر کشورها، مداخلات آبخیز محدود به مناطق کوهستانی، اراضی مرتعی و مناطق جنگلی است. گستره مداخلات آبخیز در هند بیشتر است، هر چند که تمرکز بیشتری در مناطق خشک داشته است. تفاوت اصلی هند با سایر کشورها این است که در هندوستان بر زمین‌های زراعی تأکید بیشتری انجام شده

¹ Our Common Future by the United Nations

----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۲۱

است، در حالی که در سایر کشورها، تمرکز مدیریت آبخیز بیشتر بر اراضی مرتعی، مناطق جنگلی و اراضی بایر (شیب‌های کوهستانی) بوده است. این اختلاف در پوشش اراضی تحت مدیریت آبخیز، در واقع یک تقسیم طبیعی بین اراضی خصوصی (اراضی زراعی) با اراضی عمومی است.

جدول ۲-۱- سیر تحول آبخیزداری مدرن در جنوب آسیا

کشور	دوره	شرایط بیوفیزیکی	هدف	اولویت ملی	نگرش
افغانستان	۱۹۸۰	بارش کم و خشک، نسبت زیاد اراضی مرتعی، خاک سنگین و تخریب اراضی مرتعی	حفاظت مراتع و حوزه‌های آبخیز	کم (بیشتر خارجی)	در مراحل اولیه
بنگلادش	۱۹۷۰	بارش زیاد، مستعد سیل	بررسی فرسایش خاک و حفاظت جنگل‌های تپه‌ماهوری	کم. فقط مناطق تپه‌ای (عمدتاً داخلی)	تمرکز بر جنگل و آبخیز (مدیریت یکپارچه آبخیز)
بوتان	۱۹۸۰	بارش زیاد، تخریب در مناطق کوهستانی و حوزه‌های آبخیز	حفاظت مخازن (برق‌آبی)	متوسط. فقط مناطق کوهستانی (بیشتر خارجی)	مدیریت یکپارچه آبخیز
هند	۱۹۷۰	خشک و نیمه‌خشک با بارش متغیر، نسبت زیاد اراضی دیم، خاک سنگین و تخریب منابع آب	افزایش بهره‌وری و کاهش آسیب‌پذیری محصول در اراضی دیم	زیاد. شامل اراضی زراعی و جنگلی در اراضی کوهستانی مناطق خشک (عمدتاً داخلی)	مدیریت مشارکتی و یکپارچه آبخیز با تمرکز بر ارتقای معیشت در مناطق دیم
نپال	۱۹۷۰	بارش زیاد، تخریب مناطق کوهستانی	حفاظت مخازن (برق‌آبی)، حفاظت جنگل، و معیشت	متوسط تا زیاد. شامل مناطق کوهستانی (بیشتر خارجی)	مدیریت مشارکتی و یکپارچه آبخیز
پاکستان	۱۹۸۰	بارش کم، نسبت زیاد اراضی مرتعی، تخریب مراتع، کوهستان‌ها و آبخیزها	حفاظت مخازن (آبیاری)، حفاظت مراتع	کم. شامل مناطق کوهستانی (بیشتر خارجی)	مدیریت مشارکتی و یکپارچه آبخیز
سريلانكا	۱۹۸۰	بارش زیاد، تخریب منابع خاک و آب	حفاظت مخازن (آبیاری)، حفاظت خاک بالادست، و کیفیت آب	کم. شامل آبخیزهای بالادست (بیشتر خارجی)	مدیریت مشارکتی آبخیز در مقیاس حفاظت مخازن حوضه رودخانه (آبیاری)

در کشور نپال نیز به دلیل وجود مناطق کوهستانی، مدیریت آبخیز شامل هر دو نوع اراضی اعم از خصوصی و عمومی بوده است. لذا برای اجرای بهتر مداخلات نیاز به مشارکت مردم بوده است، قطعاتی از اراضی خصوصی مردم در پایین دست آبخیز قرار داشته‌اند. بنابراین هند و نپال جزو اولین کشورهایی هستند که مدیریت آبخیز مشارکتی را در منطقه معرفی کردند، و سایر کشورها در سال‌های بعد آن را پذیرفتند.

هدف از مداخلات آبخیز، تعیین‌کننده ارتباط بین جوامع محلی و مداخلات است. به این معنا که سطح مشارکت مردم بستگی به منافعی دارد که به‌طور مستقیم نصیب جوامع محلی می‌شود. مداخلات آبخیز در اراضی زراعی، مرتعی و جنگلی، منافع مستقیم بیشتری را برای مردم به ارمغان خواهد آورد. مداخلات در زمین‌های زراعی باعث افزایش بهره‌وری زمین و در نتیجه افزایش سود خالص حاصل از کشاورزی خواهد شد. احیای اراضی مرتعی نیز باعث توسعه دامداری شده و فواید مستقیم را برای مردم دارد. احیای مناطق جنگلی نیز فواید مستقیمی نظیر دسترسی بهتر به علوفه، چوب برای سوخت و محصولات غیرچوبی بیشتری را برای جوامع ساکن در مناطق حاشیه جنگل دارد. از سوی دیگر، مداخلاتی مانند حفاظت آبخیز، کنترل فرسایش خاک، حفاظت مخازن و حفاظت مناطق تپه ماهوری اگرچه ممکن است مزایای غیرمستقیم ارزشمندی را برای جوامع به همراه داشته باشد، اما میزان تأثیرات مستقیم آن‌ها به حدی نیست که جوامع محلی را ترغیب به مشارکت فعال در اجرا کند. در کشورهایی مانند بوتان، پاکستان و نپال، هدف اصلی مدیریت آبخیز حفاظت از مخازن در برابر رسوب‌گذاری است (پروژه‌های آبیاری و انرژی برق‌آبی)، و از این‌رو منافع جوامع محلی حالت غیرمستقیم دارد. نپال به منظور جلب مشارکت فعال مردم، مؤلفه‌های معیشتی را با مداخلات آبخیز تلفیق کرده است. در برخی موارد، مداخلات آبخیز در بخش‌هایی از حوضه انجام می‌شوند که فاصله زیادی با جوامعی دارد که از منافع آن‌ها سود می‌برند. به‌عنوان مثال، مداخلات در مناطق بالادست آبخیز ممکن

است منافعی را داشته باشد که جوامع پایین‌دست بهره‌مندی بیشتری را نسبت به جوامع بالادست که مداخلات در منطقه آن‌ها بوده است، داشته باشند. در چنین مواردی، جوامع بالادست انگیزه چندانی برای مشارکت ندارند و جوامع پایین‌دست نیز اصلاً درگیر موضوع نیستند.

اهمیت مقیاس

رویکرد مدیریت آبخیز مبتنی بر مقیاس مناسب برای مقابله با چالش‌های پیچیده مدیریت منابع طبیعی ایجاد شده است. اگرچه آبخیز را می‌توان در مقیاس‌های مختلف تعریف کرد، اما تجربه هند نشان می‌دهد که معمولاً خردآبخیز^۱ مقیاس انتخابی برای اجرای مدیریت آبخیز بوده است. با این مقیاس به سهولت می‌توان برنامه اقدام برای پاسخ به نیازهای انسانی و مشکلات منابع طبیعی را در سطح محلی تدوین کرد. تجربه نشان داده که مدیریت آبخیز در مقیاس خردآبخیز، هم از نظر اکولوژیکی و هم از نظر سازمانی پایدار بوده و تحت شرایط مناسب، رویکرد خوبی برای توانمندسازی اقشار آسیب‌پذیر جامعه است (Farrington و همکاران، ۱۹۹۹). از آنجاکه خاک، آب و شرایط فیزیکی کلی در مقیاس خردآبخیز از همگنی نسبتاً بالایی برخوردار است، لذا این مقیاس، امکان تلفیق مناسب اجزای زمین، آب و توسعه زیرساخت را فراهم می‌کند. تئوری و تجربه نشان داده است که مدیریت حوضه در آبخیزهای کوچک در مقیاس روستا دارای محدودیت‌های کمتری بوده و اقدامات جمعی را با سهولت بیشتری می‌توان به انجام رساند. به علاوه، سازمان‌دهی اقدامات جمعی در سطح خردآبخیز عموماً نشان داده که منجر به کاهش هزینه‌ها و بهبود استفاده از منابع مالی و انسانی، به ویژه برای مدیریت منابع مشترک شده است.

با این حال، رویکرد خردآبخیز، دارای مشکلات و محدودیت‌هایی برای مقیاس‌های بزرگ‌تر است. مقیاس خردآبخیز توجه چندانی به فرایندهای بالادست-

¹ micro-watershed

پایین دست حوضه ندارد. مداخلات آبخیز در بالادست فقط در شرایطی دارای اثرات مطلوب در پایین دست خواهد بود که این مداخلات در مقیاس بزرگ تری از حوضه اولویت بندی و برنامه ریزی شده باشند و درک و فهم مناسبی نسبت به ارتباطات فضایی و آب شناسی بین عوامل برون منطقه ای موجود و نحوه استفاده از منابع آن ها (به عنوان مثال، استفاده از زمین و آب) حاصل شده باشد. به طور کلی، هدف از پروژه های آبخیزداری فقط ارائه مزایای محلی در همان محل اجرای پروژه در مقیاس خرد آبخیز نیست، بلکه این پروژه ها در مقیاس حوضه بزرگ تر باید دارای اثرات برون منطقه ای مثبتی به صورت خدمات زیست محیطی ارزشمند در پایین دست و نیز ابزاری برای اصلاح اثرات منفی برون منطقه ای در پایین دست باشند. بنابراین ارزیابی اقتصادی این پروژه ها نباید فقط براساس مزایای محلی آن ها انجام شود و فواید حاصل در پایین دست نیز باید مد نظر قرار گیرند.

توجه برنامه های آبخیزداری معمولاً معطوف به مداخلات در محل و مزایای حاصل از آن ها بوده است. لذا اغلب به این موضوعات که آیا این اقدامات برای پایین دست نیز مفید بوده یا این که آیا این اقدامات بهترین گزینه برای به کمینه رساندن اثرات منفی برون منطقه ای هستند، توجهی نشده است. به همین ترتیب، مشارکت دادن ذینفعان نیز معمولاً محدود به کشاورزان محلی در محل اجرای پروژه ها بوده است. تمرکز رویکرد سازمانی تنها بر خرد آبخیز و بدون همکاری یا با همکاری محدود جوامع بالادست و پایین دست حوضه ها بوده است. ارزیابی موفقیت پروژه اغلب فقط به صورت در محل بوده، به طور کلی نتایج در آبخیز تحت اجرا در سطح فرد (افزایش درآمد، مساحت زمین و افزایش عملکرد) جمع آوری شده است. به ندرت شواهدی موجود است که نشان دهند بهبود شرایط در آبخیزهای با مقیاس بزرگ تر در نتیجه اقدامات و مداخلات در خرد آبخیزهای بالادست بوده است یا این که این مداخلات بهترین و مقرون به صرفه ترین گزینه ها برای بهبود شرایط حوضه بوده اند.

برنامه‌های توسعه آبخیز با وجود هدف ظاهری که برای بهبود شرایط منابع طبیعی در یک آبخیز دارند، ممکن است که برای مناطق پایین‌دست مضر باشند. تحقیقات نشان داده که رویکرد خردآبخیز ممکن است مشکلات آب‌شناسی را ایجاد کند که در رویکرد کلان‌حوضه^۱، این مشکلات ایجاد نخواهند شد. به‌عنوان مثال، تحقیقات آب‌شناسی در هند، هشدار می‌دهند که پروژه‌های آبخیز اگرچه با هدف غلبه بر کمبود آب اجرا شده‌اند، اما در بسیاری از موارد باعث تشدید کسری آب در پایین‌دست شده‌اند. مطالعه Batchelor و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که استحصال موفق آب در آبخیزهای بالادست به قیمت کاهش و کسری آب در مناطق پایین‌دست است. براساس داده‌های در مقیاس کلان‌حوضه (که شامل روستاهای زیادی هستند)، مواردی ثبت شده که بیان‌گر این موضوع هستند که استحصال آب در آبخیزهای بالادست باعث کاهش آب موجود در پایین‌دست شده است. برای جبران افت تراز آب زیرزمینی در پایین‌دست، لازم است که تعداد و عمق چاه‌ها افزایش یابد که معمولاً افراد فقیر قادر به پرداخت هزینه‌های آن نبوده و لذا توزیع و استفاده ناعادلانه آب را در پی خواهد داشت (Calder, ۲۰۰۵). Calder و همکاران (۲۰۰۶) از این موضوع تحت عنوان "تعطیلی حوضه"^۲ یاد می‌کنند، که طی آن استحصال آب در بالادست، باعث تجمع آب‌های زیرزمینی به صورت محلی شده و سپس پمپاژ شدید باعث تخلیه آبخوان کم‌عمق می‌شود. در این حالت، توسعه آبخیز، حرکت رواناب سطحی و زیرزمینی به سمت پایین‌دست را متاثر کرده است و نشان‌دهنده دو اثر نامطلوب پروژه است: اول، آنچه برای یک خردآبخیز مطلوب است می‌تواند برای سایر حوضه‌های پایین‌دست نامطلوب باشد، و دوم، آنچه برای یک آبخیز در کوتاه‌مدت مطلوب است، می‌تواند در بلندمدت نامطلوب باشد. بنابراین، هرچند در رویکرد خردآبخیز به‌عنوان واحد عملیاتی، توجه بیشتری به ملاحظات اجتماعی و اقتصادی می‌شود، اما رفع چنین مشکلات آب‌شناسی نیاز به داشتن رویکرد کلان‌حوضه داشته و این دو ممکن است

¹ macro-watershed

² catchment closure

با هم سازگار نباشند. از لحاظ زیست‌فیزیکی، ملاحظه می‌شود که با افزایش مساحت آبخیز، تأثیر کاربری زمین بر هیدرولوژی بالادست-پایین‌دست کاهش و تأثیر بارش افزایش می‌یابد (FAO, ۲۰۰۶).

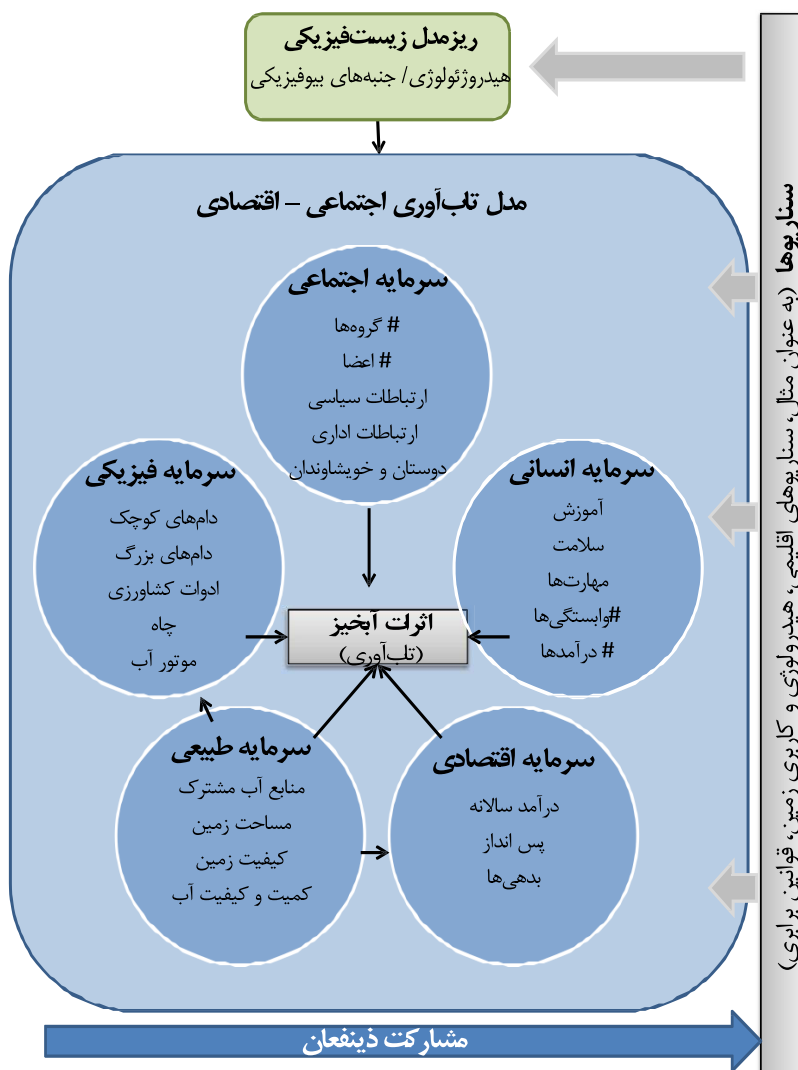
اگرچه پروژه‌های موفق آبخیز توفیق خوبی در مقوله اقدام جمعی که یک محدودیت ذاتی محسوب می‌شود، داشته‌اند، اما هنوز بر دو مانع برجسته نتوانسته‌اند فائق بیایند. اول این‌که، پروژه‌های با سرمایه‌گذاری بالا در سازمان‌های اجتماعی ممکن است چندان قابل تکرار نباشند. دوم این‌که، فعالیت براساس یک واحد اجتماعی امکان‌پذیر (یک خردآبخیز روستایی به جای یک کلان‌حوضه که مرز آن فراتر از مرزهای اداری است) در واقع یک مجموعه از مشکلات را با مشکلات دیگری جایگزین می‌کند. رفع این موانع مستلزم آن است که به‌طور هم‌زمان برای ارتقای ظرفیت حکمرانی آبخیز در داخل و نیز در بین خردآبخیزها کار شود. با این حال، تحقیقات حاکی از تبادل بالقوه شدید بین این دو رویکرد است. موفقیت گسترده در برنامه توسعه آبخیز مستلزم حل و فصل این مبادلات رویکرد است هرچند که هیچ راه‌حل واضحی موجود نیست. مدیریت مداخلات آبخیز در مقیاس‌های مختلف با هدف تأمین اهداف در مقیاس بزرگ‌تر (نداشتن آثار نامطلوب در پایین‌دست) به دلیل رویکردهای مشارکتی با پیچیدگی و دشواری بیشتری همراه است زیرا اساساً رویکرد مشارکتی در تصمیم‌گیری برای مداخلات نقش بیشتری برای جوامع محلی نسبت به برنامه‌ریزان قائل است.

سوال مهم این است که تا چه اندازه واحدهای آب‌شناسی را ملاک عمل قرار دهیم یا یک واحد اجتماعی را؟ در سال‌های ابتدایی شروع پروژه‌های آبخیزداری، عدم توجه به واحد اجتماعی بهینه سبب شکست پروژه‌ها می‌شد، زیرا حکمرانی آبخیز به نحو مؤثری انجام نمی‌شد. در سال‌های اخیر برعکس، بیشتر پروژه‌ها بدون درنظر داشتن ارتباطات آب‌شناسی بین خردآبخیزها، در سطح روستا اجرا می‌شوند. پدیده تعطیلی حوضه تا حد زیادی ناشی از نادیده گرفتن این ارتباطات آب‌شناسی

است، و بیان‌گر آن است که برای مقابله با این پدیده می‌بایست مقیاس آبخیز مناسبی را از لحاظ آب‌شناسی انتخاب کرد.

نگرش یکپارچه

افزایش مقیاس آبخیز مزایا و معایبی را تا آنجا که به اثربخشی برنامه مربوط می‌شود، به همراه دارد. اتخاذ مقیاس ۵۰۰۰ هکتار در برنامه مدیریت یکپارچه هند نسبت به مقیاس ۵۰۰ هکتاری قبلی، به درونی کردن اثرات برون‌منطقه‌ای مرتبط با جنبه‌های آب‌زمین‌شناسی و زیست‌فیزیکی کمک کرد. از سوی دیگر، این موضوع می‌تواند مانع جنبه‌های سازمانی مرتبط با راهبردهای جمعی شود. لذا، ارزیابی اثرات مداخلات آبخیز با استفاده از رویکردی یکپارچه ضروری است. در اینجا، منظور از یکپارچگی، تلفیق جنبه‌های زیست‌فیزیکی و اجتماعی-اقتصادی (شکل ۲-۱) آبخیز در مقیاس ۵۰۰۰ هکتار و بالاتر است. مدل زیست‌فیزیکی شامل آب‌زمین‌شناسی، بارش، نوع خاک، کاربری زمین و غیره است، در حالی که مدل اقتصادی-اجتماعی شامل تاب‌آوری خانوار نسبت به سرمایه‌های معیشتی خود است. مدل یکپارچه بینشی از اثرات متقابل جنبه‌های آب‌زمین‌شناسی و زیست‌فیزیکی یک آبخیز و اثرات ناشی از آن بر کیفیت و کمیت حوضه که معیشت جوامع محلی به آن بستگی دارد را فراهم می‌کند. همچنین، پتانسیل توسعه آبخیز را تحت شرایط افزایش تغییرات اقلیمی به‌عنوان یک راهبرد کاهش یا سازگاری برای ارتقای تاب‌آوری کشاورزان بررسی می‌کند. این مدل اهمیت درک این تعاملات پیچیده را به‌ویژه نسبت به مقوله مقیاس و اهمیت این مباحث در دستیابی به مدیریت پایدار خاک و آب و نتایج اقتصادی و معیشتی برجسته می‌کند. این مدل همچنین سناریوهای مختلفی مانند اقلیم (بارش)، آب‌شناسی و کاربری زمین را شبیه‌سازی می‌کند. همچنین اگر رویکرد یکپارچه برای ارزیابی معنی‌داری برنامه‌های جایگزین مورد استفاده قرار گیرد، می‌تواند مباحث مربوط به حقوق ذینفعان و نیاز به مشارکت آن‌ها در همه سطوح را نیز بررسی می‌کند.



شکل ۲-۱- چارچوب تلفیق

مدل یکپارچه در درجه اول به‌وسیله مدل اجتماعی-اقتصادی هدایت می‌شود. در مدل اجتماعی-اقتصادی، اثرات تغییرات اقلیمی (عمدتاً خشکسالی) بر تاب‌آوری خانوارهای آبخیز ارزیابی می‌شود. درجه تاب‌آوری (تعداد خشکسالی‌هایی قابل تحمل خانوار) در خانواده‌ها متفاوت است. درجه تاب‌آوری خانوار به میزان دارایی‌ها

و قابلیت‌های خانواده بستگی دارد. مدل زیست‌فیزیکی، دارایی‌ها و قابلیت‌های خانوار را از طریق سرمایه‌های طبیعی به ویژه کمیت و کیفیت آب و زمین تحت تأثیر قرار می‌دهد. ویژگی‌های زیست‌فیزیکی مانند آب‌زمین‌شناسی، بارندگی و نوع خاک برون‌زا^۱ هستند یا به خانواده داده می‌شوند. در هنگام ارزیابی اثرات آبخیز، این ویژگی‌ها باید مد نظر قرار گیرند. این ویژگی‌ها در تعیین گستره اثرات ضروری هستند، زیرا طراحی مداخلات باید این جنبه‌ها را برای بهینه‌سازی اثرات در نظر بگیرد. در این بین، میزان تغییرات آب‌زمین‌شناسی و نوع خاک بسیار زیاد بوده و جزو عوامل کلیدی در دسترسی نابرابر خانوارها به منابع، دارایی‌ها و قابلیت‌ها محسوب می‌شوند. با این حال، برخی خانوارها برای افزایش درجه تاب‌آوری خود می‌توانند فقدان این ویژگی‌ها را با قابلیت‌ها و سرمایه‌های دیگری مانند سرمایه انسانی یا اجتماعی جبران کنند.

هدف از رویکرد یکپارچه، فراهم کردن ورودی‌های طراحی مداخلات حوضه آبخیز پایدار است که باعث بهبود معیشت جوامع محلی می‌شود. مدل زیست‌فیزیکی از تکنیک‌های مدل‌سازی مناسبی برای بخش‌های مختلف مانند آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی-زیرسطحی، و کاربری زمین استفاده می‌کند. از این مدل‌ها برای تعیین طرح‌های مناسب مداخله آبخیز و مکان‌یابی مناسب آن‌ها استفاده می‌شود. نوع و تعداد مداخلات به وسیله عوامل برون‌زا نظیر بارش، کیفیت خاک، شیب، ساختار آبخوان و کاربری زمین (جنگل‌ها، زمین‌های بایر و غیره) تعیین می‌شود. پایداری الگوهای کشت بستگی به سازگاری آن‌ها با این ویژگی‌های زیست‌فیزیکی دارد. الگوی کشت در یک منطقه، بر میزان مصرف و تعادل آب زیرزمینی آن منطقه مؤثر است. هنگامی که محصولات مورد کشت براساس پتانسیل خاک و آب زیرزمینی (بازده پایدار آب زیرزمینی) انتخاب می‌شوند، می‌توان آن را تحت عنوان الگوی کشت پایدار نامید.

¹ exogenous

اگر مدل یکپارچه مبتنی بر داده‌های واقعی روستا و خانوار در سطوح مختلف باشد، می‌توان با آن سناریوهای جایگزین را توسعه داد. این سناریوها می‌توانند مربوط به بخش‌های مختلفی نظیر پیش‌بینی‌های تغییرات اقلیمی، آب‌های زیرزمینی (آب‌شناسی)، تغییرات کاربری زمین و غیره باشند. در واقع، این سناریوها را می‌توان براساس میزان درک ذینفعان و سازمان‌های مجری مختلف از طریق فرایند مشارکت با آنها ایجاد کرد.

مدیریت آبخیز پایدار

پایداری دارای جنبه‌های زیست‌محیطی، اقتصادی - اجتماعی، و سازمانی است. چارچوب یکپارچه هر سه بعد را به صورت جامع و مؤثری شامل می‌شود. در رویکردهای قبلی، تأکید بر جنبه‌های اجتماعی بود و ابعاد زیست‌محیطی و اقتصادی به‌طورمستقیم مورد توجه قرار نگرفته بود. حتی در مورد جنبه‌های اجتماعی نیز یکپارچگی درباره حقوق برابر رعایت نمی‌شد، زیرا در ارزیابی‌های هزینه-سود، جریان‌های سود بالادست/پایین‌دست لحاظ نشده بود. به بیان دیگر ممکن است یک جامعه به دلیل عوامل برون‌منطقه‌ای مرتبط با مداخلات آبخیز، فوایدی را به بهای متضرر شدن جوامع دیگر کسب کند. با افزایش مقیاس آبخیز و تعریف حوضه در مرزهای زمین‌آب‌شناسی، عدالت فضایی تا حد زیادی یکپارچه می‌شود. از سوی دیگر، عدالت بین خانوارها و جوامع، با جنبه‌های ساختاری سامانه‌های کشاورزی (توزیع زمین، توزیع آبخوان، حقوق مالکیت و غیره) مرتبط است و از این‌رو مداخلات آبخیز ممکن است به طور مؤثری این موضوعات را حل و فصل نکند.

برنامه‌ریزی و طراحی مداخلات آبخیز براساس ویژگی‌های زیست‌فیزیکی در واحدهای آب‌شناسی، پایداری منابع را تضمین می‌کند. به این معنا که ماهیت و تراکم مداخلات آبخیز شفاف خواهد بود و منابع آب سطحی و زیرسطحی موجود را می‌توان با توجه به هندسه آبخوان ارزیابی کرد. با این حال، این موضوع شرط لازم بوده و کافی نیست و به تنهایی حکمرانی پایدار منابع را تضمین نمی‌کند. حکمرانی پایدار

منابع مستلزم شیوه‌های استفاده پایدار است که نیازمند هنجارهای اجتماعی و نهادی در آن جهت است. این امر مستلزم سرمایه اجتماعی است که این سرمایه می‌بایست با آگاهی از وضعیت منابع و مزایای حاصل از مدیریت پایدار آن در بلندمدت تقویت شود. افزایش آگاهی همچنین سبب اطمینان از پذیرش مداخلات به‌وسیله جامعه شده و به تکامل هنجارهای نهادی برای مدیریت منابع کمک می‌کند.

پایداری اقتصادی مداخلات آبخیز زمانی افزایش می‌یابد که اثرات برون‌منطقه‌ای هزینه‌ها و منافع درونی شوند. در مورد خرد آبخیزها، جریان‌های سود به دلیل اثرات برون‌منطقه‌ای به‌طور کامل محاسبه نشد، درحالی‌که هزینه‌ها به‌طور کامل محاسبه شدند. به‌عنوان مثال، هزینه‌ها فقط در محل انجام می‌شوند، اما منافع هم عاید جوامع در محل و هم عاید جوامع خارج از محل می‌شود. بهبود پایداری اقتصادی، ضامن پایداری نهادی است.

مدیریت پایدار آبخیز همچنین در درازمدت به کمک پیوند آب-انرژی-غذا^۱ (پیوند نگسوز) می‌آید. مدیریت پایدار زمین و آب در زمینه رونق کشاورزی می‌تواند پیشنهادات "برد-برد" را برای پیوند نگسوز فراهم کند. مداخلات آبخیز از طریق افزایش دسترسی به آب و رطوبت خاک می‌تواند سبب رونق کشاورزی در مناطق خشک شود. رونق کشاورزی ارتباط زیادی با منابع آب و انرژی و نیز با مبادلات و سطوح آستانه (که از لحاظ نظری به خوبی تعریف شده‌اند) دارد (Hoff, ۲۰۱۱). از آب برای آبیاری (امنیت غذایی) و تولید انرژی برق‌آبی (امنیت انرژی) و همچنین برای مصارف صنعتی و خانگی استفاده می‌شود. از انرژی در توسعه منابع آبی (امنیت آب)، ماشین‌آلات کشاورزی، کودها، سموم دفع آفات و غیره و به‌طور کلی برای افزایش تولید محصول (امنیت غذایی) استفاده می‌شود. به نوبه خود، کشاورزی از طریق سوخت‌های زیستی^۲ می‌تواند به امنیت انرژی کمک کند، و همچنین از طریق شیوه‌های کاربری زمین به امنیت آب کمک کند، زیرا تقویت پوشش زمین می‌تواند

¹ water-energy-food (WEF) nexus

² biofuels

به تغذیه آبخوان و جریان‌های آب پایه کمک کند. هر سه بخش، دارای اثرات خارجی منفی بر محیط زیست هستند. از آنجاکه آبیاری اراضی کشاورزی در مناطق خشک به آب‌های زیرزمینی وابسته است، لذا افزایش مصرف آب برای کشاورزی در این مناطق، افزایش تقاضای انرژی را در پی دارد. مصرف آب برای آبیاری در شرایط استفاده مفرط آب و بازیافت نیتрат‌ها و سایر مواد مغذی، می‌تواند باعث کاهش منابع آب و تخریب آن‌ها شده و کیفیت آب را کاهش دهد. فرایند توسعه انرژی نیز می‌تواند سبب افزایش انتشار کربن (گاز گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی) شود. بنابراین شیوه‌های مدیریت آبخیز پایدار در دراز مدت می‌تواند سبب کاهش فشار بر آب زیرزمینی، انرژی و خاک شود (Reddy و همکاران، ۲۰۱۸).

رویکرد تحلیلی

برای دستیابی به نتایج آبخیز پایدار نیاز به یک رویکرد چندرشته‌ای و یکپارچه است. برای برش روش‌های آب‌شناسی، زیست‌فیزیکی و اجتماعی-اقتصادی، روش‌ها و ابزارهای مختلفی موردنیاز است. چارچوب کلی مدل‌سازی آب‌زمین‌شناسی، مدل‌سازی زیست‌فیزیکی، و اجتماعی-اقتصادی «معیشت پایدار» توسعه داده شد. علاوه بر این، چارچوب شبکه بیزی برای تلفیق جنبه‌های آب‌زمین‌شناسی، زیست‌فیزیکی و معیشتی مورد استفاده قرار گرفت.

با توجه به تنوع زیاد پارامترهای سامانه و ماهیت پیچیده و ناهمگن سیستم، برای توصیف سامانه از تکنیک‌های جدید و پیچیده ثبت ژئوفیزیک و تصویربرداری مقاومت الکتریکی استفاده شد. تفاوت در ماهیت و نوع سفره‌های زیرزمینی موجود در یک واحد آب‌شناسی می‌تواند منجر به شواهد متناقض شود. اثرات آبخیز در غیاب چنین اطلاعات علمی ارزیابی شده و به مداخلات فیزیکی نسبت داده می‌شوند.

در مناطق خشک به طرز فزاینده‌ای لازم است که از مدل‌سازی آب‌شناسی جفتی^۱ استفاده شود. در مناطق خشک، برای ارزیابی آب مصرفی ناشی از معیشت‌های جایگزین مختلف، باید درباره محدودیت آب‌های سطحی و زیرزمینی موجود به شیوه‌ای یکپارچه، تصمیم‌گیری کرد. مشخص شده است که در مناطق خشک، برنامه‌هایی که در مقیاس‌های کوچک اجرا می‌شوند، همیشه اثرات آب‌شناسی مد نظر را نداشته و لذا در این مناطق موضوع مقیاس بهینه باید به طور جدی مد نظر قرار گیرد. برای این منظور، یک مدل آب‌شناسی یکپارچه توسعه داده شد. شبیه‌سازی‌های مرتبط با مداخلات فعلی و بالقوه توسعه آبخیز حاکی از آنست که با وجود افزایش آب محلی برای مصارف کشاورزی و معیشت، در منطقه پایین‌دست اثرات منفی شدید دسترسی به منابع آب را به همراه داشته است.

در مدل یکپارچه بررسی منابع آب، مدل‌سازی هیدرولوژیک، نقش ستون فقرات را دارد. در چنین شرایطی، یک مدل آب‌شناسی باید نمایشی ساده و مناسب از یک آبخیز را ارائه کند و ورودی‌های لازم برای ارزیابی اثرات محرک‌های اصلی آبخیز (مانند گزینه‌های سیاست، نهادها، تغییرات اقلیمی، و کاربری زمین) بر منابع آب را ارائه دهد. مدل آب‌شناسی مناسبی برای یک آبخیز دارای مطالعات فراوان ساخته شد که در آن تأثیر توسعه آبخیز بر ذخایر آب سطحی و تأثیر متعاقب آن بر تغذیه آب زیرزمینی، و همچنین استفاده از آب‌های سطحی و زیرزمینی نشان داده می‌شوند. این مدل در مقیاس آبخیز و بررسی اثرات توسعه آبخیز بر بالادست یا پایین‌دست با استفاده از یک مدل روندیابی سطحی و زیرسطحی اجرا شد. مقیاس فضایی با الزامات مدل یکپارچه هدایت می‌شود. مقیاس زمانی نیز عمدتاً به وسیله دقت مجموعه داده‌های کلیدی به‌ویژه بارش که معمولاً در مقیاس زمانی روزانه موجود است، هدایت می‌شود. بنابراین با وجود وجود تکنیک‌های پیچیده و فزاینده، می‌توان برای یک آبخیز، برنامه‌ریزی خوب و موفقی را با به‌کارگیری رویکردهای مدل‌سازی آب‌شناسی پایه آغاز کرد.

¹ Coupled hydrologic modeling

روش‌ها و ابزارها

در زمینه جنبه‌های اجتماعی-اقتصادی، آب‌زمین‌شناسی و زیست‌فیزیکی، روش‌ها و ابزارهای زیر مفید خواهند بود:

اجتماعی-اقتصادی

• بررسی روستا یا خانوار با استفاده از موارد زیر:

✓ بحث‌های متمرکز گروهی (FGDs)

✓ مطالعات موردی

✓ پیمایش ترانسکتی

✓ رتبه‌بندی ثروت

✓ نقشه‌های منابع

✓ پرسشنامه دارای ساختار

آب‌زمین‌شناسی

✓ مرزبندی واحدهای آب‌شناسی

✓ نقشه‌های کاداستر

✓ تعیین چاه‌های مشاهداتی

✓ اندازه‌گیری تراز آب

✓ برآورد تغذیه مجدد

✓ برآورد پمپاژ آب و بیلان آب

✓ اندازه‌گیری جریان سطحی

✓ ارتباط آب‌های سطحی با زیرزمینی

زیست‌فیزیکی

✓ بزرگی، شدت و توزیع بارش

- ✓ انواع خاک
- ✓ سامانه‌های کاربری زمین
- ✓ الگوهای کشت
- ✓ تراکم و ترکیب دام
- ✓ برآورد ظرفیت نگهداشت آب

فعالیت‌ها

به شرکت‌کنندگان توصیه می‌شود قبل از بخش مطالب را مرور کنند. شرکت‌کنندگان بسته به تعداد نفرات کلاس، سه الی چهار گروه پنج نفره را تشکیل داده و براساس روش "قهوه جهانی"^۱ درباره موضوعات زیر بحث کنند:

الف) در مورد تغییرات منطقه‌ای رویکرد مدیریت آبخیز و ارتباط آن‌ها با منطقه خود

ب) مناسب بودن چارچوب و ارتباطات متقابل

ج) ارتباط ابزارها و روش‌های پیشنهادی نسبت به تجربه و تخصص مشارکت‌کنندگان

¹ World Cafe methodology

فصل ۳- بخش دو: مشخصات مناطق مورد مطالعه

راتنا ردی^۱، سایم^۲، و تالاپراگادا^۱

^۱ مؤسسه مدیریت معیشت و منابع طبیعی، حیدرآباد، هند

^۲ دانشگاه ادیت کوان، پرت، استرالیا

مقدمه

برای ارزیابی اثرات آبخیز در مقیاس، انتخاب حوضه از اهمیت زیادی برخوردار است. برای تلفیق جنبه‌های آب‌زمین‌شناسی، مداخلات آبخیز باید در محدوده یک واحد آب‌شناسی قرار داشته باشند، که ممکن است با مرزهای اداری متفاوت باشد. در عین حال، مقیاس اثرات ناشی از مداخلات حوضه یعنی سطح پوشش، به اندازه واحد آب‌شناسی بستگی دارد. این باعث می‌شود تا اثرات برون‌منطقه‌ای ناشی از آب‌زمین‌شناسی را نیز در نظر بگیریم. در صورت عدم رعایت چنین شرایطی، مزایای مداخلات آبخیز می‌توانند مانند خردآبخیزهای هند (۵۰۰ هکتار)، برون‌منطقه‌ای بوده و ممکن است به فراتر از مرزهای حوضه گسترش یابد. تحت این شرایط، در حالی که هزینه‌های مرتبط با مداخلات در داخل مرز حوضه محاسبه شده‌اند، منافع حاصل از آن‌ها فراحوضه‌ای بوده و لذا نسبت‌های سود به هزینه صحیح نخواهند بود. بنابراین، برای در نظر گرفتن تمامی مزایا و هزینه‌ها، مقیاس آبخیز انتخابی باید به حدی باشد که تمامی مکان‌های بالادست یا پایین‌دست متاثر از مداخلات آبخیز را در محدوده یک واحد آب‌شناسی پوشش دهد.

هدف

هدف این بخش این است که فراگیران فرایند انتخاب آبخیز برای مداخلات حوضه را درک کنند. با این بخش، شرکت‌کنندگان با معیارهای مهمی که می‌بایست در هنگام انتخاب مکان برای مداخلات آبخیز در نظر گرفته شوند، آشنا می‌شوند. همچنین، یک بینش کاربردی در مورد مقیاس و سایر جنبه‌های مورد بحث در بخش یک (فصل

دوم) به شرکت کنندگان ارائه می شود. فراگیران معیارها و فرایند انتخاب آبخیز را با توجه به تجربه و ویژگی های منطقه ای شان تجربه می کنند. این بخش به شرکت کنندگان کمک می کند تا مکان های مناسب برای مداخلات آبخیز به طوری که جریان سود بهینه و پایداری را تضمین کند، شناسایی یا تعیین کنند.

مقاصد

- در پایان بخش شرکت کنندگان قادر به موارد زیر خواهند بود:
۱. درک اهمیت مکان یابی برای کاربست موفق رویکرد یکپارچه در توسعه آبخیز
۲. ارائه معیارهای مکان یابی با توجه به رشته تخصصی خود
۳. درک ارتباط بین مقیاس با آب زمین شناسی مکان ها از یک طرف و از سوی دیگر با اثرات ناشی از توسعه آبخیز
۴. اطمینان از قرار دادن مداخلات آبخیز در داخل مرزهای آب شناسی

روش شناسی

این بخش از رویکرد مطالعه موردی به عنوان ابزار یادگیری استفاده می کند. فراگیران قبل از شروع بخش، ابتدا مروری بر مطالعه موردی خواهند داشت و سپس در صورت وجود برنامه آموزشی، زمانی را به صورت فردی یا گروهی صرف تجزیه و تحلیل محتوای آن خواهند کرد. به فراگیران انفرادی توصیه می شود که مطالعه موردی را مرور کرده و اطلاعات کلیدی را یادداشت کنند و سپس تمرین های پایان بخش را انجام دهند. در بخش قبل، شرکت کنندگان جنبه های نظری را آموخته اند و در این بخش، ارتباطات بین ویژگی های مختلف را به به طور عملی اعمال خواهند کرد. بنابراین فراگیران مشاهده خواهند کرد که فرایند توصیف شده چگونه می تواند برای تعیین معیارهای مناسب مکان یابی مورد استفاده قرار گیرد.

فرایند انتخاب مناطق مورد مطالعه

در مطالعه موردی حاضر، سایت‌های نمونه به صورت هدفمند انتخاب شده‌اند. سایت‌های منتخب مطالعاتی در واقع واحدهای آب‌شناسی با مساحت پنج تا ۱۰ هزار هکتار هستند که در آن‌ها مداخلات آبخیز به اجرا درآمده است. به دلیل کوچک بودن آبخیزها در دوره قبل از برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز (IWMP) در سال ۲۰۰۹، ضرورت داشت تا چنین سایت‌هایی به صورت هدفمند انتخاب شوند و اجرای آن‌ها ارتباطی به آب‌زمین‌شناسی نداشت. اگرچه کل واحد آب‌شناسی تحت برنامه آبخیز نیست، اما انتخاب هدفمند واحدهای آب‌شناسی تضمین کرد که واحد آب‌شناسی تا بیشینه ممکن با آبخیزها درمان شده است. انتظار بر این است که فواید درمان در چنین پوششی نسبت به خردآبخیزهایی که بدون در نظر گرفتن آب‌زمین‌شناسی به‌طور خودسرانه درمان می‌شوند، به طور قابل‌توجهی بیشتر باشد. این انتخاب هدفمند، همچنین مبتنی بر مسائل مربوط به مقیاس (اجرای مقیاس بزرگ) بود که مناطق بالادست و پایین‌دست و اثرات ناشی از آن را پوشش می‌دهد. دو منطقه مطالعاتی که در سه واحد آب‌شناسی (با بیشترین پوشش مداخلات آبخیز در ایالت) واقع شده‌اند، شناسایی شدند. آبخیزهای نمونه در مناطق بالادست، میان‌دست و پایین‌دست واحدهای آب‌شناسی قرار دارند. این واحدهای آب‌شناسی با مشارکت سازمان‌های غیردولتی محلی در پروژه APFMGS (سامانه‌های آب زیرزمینی تحت مدیریت کشاورزان آندرا پرداش)^۱ ایجاد شده‌اند و شامل ۶۵۰ روستای واقع در ۶۳ واحد آب‌شناسی که در هفت ناحیه مستعد خشکسالی آندرا پرداش هستند که با استفاده از مرزهای آب‌شناسی به‌عنوان واحدهای عملیاتی، به اجرا درآمده‌اند.

برای انتخاب سایت‌های میدانی، دو معیار کلی در نظر گرفته شد: الف) دارا بودن ویژگی فنی واحد آب‌شناسی و ب) اداره توسعه روستایی، درصد قابل‌توجهی از منطقه را تحت برنامه توسعه آبخیز اجرا کرده باشد. ابتدا پس از بررسی نقشه‌های

¹ Andhra Pradesh Farmer- Managed Groundwater Systems (APFMGS)

کاداستر هر واحد هیدرولوژیک، چند روستا و واحد هیدرولوژیک شناسایی شدند. سپس، بعد از ارزیابی صحرایی و راستی آزمایی سریع وجود تغییرات بالادست-پایین دست در سطح روستا یا حوضه در این واحدهای هیدرولوژیک، در نهایت سه واحد هیدرولوژیک برای مطالعه شناسایی شدند.

از آنجا که واحدهای هیدرولوژیک به صورت مجزا، برای تامین معیارهای انتخاب به حد کافی بزرگ نبودند، لذا به جای یک واحد هیدرولوژیک در یک منطقه (نواحی آنانتاپور یا کورنول)^۱، دو واحد هیدرولوژیک انتخاب شد. این دو واحد هیدرولوژیک از نظر آب شناسی و الگوی جریان سطحی نیز با هم ارتباط داشته و مناطق بالادست-پایین دست بین واحدهای هیدرولوژیک را مرتبط می کنند. در یکی از نواحی، یک مورد کلاسیک بالادست-پایین دست در یک واحد هیدرولوژیک وجود دارد که تحت برنامه توسعه آبخیز قرار دارد. این واحد هیدرولوژیک را می توان سایت های آب شناسی نامید. مساحت تحت پوشش هر واحد هیدرولوژیک بین ۵-۱۰ هزار هکتار است که هر یک حدود ۱۳-۱۴ روستا را در خود جای داده است. پوشش سطح زیر حوضه بین ۳۳ تا ۴۰ درصد است.

از هر سایت آب شناسی، سه روستا واقع در بالادست، میان دست و پایین دست شناسایی شد. سه معیار برای انتخاب روستا شامل الف) مکان ب) تحت پوشش برنامه آبخیز، و ج) تحت پوشش پروژه "سامانه های آب زیرزمینی تحت مدیریت کشاورزان آندرا پرادش" بود. در هر دو سایت، روستاهای بالادست در دامنه کوه و روستاهای پایین دست در دره واقع شده و به آب های سطحی اصلی یا نهرها زهکشی می شوند. واحد هیدرولوژیک پراکاسام^۲ به یکی از بزرگ ترین مخازن (کامبام چرووو)^۳ ایالت تخلیه می شود. تمامی روستاهای نمونه، تحت پوشش اقدامات مختلف برنامه آبخیز قرار گرفته اند.

¹ Anantapur/Kurnool districts

² Prakasam

³ Kambam Cheruvu

مشخصات مناطق نمونه

در این بخش ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی مناطق منتخب و مداخلات پروژه "سامانه‌های آب زیرزمینی تحت مدیریت کشاورزان آندرا پرادش" و طرح‌های توسعه آبخیز ارائه شده‌اند. تمرکز عمدتاً بر روی آب‌های سطحی، توسعه آب‌های زیرزمینی و سازه‌های برداشت آب است.

واحد آب‌شناسی ماروواوانکا^۱

این واحد آب‌شناسی، با مساحت ۵۰۱۵ هکتار، بین مختصات عرض جغرافیایی 19.86° تا $15^{\circ} 16' 52.64''$ شمالی و طول‌های جغرافیایی $77^{\circ} 34' 06.65''$ تا $77^{\circ} 40' 06.97''$ شرقی قرار دارد (شکل ۳-۱). بخش عمده‌ای از ماروواوانکا در منطقه کورنول^۲ واقع شده است، در حالی که بخش کوچکی در منطقه آنانتاپور^۳ واقع شده است. این واحد دارای ۱۷ سکونتگاه با جمعیت ۱۵۲۰۳ نفر است. نسبت زن به مرد ۹۵۰ زن در ۱۰۰۰ مرد است که کمتر از میانگین منطقه است. نرخ باسوادی در واحد آب‌شناسی ۳۷ درصد است که این شاخص هم از میانگین منطقه (۵۶ درصد) کمتر است. کاست‌های عقب‌مانده^۴، اکثریت جامعه (۴۱ درصد از خانوارها) این واحد را تشکیل داده‌اند.

ارتفاع بیشینه این واحد هیدرولوژیک ۴۴۰ متر بالاتر از سطح متوسط دریا و در بخش شمالی آن است. کمینه ارتفاع ۳۵۵ متر و در قسمت جنوبی واحد هیدرولوژیک واقع شده است. جهت شیب از شمال به جنوب است. مسیر زهکشی و جهت جریان عمومی نهرها به‌طور کلی به‌وسیله توپوگرافی منطقه کنترل می‌شود. ماروواوانکا از منطقه تپه‌ای شمال شرقی - جنگل ذخیره‌گاه توگالی^۵ که در زیر دامنه گوتی^۶ قرار

¹ Maruvavanka

² Kurnool District

³ Anantapur District

⁴ Backward Castes

⁵ Thuggali Reserve Forest

⁶ Gooty range

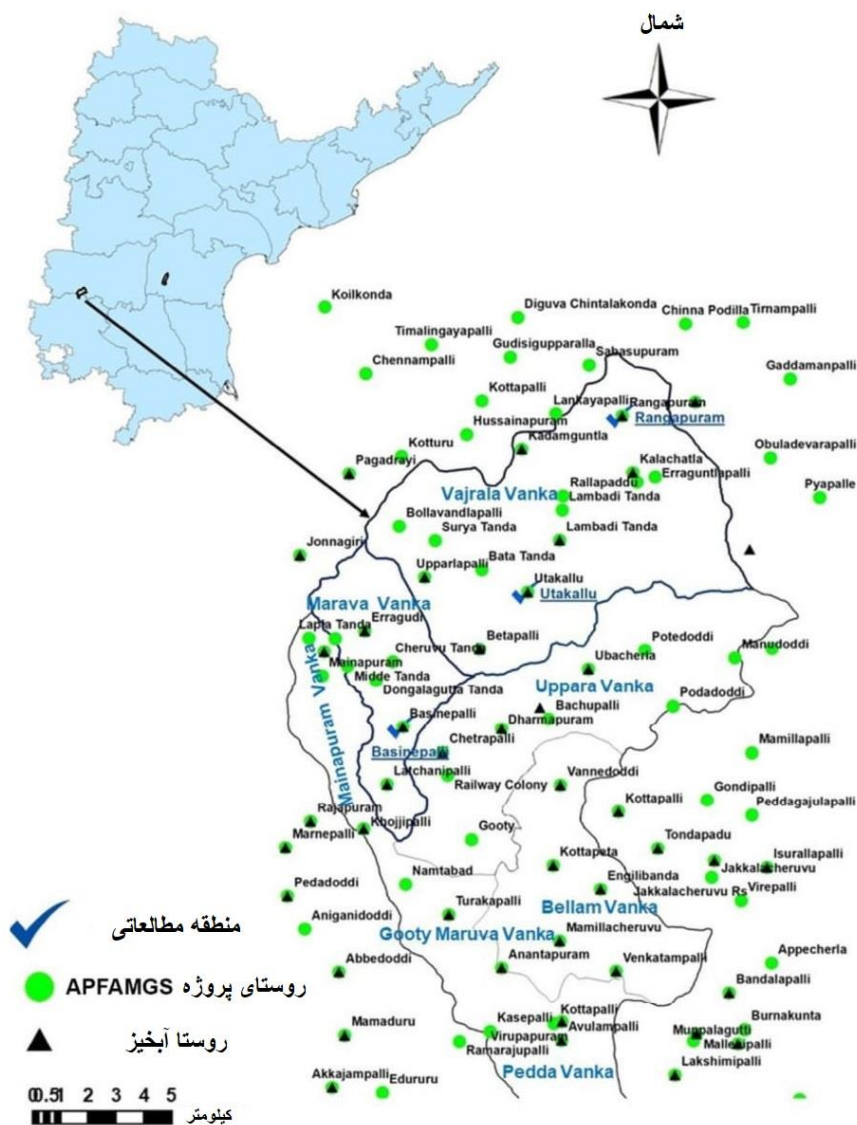
دارد، آغاز می‌شود. تعدادی آبراهه با رتبه یک و دو به جریان ماروواوانکا کمک می‌کنند و به پداوانکا^۱، شاخه‌ای از رودخانه پنا^۲، در جنوب غربی روستای لاجانی‌پالی^۳ می‌پیوندند.

توزیع بارش نشان می‌دهد که ۱۷ درصد بارش در فصل موسمی جنوب غربی (ژوئن-سپتامبر) و ۷۵ درصد در فصل موسمی شمال شرقی (اکتبر-دسامبر) نازل می‌شود. میانگین بارش سالانه این منطقه حدود ۹۰۲ میلی‌متر است. کمترین میزان بارش سالانه معادل ۳۸۸ میلی‌متر (سال آبی ۲۰۰۲-۲۰۰۳) و بیشترین میزان آن ۱۴۹۹ میلی‌متر (سال آبی ۲۰۰۰-۲۰۰۱) بوده است. میانگین تعداد روزهای بارانی در سال ۴۲ روز است. جالب این‌که در سال‌های آبی ۱۹۹۹-۲۰۰۰ و ۲۰۰۳-۲۰۰۴، با وجود تعداد زیاد روزهای بارانی، کمبود بارش وجود داشته است. در دیگر سال‌ها، همبستگی خوبی بین میزان بارش و تعداد روزهای بارانی برقرار است. از سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۰۳ و ۲۰۰۳-۲۰۰۴ می‌توان به‌عنوان سال‌های خشک‌سالی نام برد، زیرا در میزان بارش دریافتی انحراف منفی دارند. به‌طور کلی میانگین بارش دارای روند کاهشی است. به نظر می‌رسد که این روند کاهشی طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ ثابت بوده و پس از آن افت تندی در جهت رو به پایین دارد. رویدادهای بارش از آوریل تا آگوست، می، ژوئن و جولای دارای روند افزایشی، و از سپتامبر تا اکتبر دارای روند کاهشی است. توزیع روزانه بارش حتی در سال‌های کم‌باران نیز مشاهده می‌شود، ولی در سال‌های پر باران اریب می‌شود. توزیع اریب بارش روزانه در سال‌های پر باران، همچنین حاکی از وقوع طوفان است که سهم زیادی در کل بارش سالانه دارند.

¹ Pedda Vanka

² Penna

³ Lachhanipalli



شکل ۳-۱- موقعیت سایت‌های مطالعه پروژه آبخیز متوسط‌مقیاس در ناحیه نانتاپور/کورنول در آندرا پرادش، هند

۷۲ درصد منطقه را خاک قرمز، و پس از آن خاک مخلوط (۱۷ درصد)، خاک لومی شنی (نش درصد) و خاک سیاه (چهار درصد) منطقه را پوشش داده است.

به‌طور کلی، ماهیت و ساختار خاک یک منطقه بستگی به ترکیب معدنی و بافتی سنگ‌های منطقه دارد. ۵۷ درصد از اراضی منطقه را زمین‌های کشاورزی و مابقی آیش (۲۴ درصد) یا بایر (۱۹ درصد) است. حدود ۸۰ درصد زمین‌های کشاورزی را اراضی دیم تشکیل می‌دهند. کشاورزی منبع اصلی امرار معاش ۹۷ درصد از جمعیت است و سه درصد باقیمانده نیز در بخش خدمات اشتغال دارند. از ۹۷ درصد خانواده‌های با امرار معاش کشاورزی، ۶۱ درصد را کشاورزان کوچک و حاشیه‌ای و ۱۳ درصد را نیز کارگران بخش کشاورزی تشکیل می‌دهند.

بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی این واحد آب‌شناسی عمدتاً از طریق حفاری چاه است و چشمه‌های طبیعی یا مصنوعی نقش چندانی در این زمینه ندارند. تراکم چاه در دشت شمال غرب واحد آب‌شناسی بیشتر بوده، ۸۴ درصد کل آب زیرزمینی منطقه، از این واحد استخراج می‌شود. میانگین عمق چاه‌های منطقه نیز بین ۵۰-۹۹ متر است. به‌طور کلی، عمق چاه‌ها در بخش بالایی دشت‌های شمال غرب، متوسط تا عمیق است، اما در بخش پایین بین کم تا متوسط متغیر است.

تمام چاه‌های آبیاری از پمپ‌های شناور استفاده می‌کنند، درحالی‌که چاه‌های آب آشامیدنی دارای پمپ‌های دستی هستند. عمده تغذیه آب زیرزمینی (۶۴ درصد) از طریق سنگ آهک‌های شکاف‌دار بخش زیرین که ۳۶ درصد از منطقه را تشکیل می‌دهد، انجام می‌شود. در حال حاضر، برداشت سالانه آب زیرزمینی در واحد هیدرولوژیک ماروواوانکا، حدود ۱۶۲ درصد میزان تغذیه سالانه است که در گروه " بهره‌برداری بیش از حد " طبقه‌بندی شده است.

واحد هیدرولوژیک ماروواوانکا شامل شش پیکره آبی است که در بخش مرکزی این واحد پراکنده هستند. از منظر تغذیه آب زیرزمینی، هر دو منطقه اشباع و غیراشباع یک تانک (نوعی پیکره آبی) با اهمیت هستند، زیرا هر دو پتانسیل افزایش تغذیه طبیعی آب زیرزمینی را دارند. میزان تغذیه به مخازن، دو درصد از کل تغذیه آب زیرزمینی

است. در این واحد ۶۱ چکدم نیز به وسیله سازمان‌های پانچایاتی راج^۱ و وانا سامراکشانا سامیتی^۲ احداث شده است. در حال حاضر برای افزایش تغذیه آب زیرزمینی در این حوضه، از ۱۲ کونتا (استخر کوچک)^۳ و ۱۵ آبگیر مزرعه برای اهداف نفوذ به آب زیرزمینی استفاده می‌شود که تعدادی از آن‌ها تحت برنامه نیرو-میرو^۴ با هدف افزایش میزان ذخیره آب پاکسازی شده‌اند که علاوه بر افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی پیکره‌های آبی (تانک‌ها و کونت‌ها) باعث افزایش تغذیه آب‌های زیرزمینی در این آبخیز نیز شده است.

۸۷ درصد آب زیرزمینی این واحد به مصرف کشاورزی، و ۱۰ درصد باقیمانده برای مصارف خانگی استفاده می‌شود. از این رو مهمترین عامل برای مدیریت تقاضای منابع آب زیرزمینی، افزایش کارآمدی سامانه کشت است. منبع فعلی تامین آب برای مصارف خانگی، تامین آب عمومی مبتنی بر آب زیرزمینی است، این در حالی است که در کل این واحد هیدرولوژیک، فقط چهار سامانه آبیاری بارانی و سه سامانه آبیاری قطره‌ای وجود دارند. از اراضی تحت کشت با آب‌های زیرزمینی، ۲۳ درصد را شالیزار، ۲۰ درصد پیاز، ۱۱ درصد آفتابگردان، نه درصد گوجه فرنگی، و ۲۰ درصد باقیمانده را نیز سبزیجات، ذرت، باجرا، بادام زمینی، کرچک، و محصولات باغی تشکیل داده‌اند.

واحد آب‌شناسی واجرالوانکا^۵

این واحد هیدرولوژیک در بسیاری از جنبه‌های فنی بسیار شباهت زیادی با واحد هیدرولوژیک ماروواوانکا دارد (شکل ۳-۱). این واحد آب‌شناسی بین مختصات عرض جغرافیایی $15^{\circ} 18' 32.94''$ تا $15^{\circ} 11' 36.70''$ شمالی و طول‌های جغرافیایی $77^{\circ} 35' 40.55''$ تا $77^{\circ} 44' 39.85''$ شرقی قرار دارد و بخش جنوب شرقی منطقه

¹ Panchayati Raj Department, DPAP

² Vana Samrakshana Samithi (VSS)

³ kuntas (small ponds)

⁴ "Neeru-Meeru" program

⁵ Vajralavanka

کورنول را تشکیل می دهد. مساحت این واحد ۸۱/۱۰۵۶۷ هکتار است و جمعیت ۷۸۸۲ نفری آن در ۱۴ روستا سکونت دارند. نسبت زن به مرد ۹۷۶ زن در ۱۰۰۰ مرد است که کمتر از میانگین منطقه است. نرخ باسوادی در واحد آب شناسی ۷۱٪ است که بالاتر از میانگین منطقه (۵۶ درصد) است. کاست های عقب مانده، اکثریت جامعه (۴۱ درصد از خانوارها) این واحد را تشکیل داده اند.

۶۶ درصد منطقه را خاک قرمز، و پس از آن خاک سیاه (۱۴ درصد)، و باقیمانده سطح منطقه را خاک مخلوط پوشش داده است. بیش از ۵۰ درصد از این واحد هیدرولوژیک تحت کشت آبی است. الگوهای بارش، بهره برداری از آب های زیرزمینی و الگوی معیشت این واحد، مشابه الگوهای متناظر در واحد هیدرولوژیک ماروواوانکا است. تمام چاه های آبیاری از پمپ های شناور استفاده می کنند، در حالی که چاه های آب آشامیدنی دارای پمپ های دستی هستند. عمده تغذیه آب زیرزمینی (۶۴ درصد) این واحد نیز از طریق سنگ آهک های شکاف دار بخش زیرین که ۳۶ درصد از منطقه را تشکیل می دهد، انجام می شود. همچنین، برداشت سالانه آب زیرزمینی در واحد هیدرولوژیک واجرالوانکا، حدود ۱۶۲ درصد میزان تغذیه سالانه است که در گروه "بهره برداری بیش از حد" طبقه بندی شده است. تعداد ۱۶ پیکره آبی در بخش مرکزی واحد هیدرولوژیک پراکنش داشته که آب های زیرزمینی را تغذیه می کنند که البته سهم این قسمت تنها دو درصد از کل تغذیه آب زیرزمینی منطقه است. در این واحد ۶۸ چکدم نیز به وسیله سازمان های پانچایاتی راج و وانا سامراکشانا سامیتی احداث شده است. همچنین، دو کونتا (استخر کوچک) و چهار آبگیر مزرعه برای اهداف نفوذ به آب زیرزمینی استفاده می شود که تعدادی از آن ها تحت برنامه نیرو-میرو با هدف افزایش میزان ذخیره آب پاکسازی شده اند که علاوه بر افزایش ظرفیت ذخیره سازی پیکره های آبی (تانک ها و کوتها) باعث افزایش تغذیه آب های زیرزمینی در این آبخیز نیز شده است.

----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۴۷

۸۷ درصد آب زیرزمینی این واحد به مصرف کشاورزی، و مابقی برای مصارف خانگی استفاده می‌شود. از اراضی تحت کشت با آب‌های زیرزمینی، ۲۳ درصد را شالیزار، ۲۰ درصد پنبه، ۱۱ درصد آفتابگردان، نه درصد سورگوم، و مابقی تحت کشت بادام زمینی و سبزیجات است.

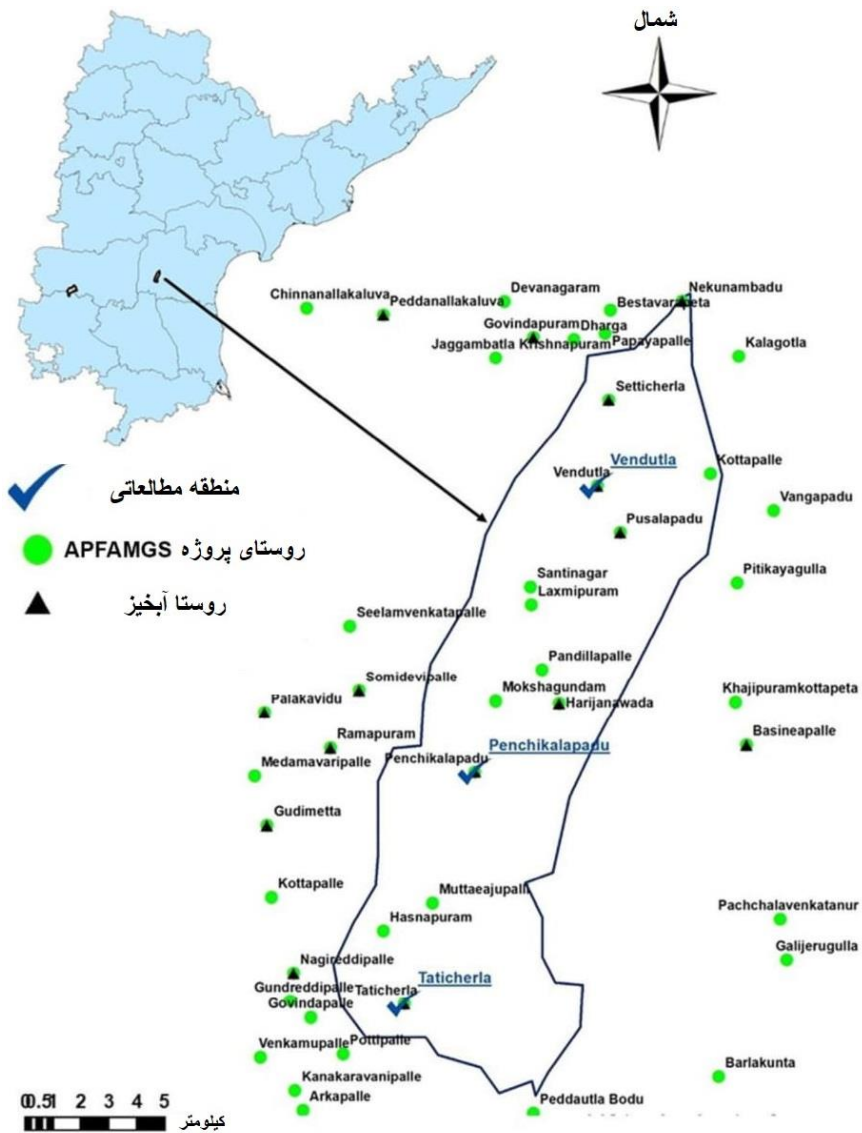
واحد آب‌شناسی پیتوروواگو^۱

بیشینه ارتفاع این واحد هیدرولوژیک (شکل ۳-۲) با ارتفاع ۷۳۹ متر، در ذخیره‌گاه جنگلی آنکالامابودا^۲، و خروجی آبخیز با ارتفاع ۲۰۰ متر در شمال شرقی روستای بستاواریپتا^۳ قرار دارد. شیب زیاد حاصل از اختلاف ارتفاع ۵۳۹ متری در طول ۲۱ کیلومتری، باعث سرعت بالای رواناب در این واحد هیدرولوژیک شده است. ۱۴ سکونت‌گاه در این آبخیز وجود دارد. این واحد هیدرولوژیک بین دو رشته تپه پیوسته قرار داشته و مساحتی معادل ۹۴۹۸/۲۹ هکتار دارد.

^۱ Peethuruvagu

^۲ Ankalamma Bodu

^۳ Bestavaripeta



شکل ۳-۲- موقعیت سایت‌های مطالعه پروژه آبخیز متوسط‌مقیاس در ناحیه پراکاسام در آندراپرادش

شبکه زهکشی جنگل‌های حفاظت‌شده ولیکوندا^۱، آنکالامابودو^۲ و گوگولا کوندا^۳، غالباً دارای شیب ۲۰ تا ۳۰ درجه، و از نوع دندریتی است. سرعت رواناب در آبراهه‌ها بالاست. آبراهه‌ها در مجاورت پنچیکالاپادو^۴ به هم می‌رسند و پیتوروواگو^۵ (یکی از شاخه‌های رودخانه گوندلاکاما^۶) را تشکیل دهند.

این منطقه از لحاظ اقلیم زراعی دارای بارش کمی است. میانگین بیشینه دما بین ۳۶ - ۴۶ درجه سانتی‌گراد، و میانگین کمینه دما بین ۲۳ - ۲۸ درجه سانتی‌گراد متغیر است. الگوی بارش این واحد مبتنی بر داده‌های پنج ایستگاه باران‌سنجی مطالعه شده است. وزش بادهای موسمی جنوب‌غربی بین ماه‌های ژوئن تا سپتامبر است (متوسط بارش ۳۷۴ میلی‌متر) و به دنبال آن بادهای موسمی شمال شرقی از دسامبر تا ژانویه (میانگین بارش ۲۱۵ میلی‌متر) است. داده‌های ایستگاه کومارلو^۷ نشان می‌دهد که میانگین بارش این واحد (۶۹۲/۱ میلی‌متر) کمتر از میزان بارش نرمال منطقه است. علاوه‌بر این، میزان بارش و تعداد روزهای بارانی نیز نامنظم و دارای نوسان زیادی است. این امر دارای تأثیر منفی بر پر شدن مخازن آبیاری و عملکرد مخازن نفوذی داشته است. لذا، میزان وابستگی به آب‌های زیرزمینی به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته و منجر به افت شدید تراز آب زیرزمینی شده است.

در این واحد سه مخزن آبیاری کوچک و یک مخزن اصلی با مساحت ۲۴ هکتار و یک آياکات^۸ ۱۲۰ هکتاری در نزدیکی سکونتگاه تاتیچرلا^۹ وجود دارد. در مجموع، ۱۳ مخزن در این واحد هیدرولوژیک وجود دارد. در طی سال‌های ۱۹۹۹ - ۲۰۰۴، بارش کم و خشکسالی منجر به افت تراز آب‌های زیرزمینی در تمام سکونتگاه‌های

^۱ Velikonda

^۲ Ankalamma Bodu

^۳ Gogulla Konda

^۴ Penchikalapadu

^۵ Peethuruvagu

^۶ Gundlakamma

^۷ Komarolu

^۸ Ayacut در هند به منطقه‌ای که توسط یک پروژه آبیاری مانند کانال، سد یا مخزن مورد استفاده قرار می‌گیرد، اطلاق می‌شود.

^۹ Thaticherla

این واحد هیدرولوژیک شد. در اغلب روستاها، کمبود آب هم در بخش کشاورزی و هم برای آشامیدن وجود داشت و حداکثر افت تراز سفره ایستابی به میزان ۱۰۰ متر (۳۰۰ فوت) در پوسالاپادو^۱ و پاندیلاپاله^۲ ثبت شد. کمیته برآورد آب‌های زیرزمینی، پوسالاپادو را "تحت بهره‌برداری مفرط" اعلام کرد. میزان بارش در سال ۲۰۰۰، ۲۶۲.۶ میلی‌متر بود که نسبت به میانگین منطقه (۷۵۰ میلی‌متر) بسیار پایین بود. از نقطه‌نظر آب‌های زیرزمینی، این منطقه بخشی از استان پنینسولار^۳ هند که دارای سنگ‌های سختی است، محسوب می‌شود. سفره‌های آب زیرزمینی این منطقه عمدتاً به صورت نامحدود تا نیمه‌محدود است.

اگرچه توزیع چاه‌ها در سراسر واحد به طور مساوی است، اما با این حال، در بخش شرقی که زمین برای کشت مناسب‌تر است، تراکم چاه‌ها نیز بیشتر است. منابع آب زیرزمینی دائمی این واحد هیدرولوژیک شامل ۶۶۳ چاه و یک چشمه است که علاوه بر این، ۲۹۸ حلقه چاه فصلی (ژوئن-سپتامبر) نیز موجود است. عمق چاه‌ها از ۲۰۰ فوت (۶۰ متر) تا ۶۰۰ فوت (۱۸۲ متر) متغیر است، و بازده بسیار پایین دارند (دبی آن‌ها بین ۲۵۷۵ و ۷۰۹۶ گال در ساعت متغیر است). قدرت موتورهای الکتریکی این چاه‌ها بین ۳ تا ۷/۵ اسب بخار است. حدود ۵۳ منبع آب زیرزمینی (عمدتاً چاه) در زمان حفاری خشک شده‌اند، و ۴۶ منبع نیز طی ۱۰ سال گذشته از بین رفته‌اند.

بخش بالادست این حوضه متشکل از تپه‌های موج‌دار متصل به یکدیگر است که اختلاف ارتفاعی معادل ۵۳۹ متر دارند. رواناب سریع باعث فرسایش شدید خاک شده، و انباشت گل‌ولای در مخازن، اثر منفی بر تغذیه آب زیرزمینی می‌شود. انباشت گل‌ولای در خروجی آبخیز نیز مشاهده می‌شود. سازمان پانچایاتی راج سازهایی شامل ۱۱ چکدم را برای استحصال آب احداث کرده است. در حال حاضر، برای افزایش تغذیه آب زیرزمینی در این حوضه از چهار کونتا (استخر کوچک)، ۱۶

¹ Pusalapadu

² Pandillapalle

³ Peninsular

آبگیرهای مزرعه، و سه مخزن به عنوان مخازن نفوذ استفاده می شود. برای ذخیره بیشتر آب، شش مخزن به وسیله برنامه نیرو-میرو لایروبی شدند که سبب افزایش تغذیه آب های زیرزمینی نیز شد. حدود ۲۶ آبگیر جدید نیز تحت برنامه آبخیز به وسیله DWMA در چهار روستا احداث شده است. البته میزان تغذیه این آبگیرهای جدید به دلیل مکان یابی نامناسب، بسیار پایین است. در این واحد، چهار ایستگاه باران سنجی وجود دارد و ۵۶ چاه مشاهداتی نیز در ۱۴ روستا برای پایش دقیق آب های زیرزمینی موجود است.

۴۴ درصد از مساحت واحد هیدرولوژیک را اراضی بایر و ۱۳ درصد را جنگل تشکیل می دهد. بیشتر اراضی به دلیل فرسایش خاک موج دار شده اند. ۶۰ درصد منطقه را خاک سیاه، و ۴۰ درصد باقیمانده را خاک سیاه پوشش داده است، ضمن این که چهار درصد از خاک های منطقه دارای مشکل هستند. این خاک ها از نظر مواد آلی و ریزمغذی ها فقیر هستند و ظرفیت نگهداشت آب پایینی دارند. به دلیل ظرفیت نگهداشت آب در خاک سیاه، کشاورزان اغلب محصولات خشک (مانند پنبه، آفتابگردان، گرم قرمز، باجرا و سبزیجات) را در این خاک ها کشت می کنند. بیشتر اقدامات حفاظت خاک تحت برنامه آبخیز انجام شده است. کنتوربندی علاوه بر کاهش فرسایش خاک، تا حد زیادی به حفظ مواد مغذی خاک کمک کرده است. برای کنترل رسوبات، چکدم هایی در آبراهه های با فرسایش زیاد احداث شده است.

فعالیت ها

به فراگیران توصیه می شود قبل از جلسه مطالب را مرور کنند. در حالی که مطالعه موردی فرایند پس از انتخاب را توصیف می کند (قابل استفاده برای ارزیابی اثرات)، فراگیران باید با الزامات پیش از انتخاب آشنا باشند. فراگیران گروه هایی را برای بحث درباره موارد زیر تشکیل دهند.

الف) نحوه مقایسه اقداماتی که آن ها در حال حاضر اتخاذ می کنند با رویکردی که در اینجا توضیح داده شد.

ب) ارتباط عملی رویکرد با تخصص آن‌ها. آیا برای اتخاذ رویکرد و معیارهای مذکور محدودیت داده وجود دارد؟

ج) فهرست کردن معیارهایی که می‌خواهند استفاده کنند.

د) بحث درباره اطلاعات مهمی که باید از سایت‌های نمونه جمع‌آوری شود.

فصل ۴- بخش سه: محتوای ژئوهیدرولوژی

سریدوی^۱، سارا^۲، شکیل احمد^۳، پل پاولیک^۴

^۱مؤسسه ملی تحقیقات ژئوفیزیک، حیدرآباد، هند

^۲گروه علوم زمین، دانشگاه کشمیر، سرینگار، هند

^۳جامعه ملی اسلامی، دهلی نو، هند

^۴مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب، ویتیان، لائوس

مقدمه

بررسی دقیق آب‌های پنهان زیرزمینی در سامانه پیچیده سنگ‌ها مشکل است، و این موضوع باعث شده است که تطابق چندانی بین تقاضا و آب موجود زیرزمینی وجود نداشته باشد. هر چند انتظار بر اینست که مداخلات آبخیز از طریق عملکرد بهتر حفاظت خاک و آب، میزان تغذیه آب زیرزمینی را افزایش دهد، اما با این حال، مقدار واقعی آب زیرزمینی موجود برای استفاده نهایی بستگی به تناسب مداخلات برای سامانه آبخوان دارد. در زمینه مداخلات آبخیز، اغلب فرض بر اینست که میزان تغذیه آب زیرزمینی از بالادست به پایین‌دست افزایش می‌یابد. با این حال، این مشاهدات مبتنی بر اطلاعات علمی آبخوان‌های زیرزمینی و سامانه‌های زهکشی نیستند و معمولاً مداخلات توسعه آبخیز دارای تأثیر کمی هستند. بنابراین، تحقیقات آب‌زمین‌شناسی مبتنی بر روش‌های ژئوفیزیکی، ارتباط واضحی را با اثرات اجتماعی-اقتصادی فراهم می‌کند، زیرا درک مناسب از فرایندهای زیرسطحی می‌تواند سبب اطمینان از اثربخشی مداخلات شود. مناسب بودن (ماهیت، نوع، و شدت) مداخلات توسعه آبخیز و برنامه‌ریزی برای استفاده معقول از آب‌های زیرزمینی، ضامن پایداری این منابع مهم است.

هدف

هدف این بخش برجسته کردن تأثیر اطلاعات علمی بر درک صحیح اثرات ناشی از پروژه‌ها بر آبخیز و سایت‌های مختلف است. در این بخش اطلاعات علمی به طوری که قابل فهم باشد، ارائه شده است. در این بخش، مفاهیم پس از توضیح، اعمال می‌شوند و سپس مورد بحث قرار می‌گیرند که این ویژگی‌ها بخش را تمرین‌محور کرده است. اطلاعات علمی سایت‌های مطالعاتی به‌طور تفصیلی ارائه شده است تا فراگیران شناخت و درک مناسبی نسبت به مناطق و ویژگی‌های آن‌ها حاصل کنند. در پایان بخش، یک ابزار پشتیبانی تصمیم قابل اجرا در اکسل برای فراگیران تدارک دیده شده است که برای برنامه‌ریزی منابع آب برای حوضه متوسط مقیاس طراحی شده است. همچنین از این ابزار می‌توان برای ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و رژیم‌های اقلیمی در آبخیز نیز استفاده کرد. این ابزارها در موارد مختلفی از جمله بررسی مداخلات تغذیه، تغییرات الگوهای کشت و شیوه‌های آبیاری مفید هستند.

مقاصد

پس از فراگرفتن این بخش، خوانندگان قادر به موارد زیر خواهند بود:

۱. آشنایی با مفاهیم علمی توصیف ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی آبخیز
۲. مهارت شناسایی اطلاعات آب‌زمین‌شناسی موردنیاز برای توسعه مناسب آبخیز.
۳. درک ارتباط میان ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی، زیست‌فیزیکی و آثار اجتماعی-اقتصادی.
۴. درک ضرورت برنامه‌ریزی برای مداخلات مناسب مبتنی بر شناخت علمی جامع از سایت‌های مطالعاتی.

روش شناسی

این بخش از مفاهیم علمی برای بیان ویژگی‌ها و توضیح دلایل بروز مسائل سایت‌های مطالعاتی استفاده می‌کند. ابزارها و روش‌هایی که برای جمع‌آوری اطلاعات علمی استفاده شده‌اند، ارائه شده است. برای نشان دادن ضرورت کاربست یک رویکرد علمی برای توسعه آبخیز از داده‌ها، مشاهدات و نظرات استفاده شده است.

زمینه

در سایت‌های مطالعاتی بهره‌برداری مفرط و افت تدریجی آب‌های زیرزمینی وجود دارد. این وضعیت را می‌توان از دو طریق کاهش تقاضا تا حد میزان تغذیه با بارش، یا با افزایش مصنوعی تغذیه تا حد میزان تقاضا اصلاح کرد. برای هر دو سناریو ضروری است که شناخت و آگاهی کامل از سامانه حاصل شود. از این‌رو، در اینجا سعی شده تا تأثیرپذیری یک آبخیز از مداخلات تازه اجرا شده تحلیل شده و ارتباط تأثیرات با ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی سایت‌ها مشخص شود. در این مطالعه، عدم تطابق مداخلات با ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی موجود برجسته شده است. لذا، این مطالعه نگاه تمام کسانی که به نوعی در فعالیتهای مرتبط با توسعه آبخیز مشارکت دارند را باز کرده و باعث می‌شود تا موضوعاتی همچون هندسه آبخوان، روند تراز آب، تغذیه آب زیرزمینی، تغییر ذخایر آب زیرزمینی و غیره را که لازمه برنامه‌ریزی مناسب برای حفظ و احیای آبخیز است، درک کنند.

در این مطالعه همچنین نشان داده شده است که با آخرین تکنیک‌های بررسی‌های ژئوفیزیکی و استفاده از اطلاعات دقیقی همچون تصویربرداری مقاومت الکتریکی و ثبت گمانه می‌توان هندسه واقعی سامانه آبخوان را با دقت بالاتری تهیه کرد. میزان تغذیه ناشی از بارش با یک رویکرد جدید توسعه‌یافته که از روابط غیرخطی عوامل مرتبط استفاده می‌کند، برآورد شده است. لذا براساس تکنیک‌های پیشرفته، بیان آب زیرزمینی واقع‌بینانه‌تری تهیه، و اطلاعاتی در مورد آب زیرزمینی موجود در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف ارائه شد. از این اطلاعات در کنار اطلاعاتی درباره

پوشش مناسب خاک، ضخامت هوازدگی و غیره برای مکان‌یابی و پیشنهاد مداخلات مناسب آبخیز استفاده شد. مداخلاتی که مبتنی بر چنین فرایندی تدوین شده باشند، احتمالاً تأثیر بیشتری در بهره‌برداری از آب موجود خواهند داشت. این رویکرد تفاوت زیادی با رویکرد سنتی مرسوم برای توسعه آبخیز دارد که در آن به جای حل مشکل، تغییرات زیبایی ایجاد می‌شوند.

مناطق دارای اولین شکستگی را می‌توان با روش‌های پخش سیلاب احیا کرد، ولی مناطق با شکستگی‌های عمیق را باید با چاه‌های تزریقی درمان کرد. بنابراین شناخت کامل و دقیق سامانه و آگاهی نسبت به تغییرات ضخامت هوازدگی، وجود شکستگی‌ها و همچنین آب زیرزمینی موجود، کمک فراوانی به برنامه‌ریزی عاقلانه توسعه آبخیز و طراحی مناسب و بهینه مداخلات می‌کند.

مفاهیم

مفاهیم مختلف مورد استفاده در این بخش شامل موارد زیر است:

سامانه یا واحد هیدرولوژیک: منطقه‌ای از زمین که دربردارنده خطوط تراز آب‌شناسی معین از نقاط بالادست، پایین‌دست و زهکشی است. کل بارش یک واحد آب‌شناسی از یک خروجی تخلیه می‌شود.

جریان‌های سطحی و زیرسطحی: مقدار و جهت آب که در سطح زمین و سفره‌های زیرزمینی جریان دارد.

الگوهای زهکشی: رتبه آبراهه‌ها (مانند اول، دوم، سوم...) و جهت جریان آب در سطح زمین و زیرزمین.

هندسه یا ساختار آبخوان: سفره‌های زیرزمینی با هندسه و ارتباط آن‌ها با توپوگرافی و زمین‌شناسی زیرسطحی تعریف می‌شوند.

آبخوان ساده یا نامحدود^۱: آبخوانی که تا سطح زمین گسترش یافته باشد. به آبخوان‌های نامحدود، سفره‌های آب زیرزمینی نیز اطلاق می‌شود، زیرا تراز آب، بیان‌گر سطح بالای سامانه آب زیرزمینی است.

یکی دیگر از انواع متداول آبخوان، آبخوان محدود^۲ است که بر سه نوع است. نوع اول، آبخوان‌های محدودی هستند که معمولاً تحت فشار قابل توجهی هستند که ممکن است یا از تغذیه مجدد در ارتفاعات بالاتر، و یا از وزن سنگ و خاک بالایی (معروف به سربار) ناشی شود. در برخی موارد فشار آنقدر زیاد است که آب آزادانه از چاه‌های حفرشده در آبخوان جریان می‌یابد. این شرایط مستلزم آن است که فشار آب در سفره برای هدایت آب به داخل چاه و بالای سطح زمین کافی باشد و به چنین چاه‌هایی چاه آرتزین می‌گویند. نوع دوم آبخوان‌های زیرزمینی محدودی هستند که حتی اگر آب با پمپاژ از چاه‌ها استخراج شود، باز هم معمولاً در تمام ضخامت‌شان اشباع باقی می‌مانند. آب استخراج شده از آبخوان فقط سبب کاهش فشار آبخوان می‌شود (ترکیبی از کاهش فشار و انبساط خود آب و رهاشدن تشکیلات سفره با کاهش فشار). نوع سوم، آبخوان نشسته^۳ است. آبخوان‌های نشسته در بالای تراز آب منطقه و در داخل زون غیراشباع منطقه‌ای قرار دارند (یعنی یک منطقه غیراشباع در زیر آبخوان نشسته وجود دارد). ابعاد آبخوان‌های نشسته معمولاً کوچک است (شرایط اقلیمی و اندازه لایه‌های آکویتارد نقش تعیین‌کننده‌ای دارند)، و حجم آب موجود در آن‌ها به مقدار زیادی بستگی به شرایط اقلیمی داشته و بنابراین نوسانات زیادی در زمان‌های مختلف دارند.

¹ unconfined aquifer

² confined aquifer

³ perched aquifers

مطالعه موردی

مشخصات آب زمین شناسی

ضخامت و مقاومت خاک

نوع و ضخامت خاک نقش بسیار مهمی در کنترل حرکت آب در آبخیز دارد. علاوه بر این، در فرایند آب شناسی، ضخامت خاک عامل کنترل کننده نرخ نفوذ است. در مقایسه با خاک های ضخیم که پتانسیل نگهداشت آب بیشتری دارند، خاک های کم عمق استعداد بیشتری برای جریان های سطحی اشباع دارند. این پارامترها از اهمیت زیادی برای اجرای موفقیت آمیز فعالیت های ارتقاء و مدیریت آبخیز برخوردار هستند. به عنوان مثال، ضخامت خاک در آبخیزهای ماروواوانکا و واجرالائوانکا، بین ۰/۷۰ تا ۲/۴۰ متر متغیر است. در منطقه مطالعاتی، ضخامت خاک در سه طبقه کم، متوسط و زیاد طبقه بندی می شود. ضخامت خاک در ناحیه بالادست زیاد است و پس از آن، رتبه های بعد متعلق به مناطق پایین دست و میان دست است. ضخامت خاک در آبخیز پیتوروواگو، بین ۰/۴۰ تا ۲/۶۰ متر متغیر است. ضخامت خاک در شروع منطقه میانی زیاد است و به سمت انتها خاک های با ضخامت متوسط و کم عمق قرار دارند. ضخامت خاک در شروع ناحیه پایین دست متوسط و به سمت انتها زیاد می شود. مقاومت خاک بستگی به سه عامل ترکیب، رطوبت، و دمای خاک دارد. خاک ها به ندرت همگن هستند و مقاومت خاک در مناطق مختلف جغرافیایی و در اعماق مختلف متفاوت است. در آبخیزهای ماروواوانکا و واجرالائوانکا، مقاومت ظاهری خاک بین سه تا $274 \Omega m$ و در آبخیز پیتوروواگو بین 2.60 تا $41 \Omega m$ متغیر است. تغییرات مقاومت این مناطق به دلیل تغییر در رطوبت خاک است.

ترسیم هندسه آبخوان

پتانسیل آبخوان بستگی به ضخامت منطقه هوازده اشباع و تعداد شکستگی‌های موجود دارد. داده‌های لوگ الکتریکی، که بیان‌گر مقاومت واقعی سازندهای زمین‌شناسی در چاه‌های حفاری هستند، با داده‌های توموگرافی مقاومت الکتریکی (ERT) همبستگی داشتند. براساس این مطالعات، آبخوان به صورت یک سامانه جفت‌شده دولایه^۱ است که عبارتند از لایه‌های هوازده و شکسته یا شکاف‌دار^۲ که تقریباً در کل منطقه وجود دارد. در حوضه واجرالوانکا-ماروواوانکا، بخش هوازده ضخامتی بین ۴/۵ تا ۲۰ متر و مقاومت الکتریکی بین چهار تا ۲۲۳ Ωm دارد و به دنبال آن بخش شکسته یا شکاف‌دار است که ضخامتی بین هفت تا ۷۱ متر و مقاومت الکتریکی بین ۱۱۵ تا ۱۶۱۶ Ωm دارد و بعد از آن نیز سنگ کف^۳ با ضخامتی بین ۱۰ تا ۸۳ متر واقع شده است. در حوضه پیتوروواگو، ضخامت منطقه هوازده بین ۴/۱۰ تا ۱۳/۸۰ متر، و مقاومت الکتریکی آن بین سه و ۱۳۱ Ωm متغیر است که به دنبال آن منطقه شکسته یا شکاف‌دار است که ضخامتی بین هفت تا ۳۱ متر و مقاومت الکتریکی بین ۲۵۲ تا ۱۲۷۵ Ωm دارد و بعد از آن نیز سنگ کف با ضخامتی بین ۱۲ تا ۴۵ متر واقع شده است.

ویژگی‌های آبخوان

در حوضه واجرالوانکا-ماروواوانکا، آبخوان شامل سنگ‌های کریستالی با منشاء آذرین (گرانیت، گرانودیوریت، دیوریت و دایک گابرو) و منشاء دگرگونی (کوارتزیت و گنیس) است. در این سازندها آب‌های زیرزمینی در مناطق هوازده و شکسته، و به ترتیب تحت شرایط سطح ایستابی و نیمه‌محدود قرار می‌گیرند. در منطقه مورد مطالعه، در منطقه هوازده چاه‌های زیادی حفر شده‌اند که دائماً از شکستگی‌هایی که در زیر منطقه هوازده واقع شده‌اند، بهره‌برداری می‌کنند. بیشتر چاه‌های حفر شده در بخش‌های

¹ two-tier coupled system

² weathered and fractured/ fissured layers

³ basement

بالادست و میان‌دست حوضه قرار دارند. عمق چاه‌های باز بین هفت تا ۱۵ متر و عمق تراز آب بین ۳/۴ تا ۶/۱ متر متغیر است. این چاه‌ها در بالادست آبخیز یعنی روستای رنگاپورام^۱ و بخش میان‌دست یعنی روستای اوتاکالو^۲ قرار دارند. آبدهی چاه‌ها بین ۱۰ تا ۲۰۰ متر مکعب در روز متغیر است که در هر روز این چاه‌ها بین سه تا شش ساعت پمپاژ می‌شوند. بیشتر چاه‌ها مستطیل شکل هستند و عمق آن‌ها در جهات شکستگی‌های منطقه‌ای بیشتر است.

چاه‌ها در ناحیه شکسته بسته به تعداد و ارتباط بین شکستگی‌ها معمولاً آبدهی کم تا متوسطی دارند. براساس گزارش شورای مرکزی آب‌های زیرزمینی^۳، در منطقه مورد مطالعه شکستگی‌های عمیق حتی تا عمق ۲۰۰ متری نیز مشاهده می‌شود، اما غالب شکستگی‌ها در اعماق ۴۰ تا ۱۰۰ متر واقع شده‌اند. آبدهی تجمعی مناطق شکسته شده بین ۰/۴ تا ۱۵/۷ لیتر در ثانیه متغیر است. با این حال، آبدهی کلی چاه‌های بین یک تا پنج لیتر در ثانیه بود. شکستگی‌های در جهات N-S, E-W و NNW-SSE از نوع کششی هستند و آبدهی چاه‌های این مناطق بین یک تا هشت لیتر در ثانیه است. از طرف دیگر، شکستگی‌های در جهات NE-SW و NNE-SSW عمق کمی داشته و میزان آبدهی آن‌ها بین ۰/۲ تا شش لیتر در ثانیه است. ظرفیت انتقال آبخوان‌های شکسته بین ۰/۵ تا ۳۱۶ متر مربع در روز و ظرفیت ذخیره آن‌ها از ۰/۰۰۰۷۴ تا ۰/۰۰۹ متغیر است. آبدهی ویژه آبخوان‌های نامحدود بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۵۵ متغیر است. از نظر آب‌زمین‌شناسی سامانه آبخوان حوضه پیتوروواگو دارای منشاء رسوبی است. این آبخوان از کوارتزیت و شیل‌های متراکم تشکیل شده است. وجود آب و حرکت آن در این سنگ‌ها بستگی به درجه هوازدگی، تراکم، شکستگی و وجود صفحات بستری دارد. به طور کلی، شیل‌ها به دلیل نفوذ ناپذیری، آبخوان‌های ضعیفی را تشکیل می‌دهند. عمق هوازدگی نیز در مقایسه با سایر سازندها مانند گرانیت، کم

^۱ Rangapuram

^۲ Uttakalu

^۳ Central Groundwater Board (CGWB)

----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۶۱

است. به دلیل پایین بودن طبقه نفوذپذیری و آبدهی ویژه، واکنش بسیار سریعی نسبت به بارش دارند. صفحات بستر و شکستگی‌ها اغلب تشکیل سفره‌های زیرزمینی می‌دهند. عمق چاه‌های حفر شده در این سازند بین هشت تا ۱۵ متر و عمق تراز آب بین دو تا ۹۰ متر متغیر است. در این سازند حفاری اکتشافی تا عمق ۱۵۰ متر به وسیله شورای مرکزی آب‌های زیرزمینی نشان داده که آبدهی این سازند بین ۱۷۲/۸۰ تا ۵۸۷/۵۲ مترمکعب در روز و قابلیت انتقال آن بین ۶/۸۷ تا ۱۵۸/۲۲ مترمربع در روز است. در سازند شیل میزان دبی در محدوده ۱۶۴/۲۰ تا ۳۱۶/۲۶ مترمکعب در روز و قابلیت انتقال در محدوده ۶/۵۹ تا ۲۲/۸ مترمربع در روز متغیر است. در منطقه مورد مطالعه سه مخزن وجود دارد که دو عدد از آن‌ها که در پایین دست واقع شده‌اند، آب کافی دریافت نکرده و با وجود بارش مناسب، معمولاً در تمام فصول سال خشک هستند. در مخزن واقع در بالادست نیز میزان نفوذ آب در بستر مخزن بسیار زیاد بوده و ظرف چند روز خشک می‌شود.

ارتفاع تراز آب

برای بررسی رفتار نوسانات آب زیرزمینی و تغییرات فصلی، تراز آب زیرزمینی از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ مورد پایش قرار گرفت. برای درک روند بلندمدت تراز آب در مناطق مورد مطالعه، از داده‌های تراز آب زیرزمینی بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ استفاده شد. به عنوان بخشی از این تحقیق، برای پایش تراز آب در قبل و بعد از بارش‌های مانسون، در هر دو حوضه شبکه‌ای از چاه‌های مشاهداتی برای سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۳ ایجاد شد. در هر سال، تراز آب پیش از بارش‌های موسمی به وسیله ماه می، و پس از بارش‌های موسمی به وسیله ماه نوامبر مشخص می‌شود. بالا و پایین رفتن تراز ایستابی بازتاب مستقیم شرایط تغذیه و تخلیه آبخوان است.

در آبخیز واجرالوانکا-ماروواوانکا، تراز آب پیش از بارش‌های موسمی (۲۰۱۳) در عمق ۶/۱ تا ۵۳/۱۶ در نقاط مختلف حوضه متغیر بود. تراز آب در غالب نقاط حوضه دارای عمقی بیش از ۱۰ متر بود. در آبخیز پیتوروواگو، تراز آب پیش از

بارش‌های موسمی، در عمق ۱۷/۴۵ تا ۸۷/۷۵ در نقاط مختلف حوضه متغیر بود. در بیشتر نواحی میان‌دست و ابتدای نواحی پایین‌دست حوضه، تراز آب دارای عمقی بیش از ۱۵ متر بود.

در آبخیز واجرالاوانکا-ماروواوانکا، تراز آب در بعد از بارش‌های موسمی (۲۰۱۳) در عمق ۱/۱ تا ۳۷/۷ در نقاط مختلف حوضه متغیر بود. در حالی که تراز آب در نواحی میان‌دست و پایین‌دست دارای عمق کمی بود، ولی تراز آب در بیشتر قسمت‌های بالادست و بخش‌های کوچک جدا شده از شمال غربی نواحی پایین‌دست، عمق زیادی داشت. در آبخیز پیتوروواگو، تراز آب پیش از بارش‌های موسمی، در عمق ۵/۱ تا ۶۷/۱۸ در نقاط مختلف حوضه متغیر بود. در بیشتر نواحی میان‌دست و ابتدای نواحی پایین‌دست حوضه، تراز آب دارای عمقی بیش از ۱۵ متر بود. در بیشتر قسمت‌های نواحی میان‌دست و پایین‌دست حوضه، تراز آب عمیق وجود داشت.

در نواحی میان‌دست و بالادست آبخیز واجرالاوانکا-ماروواوانکا و در مناطق میان‌دست و پایین‌دست آبخیز پیتوروواگو، مناطقی هستند که تراز آب دارای نوسانات زیادی است. در نواحی بالادست، آبخوان دارای عمق کمی است، زیرا پس از بارش، ابتدا سفره کم عمق تغذیه می‌شود و پس از آن، آبخوان نامحدود و سپس آبخوان‌های زیرزمینی عمیق‌تر تغذیه می‌شوند. در مناطق مورد مطالعه، بیشتر چاه‌های کم عمق در تابستان خشک می‌شوند. در آبخیز واجرالاوانکا-ماروواوانکا، بیشتر چاه‌های بالادست و در آبخیز پیتوروواگو، بیشتر چاه‌های میان‌دست، به دلیل ماهیت کم عمق آبخوان در تابستان خشک می‌شوند.

برآورد تغذیه طبیعی با استفاده از روش LCR

برای مدیریت منابع آب زیرزمینی و ارزیابی میزان آب زیرزمینی قابل برداشت، ضروری است تا میزان تغذیه آبخوان و تغییرات میزان ذخیره آب زیرزمینی به صورت کمی برآورد شود. از رایج‌ترین روش‌ها برای تخمین تغذیه در مناطق سخت‌سنگ می‌توان به مواردی از جمله بیلان آب زیرزمینی، نوسانات تراز آب، بیلان آب خاک

و بیلان جرم کلرید اشاره کرد. همچنین برای کاربرد این روش‌ها طیف وسیعی از داده‌های آب‌شناسی مانند بارش، رواناب سطحی، تبخیر و تغییر در ذخیره‌سازی آب‌های زیرزمینی، و غیره در یک بازه زمانی قابل توجه که در بسیاری از مناطق یا موجود نیستند و یا نمی‌توان به دقت و صحت آن‌ها اطمینان کرد، می‌بایست تجزیه و تحلیل شوند. بنابراین، برای تخمین تغذیه طبیعی در منطقه مورد مطالعه از روش بارش محدود سنگ‌شناسی^۱ استفاده شد. سه پارامتر ورودی این روش عبارتند از: مقاومت خاک، ضخامت ناحیه وادوزی (غیراشباع) و بارش. این روش این مزیت را دارد که میزان تغذیه مجدد را می‌توان به راحتی در میدان با استفاده از تنها سه پارامتر ورودی با دقت قابل قبولی برآورد کرد. لذا، امکان برآوردی مقرون‌به‌صرفه و در زمانی کوتاه‌تر نسبت به سایر روش‌ها را فراهم می‌کند. داده‌های بارش از ایستگاه‌های باران‌سنجی داخل و مجاور حوضه جمع‌آوری شد. مقاومت خاک با استفاده از روش‌های ژئوفیزیک اندازه‌گیری شد و تراز آب نیز به صورت فصلی در سراسر منطقه مورد مطالعه اندازه‌گیری شد. میزان تغذیه طبیعی برای هشت سال، از ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۳ برآورد شد.

مشاهده شد که میزان تغذیه طبیعی بسته به ناهمگنی و ویژگی‌های سنگ‌شناسی منطقه در بخش‌های مختلف حوزه‌های آبخیز متفاوت است. همچنین مشاهده شد که در سنگ‌های سخت تغییرات این ویژگی‌ها حتی در فواصل نزدیک نیز زیاد است. با توجه به تغییرات جزئی ویژگی‌های سنگ‌شناسی در مقیاس‌های زمانی زمین‌شناسی، می‌توان این ویژگی‌های را تقریباً ثابت در نظر گرفت (مثلاً برای ۵۰ سال). بنابراین برای دوره مطالعاتی، میزان بارش تنها پارامتری است که با زمان تغییر می‌کند.

برآورد تغییرات ذخیره آب زیرزمینی (ΔS)

برای تخمین میزان ΔS، تراز آب از طریق شبکه‌ای از چاه‌های مشاهداتی که در منطقه توزیع شده‌اند، طی فصول پیش و پس از بارش‌های موسمی پایش گردید. در

¹ lithologically constrained rainfall (LCR)

طول فصل بارش‌های موسمی، میزان تغذیه بیشتر از استخراج است. بنابراین تفاوت ΔS مربوط به ابتدا و انتهای فصول موسمی بیان‌گر حجم کل آب تغذیه‌شده به آبخوان است.

مشاهدات نشان داد که میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی بیشتر از میزان تغذیه سالانه به آبخوان است که در هر دو حوضه دلیل آن می‌تواند بارش کمتر نسبت میانگین بارش سالانه باشد. همچنین مشاهده شد که در طی چرخه آب‌شناسی، مقدار ΔS از ژوئن تا دسامبر ۲۰۱۲ مثبت است. دلیل این امر را می‌توان به تغییرات کاربری زمین‌های کشاورزی از کشت آبی به باغبانی در نواحی بالادست حوزه‌های آبخیز واجرالوانکا-ماروواوانکا و نیز کل حوزه آبخیز پیتوروواگو نسبت داد.

پیوندها

مشاهدات

در مناطق مورد مطالعه نوع خاک لایه رویی شامل لوم رسی، لوم قرمز و لوم شنی است که ضخامت آن متفاوت است. ضخامت خاک در حوزه آبخیز واجرالوانکا-ماروواوانکا بین ۰/۷ تا ۲/۴ متر، و در حوزه آبخیز پیتوروواگو بین ۰/۴ تا ۲/۶ متر متغیر است. مقاومت ظاهری خاک نیز در حوزه آبخیز واجرالوانکا-ماروواوانکا بین $274 \Omega m$ تا $41 \Omega m$ متغیر است. در حوزه آبخیز واجرالوانکا-ماروواوانکا، ضخامت خاک در نواحی بالادست و بعد از آن در نواحی پایین‌دست، زیاد است. درحالی‌که در حوزه آبخیز پیتوروواگو ضخامت خاک در بخش‌های پایینی مناطق بالادست، شروع نواحی میان‌دست و بخش‌های پایینی مناطق پایین‌دست دارای خاک بالاست. در فرایند آب‌شناسی مناطق مورد مطالعه، این نواحی عهده‌دار کنترل نرخ نفوذ هستند. بر همین اساس، مناطق دارای پوشش خاک که در پی آن سنگ سخت قرار دارد، برای هیچ مداخله‌ای مناسب نیستند. در حوزه آبخیز واجرالوانکا-ماروواوانکا این شرایط در نواحی بالادست و میان‌دست،

----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۶۵

و در حوزه آبخیز پیتوروواگو نیز این شرایط را می‌توان در بخش‌های پایینی نواحی بالادست، از شروع تا مرکز مناطق میان‌دست، و بخش پایینی مناطق میان‌دست مشاهده کرد.

براساس بررسی‌های ژئوفیزیکی، در هر دو منطقه مورد مطالعه، آبخوان متشکل از دو لایه یعنی زون‌های هوازده و شکسته است. ضخامت و مقاومت ناحیه هوازده دارای تفاوت‌هایی به شرح زیر است: در مناطقی که لایه هوازده دارای ضخامتی بین ۴/۵ تا ۲۰ متر است، محدوده تغییرات مقاومت بین چهار تا ۲۲۳ Ωm و در مناطقی که ضخامت لایه هوازده بین ۴/۱ تا ۱۳/۸ متر است، محدوده تغییرات مقاومت بین سه تا ۱۳۱ Ωm است. به همین ترتیب، ضخامت و مقاومت الکتریکی ناحیه شکسته یا شکاف‌دار دارای تفاوت‌هایی به شرح زیر است: در مناطقی که لایه شکسته دارای ضخامتی بین هشت تا ۷۱ متر است، محدوده تغییرات مقاومت بین ۱۱۵ تا ۱۶۱۶ Ωm و در مناطقی که ضخامت لایه شکسته بین هشت تا ۳۲ متر است، محدوده تغییرات مقاومت بین ۲۵۲ تا ۱۲۷۵ Ωm می‌باشد. در زیر این دو لایه، سنگ کف قرار دارد که ضخامت آن در حوزه‌های آبخیز واجرالوانکا-ماروواوانکا و پیتوروواگو به ترتیب معادل ۱۰ تا ۸۳ متر و ۱۲ تا ۴۵ متر است.

در مناطق مورد مطالعه ضخامت لایه‌های هوازده و شکسته به سه کلاس کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی کرد. در حوزه آبخیز واجرالوانکا-ماروواوانکا، لایه هوازده عمده‌تاً ضخامت متوسطی دارد ولی در نواحی بالادست، بخش‌های شمال‌غرب نواحی میان‌دست و بخش‌های کم‌ارتفاع‌تر نواحی پایین‌دست ضخامت لایه هوازده کم و در بخش مرکزی نواحی پایین‌دست ضخامت این لایه زیاد است. لایه شکسته نیز در بیشتر قسمت‌های بالادست و جنوب‌غرب نواحی پایین‌دست قابل مشاهده است. لایه شکسته در بیشتر قسمت‌های میان‌دست و بخش مرکزی مناطق پایین‌دست ضخامت متوسطی دارد و لایه شکسته عمیق را در کناره‌های بخش جنوب‌غرب نواحی میان‌دست و پایین‌دست، و یک قسمت مجزا از نواحی میان‌دست می‌توان مشاهده

کرد. عمق نقشه سنگ کف در حوزه آبخیز واجرالاولانکا-ماروواوانکا دارای یک شکل هلالی است که سنگ کف در بخش بالایی هلال کم عمق و به دنبال آن ضخامت سنگ کف متوسط و عمیق می شود.

در حوزه آبخیز پیتوروواگو، ضخامت لایه هوازده در شروع نواحی بالادست زیاد است که تا روستای حسنپورام^۱ ادامه می یابد و به دنبال آن لایه هوازده با ضخامت متوسط و کم قرار دارند. ضخامت لایه هوازده در نواحی میان دست از کم تا متوسط متغیر است، در حالی که در نزدیکی روستای لاکسمپورام^۲ یک زون بالای مجزا وجود دارد. در نواحی پایین دست و نزدیک به روستای چتیچرلا^۳، ضخامت لایه هوازده متوسط و به دنبال آن لایه هوازده با ضخامت زیاد قرار دارد. در بخش فوقانی ناحیه بالادست، یک لایه شکسته با ضخامت نسبتاً زیاد تا روستای موتاراجوپالی^۴ وجود دارد و به دنبال آن، لایه شکسته با ضخامت کم قرار دارد. ضخامت لایه شکسته از نزدیک روستای سانتیناگار^۵ افزایش یافته و سپس تا انتهای نواحی میان دست، ضخامت این لایه از متوسط به کم کاهش می یابد. در نواحی پایین دست، ضخامت لایه شکسته از ابتدا تا انتهای این ناحیه به تدریج افزایش می یابد. در حوزه آبخیز پیتوروواگو، ارتفاع عمق تا سنگ کف از ۱۲ تا ۴۵ متر متغیر است. در مرکز نواحی میان دست، یک سنگ کف کم عمق تا عمیق وجود دارد که سپس عمق سنگ کف به تدریج به سمت انتهای نواحی میان دست کاهش می یابد. عمق سنگ کف در نواحی پایین دست دارای روند افزایشی است.

¹ Hasnapuram

² Laxmipuram

³ Chetticherla

⁴ Muttarajupalli

⁵ Santhinagar

مفاهیم توسعه پایدار آبخیز

در هر دو منطقه مورد مطالعه، تغذیه مجدد آبخوان در لایه هوازده با ضخامت بیش از پنج متر از طریق روش‌های پخش آب نظیر چکدم‌ها، مخازن نفوذ^۱ و آبگیرهای مزرعه^۲ امکان‌پذیر است. در هر دو منطقه مورد مطالعه، بخش‌هایی که دارای آبخوان‌های دارای لایه شکسته عمیق هستند، برای تغذیه مصنوعی از طریق چاه‌های تزریق ایده‌آل هستند. در مناطق مورد مطالعه، نوع و ضخامت خاک برای اجرای موفق فعالیت‌های مدیریت یا احیای آبخیز مهم هستند. در مناطقی که ضخامت لایه هوازده کم و متوسط است، بارش پس از نفوذ بیشتر رواناب کم‌عمق زیرسطحی را ایجاد کرده و پیامدهای این امر در پوشش خاک یا بستر رودخانه‌های مجاور ظاهر می‌شود. این شرایط در حوزه آبخیز پیتوروواگو در مجاورت مخزن پنچیکالاپادو^۳ مشاهده شد که مخزن تنها ظرف چند روز پس از بارش، خشک می‌شود.

در منطقه مورد مطالعه مشخص شد که لایه هوازده با ضخامت زیاد بیشترین میزان نفوذ را برای اشباع آبخوان‌های هوازده و شکسته فراهم می‌کند. به همین ترتیب، در مناطقی که ضخامت لایه شکسته کم و متوسط است، اتصالات شکستگی‌ها کمتر بوده و منجر به آبدهی متوسط تا کم می‌شود. از سوی دیگر، در بخش‌هایی از منطقه مورد مطالعه که ضخامت لایه شکسته زیاد است، اتصالات شکستگی‌ها نیز بیشتر و در نتیجه آبدهی نیز بیشتر است.

بنابراین برای طراحی و اجرای تصمیمات و برنامه‌های مدیریت آبخیز، شناخت دقیق هندسه و ویژگی‌های زیرسطحی آبخوان در مقیاس حوزه آبخیز به ویژه در مناطق صخره‌ای سخت، ضروری است. به‌علاوه وجود آب سطحی کافی و نیز آبخوان‌های با ماهیت مناسب پیش‌نیاز مداخلات آبخیز بوده و تناسب آبخوان از نظر نفوذپذیری و حجم فضای ذخیره‌سازی نیز ضروری است. البته، همانطور که

¹ percolation tanks

² farm ponds

³ Penchikalapadu

نفوذپذیری کم میزان تغذیه آبخوان را کاهش می‌دهد، نفوذپذیری بسیار بالا نیز به دلیل رواناب زیرسطحی زیاد منجر به از دست رفتن آب تغذیه می‌شود که در حوزه آبخیز پیتوروواگو، چنین وضعیتی در مجاورت مخزن پنچیکالاپادو قابل مشاهده است.

مشاهدات

برای اطلاع از جهت جریان و شناسایی مناطق با بهره‌برداری مفرط نیاز به برخی از ویژگی‌های فیزیکی نظیر نفوذپذیری و شیب تراز آب است. در هر دو منطقه مورد مطالعه، مشاهده شد که بین سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۳، تراز آب در هر دو فصل در حال کاهش است. این نشان می‌دهد که در مناطق مورد مطالعه، کشاورزان در حال بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی استاتیک هستند. تراز آب آبخوان در بخش‌های میان‌دست و بالادست حوزه آبخیز واجرالوانکا-ماروواوانکا و نیز بخش‌های میان‌دست و پایین‌دست حوزه آبخیز پیتوروواگو دارای نوسانات زیادی است.

مفاهیم

مداخلات موردنیاز بخش هوازده متفاوت از مداخلات بخش شکسته است. در هر دو آبخیز آب زیرزمینی از آبخوان‌های عمیق زیرزمینی برداشت می‌شود. در چنین مناطقی، روش تزریق نتایج مطلوبی را برای تغذیه مجدد آبخوان خواهد داشت. در این روش، برای تسهیل تزریق آب باران، ممکن است از چاه‌های تزریق^۱ یا چاه‌های لوله کم‌عمق^۲ استفاده شود. در بالادست آبخیز واجرالوانکا-ماروواوانکا و در کارادیکوندا^۳، عمق آبخوان کم است. در چنین مناطقی، برای تغذیه آب زیرزمینی می‌توان از روش‌های پخش آب مانند چکدم، مخازن نفوذ و آبیگرهای مزرعه استفاده کرد.

¹ injection bore wells

² shallow tube wells

³ Karadikonda

مشاهدات

روند نوسانات تراز آب که به طور مستقیم تغییرات ذخیره آب زیرزمینی در یک منطقه را معین می‌کند، عامل کلیدی در بررسی تغذیه آب زیرزمینی است. مشاهده می‌شود که میزان تغذیه طبیعی آب زیرزمینی در سراسر منطقه مورد مطالعه متفاوت است. این موضوع بیان‌گر آنست که سنگ‌های سخت منطقه ناهمگن هستند و ویژگی‌های سنگ‌شناسی در فواصل کوتاه تغییرات زیادی دارند.

تخمین کیفی تغییر ذخیره آب زیرزمینی برای مواردی همچون مدیریت توسعه منابع آب زیرزمینی و بررسی میزان آب زیرزمینی قابل برداشت بدون نیاز به تغذیه بیش از حد (مصنوعی)، اهمیت دارد. این امر در مناطقی که تقاضا برای منابع آب زیرزمینی بالاست و این آب‌ها کلید توسعه اقتصادی محسوب می‌شوند، اهمیت دوچندانی دارد. در مناطق مورد مطالعه، مقادیر ΔS از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ دارای یک روند کاهشی پیوسته است که بیان‌گر آنست که میزان برداشت سالانه آب زیرزمینی بیش از تغذیه سالانه است. این یک وضعیت هشداردهنده است. با این حال، مقادیر ΔS در بازه ژوئن ۲۰۱۲ تا دسامبر ۲۰۱۳ مثبت است، که می‌تواند به دلیل تغییر الگوی کشت از محصولات آبی به باغی در بخش‌های بالادست آبخیز واجرالوانکا- ماروواوانکا و نیز کل آبخیز پیتوروواگو باشد.

مفاهیم

از این رو، برآورد میزان تغذیه ناشی از بارش (R) برای توسعه سیاست‌های تخصیص آب زیرزمینی دارای اهمیت زیادی است. برای اطمینان از خشک‌نشدن چاه‌ها، میزان مصرف سالانه آب زیرزمینی باید کمتر از میزان تغذیه باشد. بنابراین، برای پایداری آبخوان‌های زیرزمینی، سیاست‌های تخصیص باید به گونه‌ای باشند که میزان تخصیص (A) کمتر از میزان تغذیه (R)، و میزان استفاده واقعی (U) کمتر از میزان تخصیص باشد، یعنی $R > A > U$.

رویکردهای مدیریت پایدار منابع

در سال‌های اخیر در هر دو منطقه مورد مطالعه، میزان وابستگی به منابع آب زیرزمینی به دلیل تغییرات موسمی و کمبود آب‌های سطحی به شدت افزایش یافته است. علاوه بر این، استخراج آب‌های زیرزمینی نیز بیشتر از تغذیه طبیعی ناشی از بارش بوده است. با فرض آبخوان حوضه به عنوان یک مخزن بزرگ طبیعی زیرزمینی، واضح است که استخراج بیش از حد آب در یک بخش از حوضه به طور مستقیم بر منابع آب کل حوضه تأثیرگذار است. لذا، برای توسعه آب‌های زیرزمینی، باید برنامه‌ریزی گسترده‌ای را برای کل حوضه انجام داد. برای پایداری منابع آب زیرزمینی، باید یک تعادل آب‌شناسی بین تمامی آب‌های ورودی و خروجی از حوضه برقرار باشد. عدم تعادل بین تخلیه آب زیرزمینی که سریع و بیش از حد است، با تغذیه آب زیرزمینی که آهسته و اندک است را باید از طریق طراحی سامانه‌های تغذیه مصنوعی کاهش داد و تا حدی تعدیل کرد.

برای سامانه‌های تغذیه مصنوعی رعایت الزاماتی شامل موجود بودن رواناب غیرمتعهد (وجود رواناب مازاد)، مکان‌یابی مناسب، و طراحی ساختارهای تغذیه مبتنی بر ویژگی‌های منطقه ضروری است. تغذیه مجدد تنها در صورتی مؤثر خواهد بود که سازند زیرسطحی و زیرزمینی، دارای عمق کم و فضای کافی برای نگهداری آب باشد. علاوه بر این، میزان تخلخل، نگهداشت، و ظرفیت رهاسازی آب سازندها و ساختارهای زمین‌شناسی بستگی به میزان گسل‌ها، شکستگی‌ها و چین‌خوردگی‌ها دارد. به همین ترتیب، ویژگی‌های خاک سطحی مانند ظرفیت نفوذ، شیب زمین و تراکم زهکشی، تعیین‌کننده مدت زمان لازم برای فرصت نفوذ بوده و در نتیجه نرخ تغذیه مجدد به آبخوان را تعیین می‌کنند. از این رو، مکان‌یابی مناسب برای تغذیه، یک گام مهم در برنامه‌ریزی تغذیه مصنوعی محسوب می‌شود.

مناطق مورد مطالعه را می‌توان براساس هندسه آبخوان، به سه ناحیه طبقه‌بندی کرد: (۱) ناحیه هوازده و شکسته با عمق متوسط تا زیاد که برای اقدامات تغذیه

مصنوعی با استفاده از روش‌های پخش آب مناسب است (۲) مناطق با شکستگی عمیق، که برای روش‌های تغذیه مصنوعی نظیر روش‌های تزریق مناسب است و (۳) مناطق با سنگ کف بسیار کم عمق که برای هیچ مداخله‌ای مناسب نیستند. براساس رتبه آبراهه، مخازن نفوذ را می‌توان در مناطق با رتبه آبراهه یک تا سه که در نقشه با زون یک مشخص شده است، پیشنهاد کرد، در حالی که چکدم‌ها را در مناطقی که توپوگرافی به دشت می‌رسد، می‌توان پیشنهاد کرد. چاه‌های تزریقی ترجیحاً در بستر رودخانه‌های مناطق متعلق به ناحیه دوم پیشنهاد می‌شوند. همچنین، مداخلاتی مانند آبیگرهای مزرعه، مسدود کردن خندق‌ها و ترانشه کنترلی را نیز می‌توان علاوه بر تغذیه آب‌های زیرزمینی، برای حفظ رطوبت مورد نیاز خاک در فصول خشک نیز در نظر گرفت. منطقه سوم برای هیچ کدام از انواع مداخله تغذیه مصنوعی مناسب نیست، زیرا هر مقدار ورودی (تغذیه آب) ممکن است سبب خروج و جریان سطحی آب در اندکی پایین‌تر شود. در ادامه، ابزار پشتیبانی تصمیم^۱ که حتی برای افراد غیرمتخصص نیز قابل استفاده است، ارائه می‌شود.

ابزار پشتیبانی تصمیم

تخصیص عادلانه آب‌های سطحی و زیرزمینی در حوزه‌های آبخیز: برنامه‌ریزی و بررسی توسعه آبخیز با استفاده از EWAC

سازمان‌های دولتی و غیردولتی هند داده و ابزار مناسب برای برنامه‌ریزی، اجرا و ارزیابی پروژه‌های توسعه آبخیز (WSD) را در اختیار ندارند. از آنجاکه این مؤسسات به‌ندرت دارای متخصصان داخلی مورد نیاز برای انجام مدل‌سازی پیچیده و یکپارچه آب‌شناسی هستند، لذا نیاز به ابزارهای ساده‌ای است تا به‌وسیله افراد غیرمتخصص که تنها اصول مدیریت آبخیز را درک می‌کنند، در تصمیم‌گیری استفاده شوند. اگرچه

¹ decision support tool

بخش دولتی دارای همه تخصص‌ها در سازمان‌های مختلف است، اما تلفیق و هماهنگی آن‌ها در یک برنامه خاص دشوار است.

EWAC چیست؟

تخصیص عادلانه آب سطحی و زیرزمینی در حوزه‌های آبخیز^۱ یا به اختصار EWAC یک ابزار پشتیبانی تصمیم‌گیری رایانه‌ای مبتنی بر نرم‌افزار اکسل است که اخیراً توسعه یافته و برای کمک به برنامه‌ریزی منابع آب برای حوزه‌های آبخیز متوسط مقیاس طراحی شده است. EWAC برای ارزیابی سناریوهای توسعه آبخیز و مباحث تخصیص آب در مقیاس وسیع‌تر و سبک و سنگین کردن^۲ به شیوه‌ای تعاملی، از یک مدل توزیعی جفتی جزئی^۳ آب سطحی یا زیرزمینی استفاده می‌کند. این مدل برای بررسی تغییر کاربری اراضی و رژیم‌های اقلیمی حوزه آبخیز نیز مناسب است. سناریوهای اقدامات مدیریتی مطرح در EWAC شامل مداخلات تغذیه، تغییر در الگوهای کشت و شیوه‌های آبیاری است.

سادگی و کاربردی بودن مدل که باعث افزایش کارایی آن می‌شود، برای سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان و دست‌اندرکاران از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین هدف این است که مدل‌ها تا حد امکان ساده و کاربرپسند بوده و با حداقل داده‌ها نیز قابل اجرا باشند. احتمالاً کاربران EWAC، افرادی خواهند بود که مشکلات و مفاهیم اولیه زیست‌فیزیکی (اقلیم‌شناسی، هیدرولوژی، زراعت و غیره) را به خوبی درک می‌کنند، اما خود را متخصص در مدل‌سازی شبیه‌سازی کمی نمی‌دانند.

EWAC چگونه کار می‌کند؟

این مدل مبتنی بر اصل حفظ جرم است (یعنی مجموع ورودی‌های آب با مجموع خروجی‌ها و تغییرات ذخیره سامانه مطابقت داده می‌شود). مرزهای آب‌شناسی منطقه

¹ Equitable surface and ground Water Allocations in Catchments (EWAC)

² trade-offs

³ partially coupled distributed model

مطالعاتی براساس داده‌های مدل رقومی ارتفاع و فرمت رستری به مدل معرفی می‌شود. دامنه مدل توزیع فضایی به صورت شبکه‌ای از پیکسل‌ها است که چهار نوع پوشش زمین را متمایز می‌کند: پیکسل‌های غیرقابل نفوذ، پیکسل‌های زهکشی، پیکسل‌های ذخیره آب سطحی و پیکسل‌های پوشش گیاهی. در این مدل، محاسبه اجزای مختلفی همچون تبخیر و تعرق، رواناب، رطوبت خاک، تغذیه، جریان آب زیرزمینی و میزان مصرف از طریق ساده‌ترین معادلات و الگوریتم‌های ممکن است. تبخیر و تعرق محصولات زراعی و سطح آب آزاد با استفاده از معادله استاندارد پنمن - مانتیث^۱ برآورد می‌شود. رواناب سطحی با استفاده از روش شماره منحنی سرویس حفاظت خاک^۲ تعیین می‌شود. ذخیره رطوبت خاک با استفاده از معادله بیلان آب خاک تعیین می‌شود و تغذیه مجدد مبتنی بر مازاد بر ظرفیت مزرعه خاک محاسبه می‌شود. جریان آب زیرزمینی با روش تفاضل محدود صریح^۳ توصیف می‌شود. آبخوان به صورت نامحدود با ویژگی‌های همگن و همسان فرض می‌شود. از آب می‌توان به صورت آب‌های سطحی یا زیرزمینی استفاده کرد. توزیع مجدد آب با پمپاژ نیز به روشی ساده انجام می‌شود که به موجب آن آب پمپاژ شده از یک سلول شبکه به صورت محلی استفاده می‌شود. بنابراین تنها انتقال عمودی آب در نظر گرفته می‌شود. در مورد چاه‌های پمپاژ، آب در مجاورت چاه استفاده شده و فاصله انتقال زیاد نیست. مصارف خانگی، دامی و صنعتی آب را بدون جریان برگشت و به‌طور کامل مصرف می‌کنند، در حالی که مصرف آب برای آبیاری می‌تواند جریان برگشتی داشته باشد. فعل و انفعالات آب‌های زیرزمینی و سطحی به تغذیه (به سمت پایین) و پمپاژ (انتقال به سمت بالا) محدود می‌شود.

داده‌های موردنیاز برای اجرای EWAC شامل داده‌های اقلیم، توپوگرافی، ویژگی‌های خاک، کاربری زمین، ویژگی‌های محصول، آب‌زمین‌شناسی و توسعه

¹ Penman-Monteith equation

² Soil Conservation Service Curve Number method

³ explicit finite difference method

آبخیز است. ورود داده با استفاده از فایل‌های رستری GIS و فایل‌های متنی ASCII انجام می‌شود. بسیاری از داده‌های ورودی، مانند تصاویر DEM و سنجش از دور را می‌توان به راحتی و رایگان از منابع آنلاین تهیه کرد و بعضی داده‌ها را نیز می‌توان از مرور منابع مرتبط تهیه و یا با استفاده از قاعده سرانگشتی^۱ تقریب زد.

کاربرد و اجرای مدل

مدل EWAC در دو آبخیز تلانگانا^۲ و آندراپرادش مورد استفاده و آزمایش قرار گرفت. برای کالیبره کردن مدل، ابتدا مدل در حوضه کوچک مقیاس کوتاپالی^۳ که دارای مجموعه داده‌های فراوانی است و به وسیله ICRI SAT مدیریت می‌شود، اجرا شد و نتایج حاصل با SWAT مقایسه شد تا مشخص شود که فرایندهای درون مدل به اندازه کافی نشان داده شده‌اند. سپس این مدل برای آبخیز متوسط مقیاس پیتوروواگو در ناحیه پراکاشام^۴ مورد استفاده قرار گرفت و با مشاهدات میدانی مقایسه شد.

رفتار مدل از لحاظ تراز آب زیرزمینی تصویر می‌شود زیرا می‌توان آن‌ها را به راحتی با داده‌های اندازه‌گیری شده مقایسه کرد. علاوه بر این، آن‌ها یک نشانه کلی خوب از عملکرد مدل هستند زیرا تغییرات ذخیره در آبخوان را به عنوان تابعی از رواناب سطحی، تبخیر و تعرق، تغذیه مجدد و پمپاژ منعکس می‌کنند. مقایسه هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده چاه‌های مشاهداتی منتخب در یک دوره پنج ساله (۲۰۰۵-۲۰۰۹) نشان می‌دهد که ویژگی‌های خاص چاه‌های منفرد خیلی خوب منعکس نشده است. اعتقاد بر این است که این موضوع به دلیل ساده‌سازی‌های مدل به ویژه از نظر الگوهای ثابت آبیاری سالانه است. برای پویا در نظر گرفتن تقاضا آبیاری نیاز است که وضعیت محصولات با دقت مناسبی شبیه‌سازی شود که خارج از قابلیت این مدل است.

¹ rule of thumb

² Telangana

³ Kothapally

⁴ Prakasham

مدل و داده‌های مشاهداتی نشان می‌دهند که طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹، تراز آب‌های زیرزمینی به تدریج کم‌عمق شده است. این روند احتمالاً به دلیل افزایش تغذیه ناشی از سازه‌های توسعه آبخیز، و تغییر الگوهای کشت و استفاده عاقلانه‌تر از آب‌های زیرزمینی است که در پروژه APFAMGS با تمرکز بر مدیریت آب‌های زیرزمینی مبتنی بر جامعه به اجرا درآمده‌اند. جریان آب زیرزمینی در کل حوضه نیز با دقت بسیار بالای و خطای بیشینه دو متر به وسیله مدل برآورد شد.

خروجی‌های سری زمانی شبیه‌سازی شده مربوط به اجزای مختلف بیلان آب و نیز وقایع رواناب (کمیاب و کوتاه مدت) حاکی از واکنش معقول به الگوی بارش در طول دوره شبیه‌سازی هستند. میانگین ضریب رواناب ۰/۱ و دامنه تغییرات آن از کمتر ۰/۱ تا ۰/۷ است. معمولاً تبخیر و تعرق در طول فصل زراعی افزایش می‌یابد و انطباق خوبی با کمینه دمای هوا و بارش دارد که حاکی از تأثیر زیاد این دو عامل بر تبخیر و تعرق است. با وجود همبستگی بین تبخیر و تعرق بالا با دماهای گرم‌تر و آبیاری بیشتر، وقایع بارش متوسط نسبت به طوفان‌های بزرگ نقش بیشتری را در تبخیر و تعرق عهده‌دار هستند.

عمده تغذیه آب‌های زیرزمینی مربوط به ماه‌های ژوئن تا نوامبر است که بارش‌های موسمی جنوب غربی غالب بوده و میزان تبخیر و تعرق نیز در حداکثر است. آزمایش نرخ نفوذ خاک در چند سازه اصلی تغذیه حوضه حاکی از پتانسیل نفوذ بالا (۴-۴۹ میلی‌متر در ساعت) است که نشان می‌دهد وقایع بارش با شدت کم تغذیه آب زیرزمینی را بیش از شرایط خاک محدود می‌کند.

پتانسیل استفاده از مدل برای ارزیابی گزینه‌های مختلف مدیریت و تعداد محدودی از سناریوها که ماهیت نسبتاً عمومی دارند، مورد آزمایش قرار گرفت. اثرات این سناریوها بر فرایندهای آب‌شناسی و به‌ویژه از لحاظ آب موجود در بخش اجزای اصلی بیلان آب مورد بررسی قرار گرفت. در سناریو پایه، توسعه آبخیز و آبیاری قرار نداشت و سه سناریوی دیگر شامل آبیاری اما بدون توسعه آبخیز، با توسعه آبخیز

اما بدون آبیاری، و در نهایت با آبیاری و توسعه آبخیز همراه با کاهش ۱۰ درصدی بارش بودند.

نتایج نشان می‌دهد که اقدامات مدیریت آب و اراضی تأثیر زیادی بر مؤلفه‌های بیلان آب حوضه دارند. قبل از معرفی برنامه توسعه آبخیز، تقریباً ۷۶ درصد بارش صرف تبخیر و تعرق، ۱۵ درصد صرف تغذیه به آبخوان، و هفت درصد نیز از حوضه خارج می‌شد. با اجرای برنامه توسعه آبخیز، تبخیر و تعرق، رطوبت خاک و تغذیه آب زیرزمینی همگی افزایش یافتند، اما رواناب سطحی حوضه از ۳۹ به ۳۱ میلی‌متر در سال کاهش یافت. با فرض خشکی ناشی از تغییر اقلیم در آینده، کاهش ۱۰ درصدی بارش سالانه منجر به کاهش ۲۳ درصدی رواناب سطحی و کاهش ۱۸ درصدی میزان تغذیه خواهد شد.

بنابراین با استفاده از ابزار شبیه‌سازی و مدل‌سازی یکپارچه آب سطحی و زیرزمینی، می‌توان میزان منابع آب سطحی و زیرزمینی موجود را به‌صورت ماهانه برای طیف وسیعی از سناریوهای مختلف مربوط به مداخلات آبخیز، کاربری زمین و اقلیم ارزیابی کرد.

با توجه به مسائل مربوط به مقیاس و مباحث مرتبط با سبک و سنگین کردن برنامه‌های توسعه آبخیز و همچنین محدودیت ابزارهای موجود برای حمایت از ارزیابی و طراحی برنامه‌های توسعه آبخیز لازم است تا از یک رویکرد گسترده‌مقیاس و عملی برای توسعه قوی‌تر و عادلانه‌تر برنامه‌های توسعه آبخیز استفاده شود. از آنجاکه مدل EWAC فرمول‌بندی ساده‌ای دارد، مدل عمومی محسوب شده و نیاز به مقادیر محدودی داده برای اقلیم، توپوگرافی، خاک، کاربری زمین، آب‌زمین‌شناسی و مداخلات حوزه آبخیز دارد که معمولاً می‌توان آن‌ها را از منابع دیگر تهیه کرد. عملکرد مدل از لحاظ مؤلفه‌های آب زیرزمینی که به راحتی قابل تأیید است، منطقی است. رواناب سطحی و تبخیر و تعرق را می‌توان به خوبی شبیه‌سازی کرد. به‌طورکلی این

----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۷۷

مدل می‌تواند ابزار مناسبی برای ارزیابی اثرات بالقوه توسعه در حوضه باشد، ولذا ابزاری است که با آن می‌توان طراحی و اجرای راهبردهای توسعه آبخیز را ارتقا داد.

فعالیت‌ها

- شرکت‌کنندگان گروه‌هایی را تشکیل داده و در مورد مطالب زیر بحث کنند:
- الف) تجربه شخصی خود را از پاسخ به کوئیز، ارتباط آن و میزان افزایش آگاهی به اشتراک بگذارید.
- ب) تجربه شخصی خود را از اطلاعات ژئوآب‌شناسی که معمولاً در پروژه‌های توسعه آبخیز مورد استفاده قرار می‌گیرند به اشتراک بگذارید.
- ج) در مورد این‌که معمولاً در پروژه‌های توسعه آبخیز شما فرایند انتخاب مداخلات (تعداد و مکان) چگونه است، بحث کنید.

فصل ۵- بخش چهار: محتوای زیست‌فیزیکی مناطق مورد مطالعه

راتنا ردی^۱، سایم^۲، و تالاپراگادا^۱

^۱ مؤسسه مدیریت معیشت و منابع طبیعی، حیدرآباد، هند

^۲ دانشگاه ادیت کوان، پرت، استرالیا

مقدمه

برای اطمینان از توسعه پایدار آبخیز، یک عامل کلیدی این است که انتخاب مداخلات بهینه آبخیز با توجه به نیازهای بوم‌سازگان‌ها، سامانه‌های کشاورزی و زیرساخت‌های آبی موجود انجام شود. در این رابطه، منابع زیست‌فیزیکی مانند بارش، نوع خاک، شیب و کاربری زمین، همراه با توپوگرافی و آبخوان، نقش مهمی ایفا می‌کنند. مداخلات آبخیز ضمن این‌که مبتنی بر منابع زیست‌فیزیکی موجود حوضه هستند، در یک مقیاس فضایی بر در دسترس بودن جریان‌های آب سطحی و زیرزمینی نیز تأثیر می‌گذارند و هر اقدام انحرافی که سبب تغییر در آب پایین‌دست شود، ممکن است تضاد و درگیری بین کاربران بالادست و پایین‌دست را در پی داشته باشد. در مورد سامانه‌های ذخیره آب در مقیاس بزرگ، موارد متعددی از درگیری‌های بالادست-پایین دست ثبت شده است. اما این شواهد در مورد تأثیرات مشابه برای مداخلات حوزه آبخیز (در صورت وجود) هنوز به طور کامل درک و ارزیابی نشده‌اند. برای ماهیت و تراکم مداخلات حوزه آبخیز باید برنامه‌ریزی مناسب صورت پذیرد و باید مد نظر داشت که این مداخلات نباید تغییرات زیادی در سامانه آب‌شناسی فعلی ایجاد کنند. طراحی مناسب باعث بهبود ظرفیت نگهداشت آب در خاک شده و ظرفیت ذخیره آب سازه‌های موجود و جدید را افزایش خواهد داد. با این وجود، باید هماهنگی مناسبی بین مداخلات جدید با سازه‌های ذخیره‌سازی فعلی وجود داشته باشد.

¹ Livelihoods and Natural Resources Management Institute, Hyderabad, India.

² Edith Cowan University, Perth, WA, Australia.

هدف

این بخش در نظر دارد تا با تلفیق اطلاعات ویژگی‌های زیست‌فیزیکی و حساسیت‌های اجتماعی و اقتصادی، یک مبنای علمی را برای انتخاب مداخلات مناسب و بهینه‌سازی هزینه‌ها و منافع ارائه کند. بر این اساس متخصصان می‌توانند فرصت‌های بهینه‌سازی سازه‌های توسعه آبخیز را بدون به خطر انداختن ذخیره بالقوه آب و جنبه‌های توزیع تشخیص دهند.

این بخش یک نگاهی اجمالی دارد به تجزیه و تحلیل کاملی که در این راستا انجام گرفته است. به‌طور کلی، این بخش بیان‌گر استفاده از اطلاعات علمی برای تعیین تعداد بهینه سازه مبتنی بر برآورد آب موجود در آبخیز است.

مقاصد

۱. تبیین اهمیت تمرکز بر شرایط خاک و کاربری زمین برای طراحی مداخلات در برنامه‌های توسعه آبخیز در اقلیم‌های مختلف.
۲. تشریح پیامدهای نامطلوب ناشی از مداخلات بدون طراحی یا با طراحی نامناسب در مناطق با بارش کم تا متوسط.
۳. برجسته کردن مباحث مرتبط با "طراحی خالص" با همان شیوه‌ای که در برخی سازمان‌ها انجام می‌شود.
۴. معرفی مدل‌هایی که برای بهبود طراحی مداخلات، داده‌های بارش، خاک و کاربری زمین را تحت سناریوهای مختلف استفاده می‌کنند.

روش‌شناسی

این بخش از مفاهیم زیست‌فیزیکی استفاده می‌کند تا ویژگی‌ها و دلایل مسائل مشاهده‌شده در سایت‌های مطالعه موردی را توضیح دهد. برای بررسی اثرات زیست‌فیزیکی بر رواناب سطحی و تغذیه از مدل‌های خاصی استفاده شده است.

همچنین، از تجزیه و تحلیل اطلاعات علمی، مشاهدات و نظرات برای ترسیم مفاهیم و تبیین ضرورت کاربست یک رویکرد علمی برای توسعه آبخیز استفاده شده است.

زمینه

برنامه‌های آبخیز در نظر دارند تا معیشت جوامع روستایی را از طریق پایداری سامانه‌های تولید دیم ارتقا دهند. این امر از طریق فرصت‌هایی که به وسیله مداخلات مناسب مدیریتی و حفاظت از منابع طبیعی برای استفاده بهتر از آب ایجاد می‌شود، صورت می‌گیرد. دستیابی به هدف فوق مستلزم برنامه‌ریزی دقیق و تطبیق نیازهای سامانه تولید با فرصت‌های موجود در آبخیز بدون تخریب منابع طبیعی است. از آنجاکه ویژگی‌های هر آبخیز متفاوت از سایر حوضه‌هاست، لذا طراحی مداخلات باید براساس نیازها و ویژگی‌های منحصر به فرد آبخیزها انجام شود. اهمیت مفرط به یک مداخله بدون در نظر گرفتن نیازهای کلی آبخیز می‌تواند عواقبی همچون عدم تحقق منافع مدنظر، هدررفت پول و ایجاد مشکلات جدید را در پی داشته باشد.

موارد متعددی از طراحی و اجرای حوزه‌های آبخیز در نبود بررسی‌های جامع موجود است. قابل توجه است که حوزه‌های آبخیز مختلف در مناطقی واقع شده‌اند که از لحاظ ویژگی‌های فیزیکی مانند ارتفاع، آبراهه، خاک، پوشش گیاهی و پیکره‌های آبی متفاوت بوده و از لحاظ اقلیمی نیز بارش و دمای متفاوتی دارند. در هند معمولاً گستره یک آبخیز ۵۰۰۰ هکتاری شامل تعدادی روستا (حدود چهار تا شش) است که خانوارهای متعددی دارند که به آبخیز وابسته‌اند. از آنجاکه روستا کوچک‌ترین سطح اداری است که هیئت حاکمه منتخب خود را دارد، لذا زمینه‌ای برای تضاد بین کمیته آبخیز^۱ و سامانه‌های حکومت محلی وجود دارد. وعده دادن در خصوص برنامه آبخیز و بهبود دسترسی به آب سبب ایجاد یک رقابت بین جوامع مختلف روستایی شده است.

¹ Watershed Committee (WC)

بنابراین، برای توزیع پایدار و عادلانه اثرات آبخیز باید راهبردهای طراحی، برنامه‌ریزی و اجرای مناسبی مبتنی بر روش‌های علمی و درعین‌حال با در نظر گرفتن وضعیت اجتماعی-اقتصادی صورت پذیرد.

مفاهیم

در این بخش از مفاهیم زیر استفاده شده است:

پتانسیل آب زیرزمینی: کل ظرفیت ذخیره‌سازی آبخوان که می‌توان آن را با یک روش پایدار برداشت کرد.

بیان آب: تغییر در ذخیره آب زیرزمینی در یک دوره زمانی، یا عبارتی تفاوت کل ورودی و خروجی آبخوان.

بودجه‌بندی آب‌های زیرزمینی: تخصیص آب زیرزمینی بین مصارف مختلف، یعنی شرب و آبیاری و محصولات زراعی

الگوی کاربری اراضی: تخصیص زمین بین کاربری‌های مختلف همچون محصولات زراعی، آیش و جنگل، و همچنین ماهیت محصولات، یعنی فصلی یا چندساله، ریشه عمیق یا کم‌عمق، پرمصرف یا کم‌آب.

روش‌شناسی و نگرش

جنبه‌های زیست‌فیزیکی محرک‌های اصلی برنامه‌های آبخیز، به‌ویژه از لحاظ تأثیر متوسط‌مقیاس بر مکان‌های بالادست، میان‌دست و پایین‌دست مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مناطق مورد مطالعه بخش‌هایی از آندراپرادش است که بارش کم تا متوسطی دارند و تمرکز این مطالعه بر فصل باران‌های موسمی خریف (ژوئن-سپتامبر) در مناطق آنانتاپور و کورنول^۱ که عمدتاً تحت کشت بادام‌زمینی است و نیز فصول موسمی خریف و ربی^۲ در بخش‌های داخلی آندراپرادش (منطقه پراکاسام^۳) می‌باشد.

¹ Anantapur and Kurnool districts

² kharif and rabi monsoon seasons

³ Prakasam district

تمرکز این تجزیه و تحلیل بر تغییرات بارش سالانه و تعداد روز بارانی در یک دوره ۱۱ ساله و نیز تحلیل ویژگی‌های شدت بارش‌ها در سال‌های بالاتر از نرمال یا مرطوب، نرمال و کمتر از نرمال بوده است. هدف از تحلیل درک الگوی بارش و پیشنهاد مداخلات مناسب بوده است.

وجود منابع طبیعی به‌ویژه منابع خاک و نیز نحوه توزیع آن‌ها در نواحی بالادست، میان‌دست و پایین‌دست برای پی بردن به این‌که میزان موفقیت تولید محصول در حوزه‌های آبخیز تا چه اندازه است، مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از چگونگی توزیع کاربری زمین و منابع خاک در یک دوره زمانی می‌توان اطلاعات ارزشمندی را در خصوص شیوه‌های کشت در سرتاسر یک چشم‌انداز کسب کرد. معمولاً در ادارات ذیربط داده‌های لازم برای این نوع تحلیل‌ها موجود است.

اگرچه براساس دستورالعمل‌ها، توسعه در آبخیزهای با مقیاس متوسط را قابل انجام است، اما از آنجاکه مداخلات باید براساس مسائل آب‌شناسی باشد، در مرحله اجرا به جای مرزهای اداری باید آبخیزهای بزرگ‌مقیاس‌تر را به واحدهای آب‌شناسی قابل مدیریت مشابه^۱ (HUs) تقسیم کرد. با وجود داده‌های رقومی ارتفاع با تفکیک مکانی ۳۰ متر^۲ ASTER و تفکیک مکانی ۹۰ متر^۳ SRTM و نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۴، آبخیزهای با مقیاس متوسط را با قیمتی مقرون‌به‌صرفه یا حتی رایگان به واحدهای هیدرولوژیک کوچک‌تر تقسیم و اولویت‌بندی کرد. از آنجا که حفاظت منابع، موضوعی کلیدی برای آبخیزها است، لذا برای توصیف واحدهای هیدرولوژیک و تغییرپذیری آن‌ها در مناطق بالادست، میان‌دست و پایین‌دست از پارامترهایی مانند انتگرال هیپسومتری^۵ و تراکم زهکشی استفاده می‌شود. انتگرال هیپسومتری نموداری است که نشان‌دهنده نسبت مساحت به ارتفاع است که شاخصی

^۱ hydrologic units (HUs)

^۲ Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)

^۳ Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

^۴ Geographic Information System (GIS)

^۵ hypsometric integral (HI)

برای حساسیت به فرسایش محسوب می‌شود. تراکم زهکشی نیز همان طول آبراه‌ها یا نهرها در واحد سطح است که شاخصی برای پتانسیل رواناب حوضه است. استفاده از این پارامترها کمک زیادی به اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز و نوع مداخلات (درجا یا درجا) می‌کند. شناخت غالب شبکه‌های آبراه به همراه طول، رتبه و نحوه توزیع آن‌ها در یک حوزه آبخیز شامل اطلاعات ارزشمندی است. این اطلاعات درباره شبکه آبراهه با استفاده از نرم‌افزار GIS تولید شده است.

مهمترین عامل برای برنامه‌ریزی آبخیز برآورد آب موجود است. در صورت عدم وجود رواناب سطحی در نهرها، مداخلاتی مانند چک‌دم‌ها و احداث مخازن نفوذ بر روی نهرها مفید نخواهند بود. فقدان رواناب می‌تواند دلایل مختلفی داشته باشد که از آن جمله می‌توان به مواردی نظیر ویژگی‌های فیزیکی آبخیز، متخلخل بودن خاک، پوشش گیاهی مناسب، و شیوه‌های مدیریت مزارع (خاک، مدیریت زمین، سامانه‌های برداشت آب در مقیاس کوچک و غیره) اشاره کرد. در شبه جزیره هند که در مقایسه با مناطق پربارش اوريسا^۱، جارکند^۲، مادیاپرادش^۳ و غیره بارش کمتری دارد، مدت‌هاست که از سامانه‌های تانک استفاده می‌شود. اگرچه ویژگی‌های فیزیکی آبخیز و اطلاعات تراکم زهکشی سرنخی برای مداخلات خارج از محل^۴ محسوب می‌شوند، اما طراحی مداخلات باید با توجه به نوع اقلیم غالب، اطلاعات بارش (کم، متوسط یا زیاد) و ظرفیت ذخیره‌سازی فعلی از طریق مخازن موجود و غیره انجام پذیرد. از این‌رو هیچ دستورالعملی برای تخمین میزان آب موجود در سطح مزرعه یا آبخیز وجود ندارد. تخمین دبی اوج برای اطمینان از پایداری سازه انجام می‌شود، اما در سطح مزرعه، برآوردی از آب موجود برای برداشت با یا بدون در نظر گرفتن مداخلات انجام نمی‌شود.

¹ Orissa

² Jharkhand

³ Madhya Pradesh

⁴ ex situ interventions

در این مطالعه، اطلاعات آب موجود برای سه سناریو ارائه شد: ۱) عدم مداخله در آبخیز در سطح مزرعه، یعنی برای کاربری زمین فعلی تحت یک نوع خاک خاص. ۲) مقدار فرضی ۵۰ متر مکعب استحصال آب. و ۳) مقدار فرضی ۱۰۰ متر مکعب استحصال آب. تجویز اقدامات حفاظتی درجا مانند پشته‌بندی مزارع^۱، بانک‌های پیوسته^۲، و آبخیزهای در سطح مزرعه انفرادی^۳ که در برخی از برنامه‌های آبخیز که به‌وسیله ارگان‌هایی مانند بانک ملی کشاورزی و توسعه روستایی^۴ (NABARD) مدیریت می‌شوند، بخش بزرگی از رواناب ایجاد شده در سطح پلات یا مزرعه را کنترل می‌کنند و این اقدامات در برنامه‌های مدیریت جامع آبخیز جریان دارند. اگرچه ظرفیت کنترل رواناب هر کدام از انواع مداخلات متفاوت است، اما ظرفیت‌های ۵۰ و ۱۰۰ مترمکعب در هکتار از آنجا که کوچک‌ترین ظرفیت‌هایی هستند که می‌توان در سطح مزرعه ایجاد کرد، انتخاب شدند. از یک مدل تعادل آب یک بعدی زون ریشه^۵ برای تخمین رواناب و تغذیه مجدد (نفوذ عمیق فراتر از محدوده ریشه) برای کاربری‌های مختلف تحت انواع خاک با اعماق مختلف استفاده شد.

این مدل در مقیاس روزانه بوده و از ماه ژوئن شروع می‌شود. رواناب با استفاده از روش محاسبه رطوبت خاک سرویس حفاظت خاک^۶ (SCS) برآورد می‌شود. برای برآورد اطلاعات رواناب و تغذیه، اعداد منحنی به کاربری‌ها و انواع خاک حوضه تخصیص داده شد. برای محاسبه مقادیر مختلف استحصال آب، اصلاحات بیشتری بر روی این برنامه اعمال شد. بر این اساس، اگر شرایط خشک حاکم باشد، رواناب پس از بارش حفظ می‌شود و اگر رواناب کمتر از پنج یا ۱۰ میلی‌متر در روز باشد، به خاک نفوذ کرده و در نتیجه رطوبت موجود خاک افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، در شرایط بارش مداوم و اشباع خاک، بارش تنها پنج میلی‌متر در روز نیز می‌تواند

¹ farm bunding

² continuous contour trenches

³ individual farmer-based farm ponds

⁴ National Bank for Agriculture and Rural Development (NABARD)

⁵ one-dimensional root-zone water balance model

⁶ Soil Conservation Service (SCS) soil moisture accounting method

رواناب زیادی ایجاد کند. با وجود چنین اطلاعاتی در سطح آبخیز می‌توان در خصوص نیاز به ذخیره‌سازی اضافی در خارج از محل با و یا بدون مداخلات آبخیز اظهار نظر کرد.

تأثیر مداخلات بر حفظ منابع

تأثیر مداخلات آبخیز بر حفظ منابع با استفاده از یک مدل بیلان آب یک‌بعدی^۱ در زون ریشه مورد ارزیابی قرار گرفت. این مدل برای اجرا نیاز به داده‌هایی از جمله بارش روزانه، پارامترهای خاک مانند ظرفیت مزرعه^۲، نقطه پژمردگی^۳، و ویژگی‌های فنولوژیکی محصول یعنی زمان بلوغ و ضرایب محصول دارد. بیشنهی رشد ریشه محدود به عمق خاک موجود است.

تبخیر و تعرق مرجع با روش هارگریوز^۴ که به دما وابسته است، برآورد می‌شود. داده‌های دمای روزانه از بانک داده شبکه IMD استخراج شد و رواناب نیز با استفاده از روش محاسبه رطوبت خاک SCS برآورد شد. برای هر کاربری، نوع خاک و عمق خاک، یک مدل شماره منحنی انتخاب و برای ماه ژوئن به بعد شبیه‌سازی شد. این مدل برای تمام ترکیب‌های کاربری زمین، نوع خاک، عمق خاک و ایستگاه‌های ثبت بارش (سه ایستگاه در هر واحد هیدرولوژیک) اجرا شد. مقدار نفوذ آب به عمق بیش از ناحیه ریشه، به‌عنوان تغذیه در نظر گرفته شد.

شبیه‌سازی‌های مدل در سه سناریو انجام شد: بدون مداخلات در آبخیز، مداخلات به میزان ۵۰ مترمکعب در هکتار، و مداخلات به میزان ۱۰۰ مترمکعب در هکتار. اگر مداخلات آبخیز در هر قطعه با کاربری‌های مختلف اجرا شود (همانند برنامه‌های آبخیز بانک ملی کشاورزی و توسعه روستایی^۵ (NABARD))، در سراسر چشم‌انداز باعث کاهش بالقوه خروجی به مخازن موجود شده و در نتیجه در مناطق با بارش کم

¹ onedimensional root-zone water balance model

² field capacity

³ wilting point

⁴ Hargreaves method

⁵ National Bank for Agriculture and Rural Development (NABARD)

تا متوسط معیشت مردم را متاثر می‌کند. البته، میزان این تأثیر در خشکسالی‌ها بسیار بیشتر نیز خواهد بود.

خروجی‌های مدل برای نفوذ متوسط رواناب، نفوذ عمیق (تغذیه مجدد) و تبخیر و تعرق واقعی برای خاک‌های رسی و لومی با اعماق مختلف از خاک‌های بسیار کم‌عمق تا عمیق بدون مداخلات آبخیز و با مقادیر مختلف استحصال آب در سطح کرت با ایستگاه بارش تهیه شد. این نتایج حاصل شد که در سطح کرت، با مداخلات آبخیز در هر دو نوع خاک می‌توان میانگین رواناب را از طریق افزایش تبخیر و تعرق واقعی^۱ (AET) و مقادیر تغذیه تا حدود ۳۰ درصد کاهش داد. علاوه بر این، تفاوت زیادی بین مقادیر تبخیر و تعرق واقعی خاک‌های بسیار کم‌عمق و عمیق وجود داشت که حاکی از آنست که در مقایسه با تغذیه بیشتر یا نفوذ عمیق در خاک‌های کم‌عمق، رطوبت ناحیه ریشه تأثیر زیادی در افزایش رشد محصول دارد. دامنه کاهش رواناب در سناریو ۵۰ متر مکعب در هکتار حفاظت آب، میزان رواناب بین ۱۹-۵۰ درصد کاهش داشت و در سناریو ۱۰۰ متر مکعب در هکتار حفاظت آب، دامنه کاهش رواناب بین ۳۳ تا ۷۴ درصد بود.

براساس داده و اطلاعات مشابه، بیشینه کاهش رواناب برای خاک‌های لومی در طول سال‌های کم‌بارش بوده است، و افزایش استحصال آب سبب کاهش بیشتر رواناب شده است و لذا این موضوع باید در زمین‌های زراعی در سطح مزرعه ارتقا یابد تا به طور مؤثری از بارش موجود استفاده شود. برای مداخلات با ماهیت مشابه در سایر کاربری‌ها به‌ویژه در مناطق با بارش کم تا متوسط نیاز به بررسی‌های دقیق است. چنانچه این مدل با استفاده از داده‌های بلندمدت بارش برای این مداخلات اجرا شود، نتایج آن می‌تواند عدم قطعیت کاهش رواناب در طی سال‌های خشکسالی و ترسالی را کاهش دهند.

¹ actual evapotranspiration (AET)

تخمین‌های بلندمدت بررسی تأثیر مداخلات آبخیز در واحدهای هیدرولوژیک مناطق آنانتاپور و پراکاسام^۱ در حفاظت از منابع با استفاده از مدل‌سازی بیلان آب سطحی برای کاربری‌های اراضی مختلف نشان می‌دهد که در طی سال‌های خشک، مقدار بیشتری از منابع آب حفظ شده و بر آب موجود در مناطق میان‌دست و پایین‌دست تأثیر گذاشته است. توزیع زمانی نفوذ عمیق در مناطق تحت کشت خریف که در سطح مزرعه حفاظت بیشتری از آب می‌شود، تقریباً دو برابر است. در طول سال‌های کمبود، تغذیه بسیار بیشتر بوده که نشان‌دهنده اثربخشی مداخلات آبخیز است.

نتیجه‌گیری

در برنامه‌های توسعه آبخیز، مداخلات یکسان و یکنواختی در تمامی مناطق اقلیمی بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های آبخیز مانند منابع خاک و شرایط کاربری غالب، به اجرا درمی‌آیند. بدون طراحی و برنامه‌ریزی دقیق به‌ویژه در مناطق با بارش کم تا متوسط، مداخلات آبخیز ممکن است نه تنها اثرات مطلوبی نداشته باشند، بلکه باعث بروز مشکلات جدیدی شوند که در حال حاضر به وضوح در برنامه‌های توسعه آبخیز سازمان‌های مجری قابل مشاهده است. مداخلات بیش از حد در تمامی قطعات اراضی مانند حفاظت از آب که عمدتاً از طریق پشته‌بندی مزارع و بانک‌های جذب آب برای کاربری‌هایی مانند اراضی بوته‌ای انجام می‌شود، در کوتاه‌مدت نه تنها باعث هدررفت سرمایه‌گذاری‌ها می‌شود، بلکه مباحث و مشکلات آب‌شناسی جدیدی مانند کاهش جریان آب به پیکره‌های آبی موجود را نیز ایجاد می‌کند که به نوبه خود می‌تواند باعث بروز درگیری در جوامع شود.

برای غلبه بر این مشکلات، برآورد میزان آب موجود تحت سناریوهای مختلف از جمله بدون مداخلات آبخیز و با مداخلات آبخیز ضروری است. مدل‌سازی تلاش‌های حفاظت آب برای استحصال مقادیر معینی از آب، اطلاعات و بیش‌های

¹ Prakasam

ارزشمندی را در مورد آب موجود ارائه می‌کند. پس از اقدامات حفاظت آب در سطح مزرعه و پس از محاسبه ظرفیت ذخیره‌سازی فعلی مخازن، می‌توان مبتنی بر آب موجود و برای ذخیره‌سازی آب مازاد، نسبت به طراحی مداخلات بر روی آبراهه‌ها به‌عنوان حفاظت آب خارج از محل اقدام کرد. ابزارهای مدرن مانند GIS به همراه افزایش قدرت محاسبات و نیز مجموعه داده‌های در دسترس عموم، باعث افزایش قابلیت سازمان‌های مجری برای درک ویژگی‌ها و پارامترهای کلیدی آبخیز که نشان‌دهنده وضعیت فرسایش و پتانسیل رواناب هستند، می‌شود که به نوبه خود باعث بهبود فرایند تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی واحدهای هیدرولوژیک در آبخیزهای با مقیاس متوسط می‌شود.

فعالیت‌ها

- شرکت‌کنندگان گروه‌های کوچکی را برای بحث در موارد زیر تشکیل دهند:
- (الف) تجربه شخصی خود را از پاسخ به کوئیز، ارتباط آن و میزان افزایش آگاهی به اشتراک بگذارید.
- (ب) تجربه شخصی خود از اطلاعات زیست‌فیزیکی و نحوه استفاده از آن‌ها در پروژه‌های توسعه آبخیز را به اشتراک بگذارید.
- (ج) نقش و اهمیت تأثیر کاربری زمین در رواناب و تغذیه مجدد در پروژه‌های توسعه آبخیز شما را به اشتراک بگذارید.
- (چ) تأثیر پروژه‌های توسعه آبخیز بر پیکره‌های آبی موجود و جوامع وابسته به آن‌ها را چگونه در نظر می‌گیرید؟
- (ح) تجربه شخصی خود در رابطه با استفاده از مدل‌ها برای طراحی آبخیز را بحث کنید.

فصل ۶ بخش پنج: سنجش اثرات-نگرش یکپارچه

راتنا ردی^۱، سایم^۲، و تالاپراگادا^۱

^۱ مؤسسه مدیریت معیشت و منابع طبیعی، حیدرآباد، هند

^۲ دانشگاه ادیت کوان، پرت، استرالیا

مقدمه

سنجش اثرات برای هر مداخله توسعه‌ای ضروری است. اثرات با هدف پایش و ارزیابی اندازه‌گیری می‌شوند. این اقدامات برای بهبود فرایند اجرا (پایش) و همچنین بررسی اثربخشی برنامه یا همان بازگشت سرمایه مورد استفاده قرار می‌گیرند. اثرات را می‌توان از نظر جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی اندازه‌گیری کرد. در مورد مداخلات آبخیز، بررسی اثرات اقتصادی با استفاده از مشاهده تغییرات عملکرد محصول، بازدهی خالص به کشاورزی و غیره انجام می‌شود. اثرات اجتماعی را می‌توان از نظر توزیع فواید در بین گروه‌های اجتماعی-اقتصادی، تغییرات در سلامت، آموزش، وضعیت جنسیتی و غیره بررسی کرد. اثرات زیست‌محیطی از نظر بهبود شرایط خاک، منابع آب، منابع جنگلی و غیره اندازه‌گیری می‌شوند. معمولاً تمامی این جنبه‌ها به‌طور جداگانه بررسی شده و پس از تبدیل آن‌ها به بخش‌های پایش، با هم تلفیق می‌شوند. تعیین ارزش پولی برخی از جنبه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی دشوار است. برای محاسبات سود و هزینه از شاخص‌هایی (اثرات) می‌توان استفاده کرد که دارای ارزش پولی هستند. از نظر فیزیکی، ادغام همه این جنبه‌ها دشوار است، اگرچه بعضی از سنجه‌های ترکیبی مانند تاب‌آوری خانوار سعی در پوشش تعداد زیادی از آن‌ها دارند. اگرچه معمولاً برای نشان دادن اثرات از شاخص تاب‌آوری آبخیز استفاده نمی‌شود، اما در اینجا سعی بر این است تا از تاب‌آوری آبخیز به‌عنوان شاخصی برای بررسی اثرات استفاده شود.

¹ Livelihoods and Natural Resources Management Institute, Hyderabad, India.

² Edith Cowan University, Perth, WA, Australia.

هدف

هدف این بخش درک روش و فرایند سنجش مؤثر به وسیله فراگیران است. این بخش فراگیران را با شاخص‌های مختلفی که معرف اثرات هستند، آشنا می‌کند. همچنین، شرکت‌کنندگان با شاخص‌های مختلف رویکرد معیشت پایدار آشنا می‌شوند، و اهمیت تاب‌آوری را به عنوان شاخصی در ارزیابی اثرات حوزه‌های آبخیز درک کرده و نحوه اندازه‌گیری آن و ارتباط آن با سرمایه‌های معیشتی و شاخص‌های آن‌ها را متوجه خواهند شد. به علاوه، در این بخش دیدگاه عدالت اجتماعی-اقتصادی و نحوه سنجش آن نیز با کمک مطالعه موردی ارائه شده است. فراگیران همچنین در مورد اثرات متفاوت مداخلات مختلف راهنمایی می‌شوند.

مقاصد

- در پایان این بخش، شرکت‌کنندگان قادر به موارد زیر خواهند بود:

 ۱. درک رویکردها و روش‌های مختلف بررسی اثرات مداخلات آبخیز.
 ۲. درک اهمیت تاب‌آوری به عنوان یک سنجه مرکب از اثرات مختلف آبخیز.
 ۳. بررسی ارتباط بین سرمایه معیشت و تاب‌آوری.
 ۴. بررسی اثرات آبخیز از لحاظ عدالت اجتماعی-اقتصادی.
 ۵. درک اهمیت انتخاب مداخلات در اثرات مختلف بر آبخیز.

روش‌شناسی

این بخش از رویکرد مطالعه موردی به عنوان ابزار یادگیری استفاده می‌کند. فراگیران قبل از شروع بخش به بررسی مطالعه موردی پرداخته و در صورت وجود یک برنامه آموزشی، مدت زمانی را به صورت فردی یا گروهی صرف تجزیه و تحلیل محتوای آن در کلاس درس خواهند کرد. به فراگیران پیشنهاد می‌شود که مطالعه موردی را بررسی و اطلاعات کلیدی را یادداشت کنند و سپس به حل تمرین‌های پایان بخش بپردازند. ماهیت اجتماعی-اقتصادی بخش، زمینه را برای ارتباط با

بخش‌های فنی‌تر در یک حالت عملی سیستماتیکو قابل درک فراهم می‌کند. بنابراین، شرکت‌کنندگان فرا خواهند گرفت که چگونه می‌توان با فرایند بررسی اثرات موصوف در این بخش، اثرات جامع مداخلات یکپارچه آبخیز را سنجش و ارزیابی کرد.

زمینه

از آنجاکه طی سال‌های اخیر برنامه‌های توسعه آبخیز از یک طرح حفاظت آب و خاک به یک برنامه جامع توسعه روستایی و معیشت تبدیل شده است (اگرچه هسته اصلی آن همان برنامه‌های قبلی است)، سنجش اثرات آبخیز با پیچیدگی‌های بیشتری مواجه شده است. تغییر مقیاس آبخیزها از میکرو (۵۰۰ هکتار) به مزو (۵۰۰۰-۱۰,۰۰۰ هکتار) در برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز، باعث شده است تا برای بررسی اثرات آبخیز، داده و روش‌های بیشتری موردنیاز باشد. در یک مقیاس بزرگتر بهتر می‌توان اثرات خارجی مثبت و منفی مداخلات را در کل مسیر جریان لحاظ کرد.

معمولاً تمرکز مطالعات بررسی اثرات آبخیز بر اثرات اجتماعی-اقتصادی و منابع طبیعی است (Reddy و همکاران، ۲۰۱۰؛ Joshi و همکاران، ۲۰۰۵) که برای تخمین نسبت سود به هزینه برنامه آبخیز مورد استفاده قرار می‌گیرند (Joshi و همکاران، ۲۰۰۵). در اواخر دهه ۱۹۹۰، با معرفی مؤلفه معیشت و رویکرد مشارکتی برای اجرای آبخیزها، مطالعات بررسی اثرات، از چارچوب معیشت پایدار^۱ برای بررسی اثرات استفاده کرده‌اند (Reddy و همکاران، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۸). چارچوب معیشت پایدار رویکرد جامع‌تری است و فراتر از جنبه‌های درآمدی، برای بررسی اثرات، از شغل و فقر با استفاده از پنج سرمایه استفاده می‌کند. این چارچوب ابعاد طبیعی، اجتماعی، انسانی، مالی و فیزیکی (سرمایه) فقر را که ماهیت بلندمدتی دارند، در نظر می‌گیرد. اگرچه هدف اصلی توسعه آبخیز حفظ خاک و آب و افزایش بهره‌وری و تاب‌آوری حوضه است، اما کاملاً تعجب‌آور است که در چارچوب اخیر، تا کنون توجه زیادی به بررسی این جنبه‌ها نشده است.

¹ sustainable livelihood (SL)

با این حال، در سال‌های اخیر، مفهوم تاب‌آوری به‌عنوان یکی از ویژگی‌های جوامع کشاورزی، به‌ویژه در رابطه با اثرات تغییرات اقلیمی، دارای اهمیت رو به رشدی است. استفاده از تاب‌آوری به‌عنوان یک شاخص اثر، کمک شایانی به رفع محدودیت‌های مطالعات بررسی اثرات می‌کند. تاب‌آوری ارتباط مستقیمی با مداخلات آبخیز داشته و از این رو می‌توان آن را به‌طور مستقیم به وضعیت فعلی حوضه نسبت داد. علاوه بر این، تاب‌آوری دارای ماهیت طولانی‌مدت‌تری است و به جنبه‌های پایداری توسعه آبخیز می‌پردازد. با مرتبط کردن تاب‌آوری با پنج سرمایه آبخیز می‌توان در غیاب اطلاعات پایه، درک خوب و جامعی از اثرات کسب کرد.

با توجه به افزایش مقیاس و دامنه رویکرد فعلی توسعه حوضه، دو جنبه مهم را باید در هنگام بررسی اثرات در نظر گرفت: (۱) تأثیر توسعه آبخیز بر تاب‌آوری خانوارها برای مقابله با خشکسالی و تغییرات اقلیمی در مکان‌های مختلف حوضه (مقیاس آبراهه) و (۲) به دلیل بزرگ بودن مقیاس اجرای آبخیز، می‌توان از طریق اثرات در مقیاس آبراهه، برخی اثرات مانند تغییرات آب‌زمین‌شناسی و زیست‌فیزیکی را اندازه‌گیری کرد. مقایسه این وضعیت با وضعیت‌های کنترل (بدون آبخیز)، به خودی خود به بررسی اثرات آبخیز کمک می‌کند، اگرچه این نیز محدودیت به دست آوردن وضعیت مشابه را دارد.

مفاهیم

پنج سرمایه: شامل سرمایه‌های انسانی، فیزیکی، اجتماعی، مالی و طبیعی است که قابلیت‌های خانوار را تعیین می‌کند. هر سرمایه با تعدادی شاخص نشان داده می‌شود. تاب‌آوری: ظرفیت خانوار برای مقاومت در برابر شرایط نامطلوب، به‌ویژه در شرایط نامطلوب اقلیمی.

در این کتاب منظور از تاب‌آوری، ظرفیت خانوار برای مقاومت در برابر خشکسالی است، به عبارتی خانواری که بتواند سه خشکسالی متوالی را تحمل کند نسبت به

خانواری که دو یا یک خشکسالی را تحمل می‌کند، تاب‌آورتر است. فرض و انتظار بر این است که دسترسی به پنج سرمایه سبب افزایش تاب‌آوری می‌شود. اثرات خارجی: منظور اثرات ناشی از اقدامی دیگر است. اثرات خارجی می‌توانند مثبت یا منفی باشند. استخراج آب زیرزمینی به وسیله همسایه ممکن است چاه شما را خشک کند که یک اثر خارجی منفی محسوب می‌شود. همچنین، سازه تغذیه همسایه ممکن است باعث بهبود آب زیرزمینی موجود شما شود که در این صورت دارای یک اثر خارجی مثبت است.

پایداری: حفظ اثرات مداخلات در درازمدت. پایداری از نظر جنبه‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی (نهادی) بررسی می‌شود. مداخله‌ای که پایداری تمامی این جنبه‌ها را در پی داشته باشد، از لحاظ معیار پایداری قوی محسوب می‌شود. ولی مداخله‌ای که از لحاظ برخی از این جنبه‌ها پایدار نباشد، از لحاظ معیار پایداری ضعیف است. بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی یک مورد کلاسیک برای پایداری ضعیف است. بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی ضمن این که راهی برای پایداری اقتصادی (دست‌کم در میان‌مدت) است، ولی بهره‌برداری بیش از حد از نظر زیست‌محیطی در میان‌مدت تا بلندمدت ناپایدار خواهد بود. در عین حال، اتخاذ یک رژیم مدیریت پایدار آب زیرزمینی باید از نظر اجتماعی نیز پایدار (قابل قبول) باشد. رویکرد یکپارچه: درمان آبخیزها به شیوه‌ای جامع و با در نظر گرفتن ابعاد زیست‌فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی در تمامی مراحل طراحی، برنامه‌ریزی و اجرا.

سنجش اثرات: مطالعه موردی

سنجش اثرات هنگامی دقیق و قوی خواهد بود که پایه و اساس آن، یعنی جمع‌آوری شاخص‌های مهم و مختلف صحیح باشد. بهترین سنجش ممکن برای بررسی اثرات، مقایسه این شاخص‌ها در دوره فعلی و پس از اجرای مداخله برای همان خانوارها است. با این حال، اغلب مطالعات بررسی اثرات محدود به داده‌های پایه موجود است. اساساً، سنجش اثرات آبخیز را می‌توان به دو روش کلی انجام داد.

یکی روش این است که وضعیت قبل از اجرا را با وضعیت بعد از اجرا مقایسه کنیم. در اغلب اوقات، برای چنین مقایسه‌ای یا داده وجود ندارد یا داده‌ها در قالب مورد نیاز نیستند. از این رو، مطالعات بررسی اثر مجبور به استفاده از اطلاعات کسب شده از خانوارها می‌شوند که روش دقیقی محسوب نمی‌شود زیرا یادآوری وضعیت گذشته برای خانوارها به احتمال زیاد همراه با خطاهایی خواهد بود. یکی دیگر از روش‌های پرکاربرد، روش با-بدون است، که طی آن روستاهای درمان شده را با روستاهای درمان نشده مقایسه می‌کنند. در این روش نیز یافتن روستاهای کاملاً مشابه و قابل مقایسه از لحاظ تمامی جنبه‌ها، یک چالش محسوب می‌شود. با توجه به محدودیت‌های دو روش فوق، سعی بر این است تا از روش «تفاوت مضاعف»^۱ که ترکیبی از دو رویکرد «قبل و بعد»^۲ و «با و بدون»^۳ است، استفاده شود. انتظار بر این است که این روش بهترین نتیجه را در غیاب اطلاعات پایه ارائه دهد (Reddy و همکاران، ۲۰۰۴). بررسی اثرات تحت تأثیر زمان مطالعه نیز می‌باشد. در حالی که اثرات در مرحله بلافاصله پس از اجرا به وضوح قابل تشخیص و ثبت هستند، با افزایش فاصله زمانی بین اجرا و بررسی اثرات، تشخیص و انتساب اثرات مشکل می‌شود.

نگرش و روش‌ها

برای بررسی اثرات توسعه آبخیز بر تاب‌آوری، لازم است تا تاب‌آوری خانوار را تعریف کرد. اگرچه تعاریف مختلفی برای تاب‌آوری ارائه شده است، اما سه تعریف زیر مرتبط‌ترین تعاریف برای هدف حاضر هستند:

مقدار تغییری که یک سامانه می‌تواند بدون تغییر وضعیت متحمل شود (IPCC،

(۲۰۰۱).

¹ double difference

² before and after approach

³ with and without approach

توانایی بازیابی سامانه از اثر یک بار شدید که می‌تواند سبب آسیب به سامانه شود (UKCIP، ۲۰۰۳).

تاب‌آوری به شرایط سه‌گانه‌ای (توانایی خودسازماندهی، توانایی بافر اختلال و ظرفیت یادگیری و سازگاری) اطلاق می‌شود که سامانه‌های اجتماعی یا اکولوژیکی را پس از یک شوک قادر به بازگشت می‌سازد (Tompkins و همکاران، ۲۰۰۵).

این تعاریف در رابطه با توانایی یا ظرفیت یک سامانه یا فرد برای مقابله تغییرات بزرگ و شدید است. دلایل این تغییرات در مناطق مختلف، متفاوت است. برای مثال، خشکسالی یک پدیده رایج در مناطق خشک و نیمه‌خشک است و انتظار می‌رود که در آینده، گستره و شدت آن به دلیل تغییرات اقلیمی افزایش یابد. بنابراین تاب‌آوری خانوار در برابر خشکسالی به صورت «تعداد خشکسالی‌هایی که یک خانوار می‌تواند طاقت بیاورد» تعریف می‌شود. این میزان و شدت خشکسالی را نشان می‌دهد و ظرفیت خانوارها براساس میزان برخورداری آن‌ها از پنج سرمایه بررسی می‌شود. از خانوارها سوالاتی در خصوص قابلیت تحملشان در برابر خشکسالی در چارچوب هر سرمایه (فیزیکی، طبیعی، مالی، انسانی و اجتماعی) پرسیده می‌شود. خانوارهایی که فکر می‌کنند تحمل بیشتری در برابر خشکسالی دارند، نسبت به خانوارهایی که فکر می‌کنند تحمل کمتری در برابر خشکسالی دارند، انعطاف‌پذیرتر در نظر گرفته می‌شوند.

دلیل استفاده از چارچوب پنج سرمایه برای بررسی توانایی یا ظرفیت خانوارها این است که با این پنج سرمایه می‌توان درک نسبتاً جامعی از دارایی‌ها و قابلیت‌های کشاورزان برای مقابله با تغییرات کسب کرد. به نظر می‌رسد که برای درک راهبردهای معیشت خانوار، پنج سرمایه فراتر از صرف درآمد خانوار است. پنج سرمایه چارچوب جامعی است که با آن می‌توان یک ارزیابی پویا (زیرا ضامن حفظ معیشت در آینده است) از سرمایه‌های معیشتی در مقیاس‌های مختلف (سرمایه‌ها را می‌توان در سطوح خانوار، جامعه، روستا و منطقه بررسی کرد) ارائه کرد.

برای بررسی سرمایه‌ها و پتانسیل آن‌ها برای مقابله با تغییرات (مانند خشکسالی یا تغییر اقلیم) در سطح خانوار از روش‌ها و ابزارهای مختلفی می‌توان استفاده کرد. دامنه این روش‌ها و ابزارها شامل روش‌های صرفاً کیفی تا روش‌های کمی محض است. معمولاً انتخاب این روش‌ها و ابزارها متأثر از محدودیت‌های زمان و بودجه بوده و مقوله‌ای است که متفاوت از اعتقاد و نظر محققان است. همچنین، این روش‌ها و ابزارها محدودیت‌ها و جهت‌گیری‌های خاص خود را دارند. چارچوب پنج سرمایه علاوه بر این که دارای محدودیت‌هایی مانند کمی کردن داده‌های کیفی و یکپارچه‌سازی داده‌های حاصل از مقیاس‌های مختلف (خانوار، جامعه، روستا، و غیره) است، روش‌ها و ابزارهای مورد استفاده در ایجاد این داده‌ها نیز می‌توانند باعث پیچیدگی و محدودیت بیشتر کاربرد این چارچوب شوند. بنابراین در محدودیت‌های این چارچوب باید بین محدودیت‌های ذاتی چارچوب و روش‌ها و ابزارهای ایجاد داده‌ها تفاوت قائل شد.

بر این اساس، رویکرد چندلایه معنادارتر است. ابزارهای کیفی مانند مباحث گروهی متمرکز^۱ (FGDs) و مطالعات موردی را باید با اطلاعات حاصل از داده‌های کمی پرسشنامه‌های ساختاریافته تکمیل کرد. برای تحلیل بهتر می‌توان موضوع را از زوایای مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. با توجه به ماهیت پیچیده داده‌ها (کیفی و کمی)، در انتخاب روش و ابزار تحلیل باید محتاط بود. علاوه بر این، لازم است که محدودیت‌های هر یک از ابزارها و روش‌های تحلیل، به‌ویژه برای درک حساسیت محقق/پاسخ‌دهنده برای ابزارها درک شود. بنابراین، با توجه به وجود مزایا و معایب مختلف برای هر ابزار یا روش، نمی‌توان ابزار یا روش واحدی را برای درک پیچیدگی‌های موضوعات در نظر گرفت.

¹ focus group discussions (FGDs)

تأثیر توسعه آبخیز بر تاب‌آوری

برای یک بررسی کلی و ساده، تاب‌آوری خانوارها براساس تعداد خشکسالی‌هایی که یک خانوار می‌تواند با استفاده از پنج سرمایه خود تحمل کند، اندازه‌گیری می‌شود. خانوارهایی که عنوان می‌کنند تحمل بیش از دو خشکسالی را دارند بسیار تاب‌آور در نظر گرفته شده و سایر خانواده‌ها تاب‌آوری پایین‌تری خواهند داشت. همچنین، خانوارهایی که از هر پنج سرمایه به اندازه کافی برای تحمل خشکسالی برخوردارند، خانوارهای با سرمایه قوی، و آن‌هایی که کمتر از پنج سرمایه دارند یا مقدار کافی از هر سرمایه برای گذراندن خشکسالی را ندارند، خانوارهای با سرمایه ضعیف نامیده می‌شوند. خانوارها را براساس تاب‌آوری و سرمایه می‌توان به چهار گروه طبقه‌بندی کرد که عبارتند از: تاب‌آوری بالا با سرمایه‌های قوی (هر پنج سرمایه و قوی)، تاب‌آوری بالا با سرمایه‌های ضعیف (کمتر از پنج سرمایه و ضعیف)، تاب‌آوری پایین و سرمایه‌های قوی (هر پنج سرمایه و قوی)، و تاب‌آوری کم و سرمایه ضعیف (کمتر از پنج سرمایه و ضعیف).

در مقایسه با روستاهای شاهد، مشاهده می‌شود که روستاهای حوضه از تاب‌آوری بالایی برخوردارند (جدول ۶-۱).

جدول ۶-۱- دسترسی به پنج سرمایه و سطح تاب‌آوری

موقعیت آبخیز	وضعیت سرمایه‌ها	سطح تاب‌آوری			
		واحد هدیرولوژیک ۱ (آنانتاپور/کورنول)		واحد هدیرولوژیک ۲ (پراکاسام)	
		زیاد	کم	زیاد	کم
بالادست	قوی	۱۳ (۳۰)	۳۱ (۷۰)	۴۸ (۶۶)	۲۵ (۳۴)
	ضعیف	۰ (۰)	۱ (۱۰۰)	۹ (۹۰)	۱ (۱۰)
میان‌دست	قوی	۲۵ (۳۵)	۴۶ (۶۵)	۳۸ (۷۹)	۱۰ (۲۱)
	ضعیف	۵ (۵۰)	۵ (۵۰)	۰ (۰)	۱ (۱۰۰)

پایین دست	قوی	۳۶ (۴۸)	۳۹ (۵۲)	۳۷ (۸۴)	۷ (۱۶)
روستاهای	ضعیف	۳ (۳۸)	۵ (۶۲)	۵ (۱۰۰)	۰ (۰)
توسعه آبخیز	قوی	۷۴ (۳۹)	۱۱۶ (۶۱)	۱۲۳ (۷۵)	۴۲ (۲۵)
روستای	ضعیف	۸ (۴۲)	۱۱ (۵۸)	۱۴ (۸۸)	۲ (۱۲)
شاهد	قوی	۷ (۱۸)	۳۱ (۸۲)	۱۰ (۲۹)	۲۵ (۷۱)
	ضعیف	۲ (۵۰)	۲ (۵۰)	۳ (۴۳)	۴ (۵۷)

در روستاهای حوضه، نسبت خانوارهایی که تاب‌آوری بالایی دارند، بیش از دو برابر روستاهای شاهد است. تاب‌آوری بالا (۷۵ درصد خانوارها) در واحد هیدرولوژیک دو احتمالاً به دلیل شرایط بهتر بارش است، زیرا تأثیر آبخیز در مناطق با بارش بهتر، بیشتر است (Joshi و همکاران، ۲۰۰۵؛ Deshpande و Reddy، ۱۹۹۱). با حرکت از بالادست به مناطق پایین دست، نسبت خانوارهای با تاب‌آوری بالا افزایش می‌یابد. یکی از مشاهدات جالب این است که نسبت خانوارهای با تاب‌آوری بالایی در روستای بالادست واحد هیدرولوژیک دو، در مقایسه با روستاهای میان دست و پایین دست بیشتر است.

لازم است که ارتباط این موضوع با دسترسی به سرمایه‌های پنج‌گانه مورد بررسی بیشتری قرار گیرد. اگرچه تعداد خانوارهای دارای سرمایه ضعیف در روستاهای نمونه محدود است (کمتر از ۱۰ درصد)، اما وضعیت سرمایه‌های پنج‌گانه در سطح خانوار، بر تاب‌آوری تأثیر داشته است.

نتایج تاب‌آوری گروه‌های اجتماعی-اقتصادی به خوبی نشان می‌دهد که در هر دو واحد هیدرولوژیک، خانوارهای کشاورز بزرگ و متوسط^۱ در مقایسه با خانوارهای کشاورز کوچک و حاشیه‌ای از تاب‌آوری بالاتری برخوردارند (جدول ۶-۲).

¹ large and medium farmer (LMF) households

در مورد گروه‌های اجتماعی نیز همین موارد صادق است به‌طوری‌که در هر دو واحد هیدرولوژیک، خانواده‌های متعلق به طبقات اجتماعی محروم^۱، تاب‌آوری کمتری نسبت به خانواده‌های سایر طبقات اجتماعی دارند. دلیل این امر، دسترسی متفاوت خانوارها به سرمایه‌های پنج‌گانه در واحدهای هیدرولوژیک، آبراهه‌ها و گروه‌های اجتماعی-اقتصادی است. به نظر می‌رسد که رابطه روشنی بین تاب‌آوری و داشتن سرمایه‌های پنج‌گانه وجود دارد. در این بین یک استثنا روستای واقع در میان‌دست واحد هیدرولوژیک دو است که با وجود سرمایه‌های فیزیکی و مالی بهتر، تاب‌آوری پایین‌تری نسبت به روستاهای بالادست دارد. تنها در مورد سرمایه مالی است که گروه‌های اجتماعی-اقتصادی بهتر عمل می‌کنند، یعنی بیشتر آن‌ها از لحاظ سرمایه مالی قوی هستند. این عمدتاً به دلیل مولفه حقوق کار سرمایه مالی است. از آنجایی که خانوارهای کشاورز کوچک و حاشیه‌ای وابستگی بیشتری به حقوق کار دارند، می‌توانند درآمد بیشتری کسب کنند. از سوی دیگر، از کشاورزی درآمد بیشتری عاید خانوارهای کشاورز بزرگ و متوسط می‌شود.

جدول ۶-۲- تاب‌آوری در بین گروه‌های اجتماعی-اقتصادی

موقعیت	گروه‌های اقتصادی				گروه‌های اجتماعی					
	تاب‌آوری زیاد		تاب‌آوری کم		تاب‌آوری زیاد			تاب‌آوری کم		
	LMF	SMF	LMF	SMF	OC	BC	SC	OC	BC	SC
HUN1	۶۱	۷۷	۳۹	۲۳	۵۳	۶۷	۸۱	۴۷	۳۳	۱۹
US	۵۰	۵۸	۵۰	۴۲	۵۰	۵۴	NA	۵۰	۴۶	NA
MS	۴۹	۷۸	۵۱	۲۲	۲۰	۵۹	۷۲	۸۰	۴۱	۲۸
DS	۷۳	۹۶	۲۷	۴	۵۶	۷۸	۸۹	۴۴	۲۲	۱۱
Control	۶۳	۷۸	۳۷	۲۲	۶۸	۷۸	۶۰	۳۲	۲۲	۴۰
HUN1	۷۸	۸۹	۲۲	۱۱	۶۷	۷۵	۸۳	۳۳	۲۵	۱۷
US	۸۳	۱۰۰	۱۷	۰	۸۴	۷۶	۹۲	۱۶	۲۴	۸

¹ Scheduled caste (SC) households

۱۹	۸	۳۳	۸۱	۹۲	۶۷	۰	۱۳	۱۰۰	۸۷	MS
۸	۱۳	NA	۹۲	۸۷	NA	۰	۸	۱۰۰	۹۲	DS
۳۶	۶۹	۷۵	۶۴	۳۱	۲۵	۲۹	۶۸	۷۱	۳۲	Control
۱۸	۳۰	۴۱	۸۲	۷۰	۵۹	۲۰	۲۹	۸۰	۷۱	مجموع

BC. طبقات عقب مانده (طبقه اجتماعی سطح متوسط)؛ LMF کشاورزان بزرگ و متوسط؛ OC. سایر طبقات (بالا ترین طبقه اجتماعی)؛ SC طبقات اجتماعی محروم (پایین ترین طبقه اجتماعی)؛ SMF کشاورزان کوچک و حاشیه ای.

بر این اساس، یک رابطه منطقی واضح بین اثرات آبخیز بر تاب آوری وجود دارد. به نظر می رسد که خانوارها ارتباط بهتری بین سرمایه های پنج گانه خود با تاب آوری نسبت به اثرات آبخیز برقرار کرده اند. این احتمالاً به این دلیل است که در مورد تغییرات نرخ بازدهی، درآمد و غیره، تاب آوری مبتنی بر داده های درک شده است، نه داده های واقعی. در بیشتر موارد، تغییرات ناشی از آبخیز (بهبود رطوبت خاک، کاهش رواناب و افزایش دارایی های فیزیکی) به منافع مادی مانند آبیاری، عملکرد و درآمد تبدیل نمی شود. با این حال، خانوارها ممکن است این طور حس کنند که در مقایسه با دوره قبل بهتر می توانند در برابر ناملایمات طبیعی مقاومت کنند. همانطور که از مقایسه بین روستاهای حوضه با منطقه شاهد برمی آید، این مزایای درک شده را می توان به مداخلات توسعه آبخیز نسبت داد.

رسیدگی به مشکلات متناسب: نقش انتخاب مداخلات

طراحی مداخلات فنی آبخیز باید با در نظر گرفتن جنبه های آب زمین شناسی و زیست فیزیکی انجام شود. تجربیات گذشته حاکی از آنست که در مرحله طراحی، این جنبه ها به ندرت مورد توجه واقع شده اند. در بررسی اثرات مداخلات نیز توجه کمی به ابعاد آب زمین شناسی و زیست فیزیکی شده است. لذا اثرات صرفاً به مداخلات آبخیز و یا به اشتباه به عوامل مرتبط، اما از طریق برخی عوامل ناشناخته دیگر نسبت

داده می‌شوند. به‌عنوان مثال، تغییرات بارش بین حوزه‌های آبخیز می‌تواند اثرات را تا حد زیادی متاثر کند. اما به غیر از بارش، سایر ویژگی‌های زیست‌فیزیکی مانند خاک، کاربری اراضی و آبیاری نیز دارای تفاوت‌هایی در بین حوزه‌های مختلف هستند که معمولاً این تفاوت‌ها در نظر گرفته نشده و بر این اساس اثرات متفاوت مداخلات را می‌توان به اشتباه به مشکلات اجرایی یا کیفیت مداخلات نسبت داد. بنابراین، بررسی جامع حوزه آبخیز کمک می‌کند تا درک کنیم که اثرات مثبت یا منفی ممکن است لزوماً به دلیل اجرای ضعیف مداخلات آبخیز نباشد، بلکه می‌تواند دلایل مختلف دیگری مانند عوامل طبیعی داشته باشد. اثرات یک آبخیز تا حد زیادی بستگی به مناسب بودن مداخلات برای ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی آبخیز دارد. به نظر می‌رسد که در حال حاضر، تطابق مناسبی بین مداخلات با ویژگی‌های مذکور وجود ندارد (جدول ۶-۳).

جدول ۶-۳- جنبه‌های زیست‌فیزیکی و مداخلات توسعه آبخیز

ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی	مداخلات مناسب	وضعیت ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی		مداخلات موجود	
		HU2	HU1	HU2	HU1
سنگ کف بسیار کم عمق	فقط مداخلات مزرعه‌ای	پایین بالادست، ابتدای میان‌دست، و بالای پایین‌دست	بالادست و میان‌دست	تمرکز بر چکدم‌ها، اگرچه مداخلات مزرعه‌ای نیز دیده می‌شود	تمرکز بر چکدم‌ها، اگرچه مداخلات مزرعه‌ای نیز دیده می‌شود
هوازدگی و شکستگی متوسط تا عمیق (آبخوان کم عمق)	تغذیه مصنوعی (چکدم‌ها، مخازن نفوذ، آبگیرهای مزرعه و غیره)	بالای بالادست و پایین میان‌دست	روستاهای بالادست و شاهد	توزیع چکدم‌ها با تراکم مختلف، فقدان حوضچه‌های نفوذ	توزیع چکدم‌ها با تراکم مختلف، فقدان حوضچه‌های نفوذ
منطقه هوازده و شکسته عمیق	تغذیه مصنوعی (چاه‌های تزریق و چکدم‌ها)	وسط میان‌دست و پایین پایین‌دست	حاشیه جنوبی میان‌دست و پایین‌دست، بخش کوچکی در وسط میان‌دست	احداث یک چاه تزریق به وسیله APFAMGS در پایین‌دست	بدون چاه تزریق
مناطق حاشیه جنگل	نیاز به درمان یکپارچه با زمین‌های زراعی و تطبیق با آب موجود	در سراسر واحد هیدرولوژیک	بیشتر مناطق بالادست	تراس‌ها در مناطق بالادست، عدم یکپارچگی با اراضی زراعی	احداث تراس در بیشتر مناطق جنگلی، عدم یکپارچگی اراضی زراعی با پیکره‌های آبی

----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۱۰۳

ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی	مداخلات مناسب	وضعیت ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی		مداخلات موجود	
		HU2	HU1	HU2	HU1
تبدیل اراضی بایر به زراعی (توزیع زمین)	تغییرات در رواناب و تغذیه مجدد	همه مناطق	همه مناطق	عدم لحاظ این تغییرات در طرح توسعه آبخیز (غیرمنتظره)، فشار زمین و حمایت سرمایه‌گذاری دولتی از این برنامه‌ها	در طرح توسعه آبخیز لحاظ نشده است (غیرمنتظره)، فشار زمین و حمایت سرمایه‌گذاری دولتی از این برنامه‌ها
تغییرات در الگوی کشت	برنامه‌ریزی با توجه به آب زیرزمینی موجود	میان‌دست و پایین‌دست	میان‌دست	ترویج محصولات باغی که حتی با توسعه آبخیز نیز حمایت نمی‌شود	تا کنون محصولات باغی ترویج و حفظ شده است
شخم مکانیزه	تغییرات در رواناب و تغذیه مجدد	تغییر یافته به شخم مکانیزه	تغییر یافته به شخم مکانیزه	عدم لحاظ این تغییرات در طرح توسعه آبخیز	عدم لحاظ این تغییرات در طرح توسعه آبخیز

ممکن است مداخلات انجام شده در آبخیز با مداخلات مورد نیاز یا مناسب ترین مداخلات برای دو واحد هیدرولوژیک مطابقت نداشته باشد. در این مناطق، محور اصلی توسعه آبخیز را مداخلات آبراهه‌ای مانند چکدم‌ها تشکیل می‌دهند، اگرچه درمان‌های در سطح مزرعه نیز قابل مشاهده است. تمرکز چکدم‌ها بیشتر در مناطق بالادست است که در بهبود تغذیه آب زیرزمینی چندان مؤثر نیستند. مشاهدات ما در روستای بالادست واحد هیدرولوژیک یک (رانگاپورام)^۱ نشان داد که با وجود احداث چکدم‌ها، وضعیت آب‌های زیرزمینی بهبود نیافته است. تلاش برای نصب چاه‌های حفاری با شکست مواجه شده است و بارش‌های معمولی نیز فقط برای چاه‌های کم عمق مناسب است. اگرچه در طول سال‌های پربارش، چاه‌های کم عمق سرریز می‌کنند، اما آب‌زمین‌شناسی برای ذخیره‌سازی عمیق آب‌ها مساعد نیست. لذا احداث چکدم‌ها به جز بهبود جزئی در چاه‌های کم عمق، کمک چندانی نکرده است. در واقع در سال‌های با بارش کمتر از حد نرمال، روستا حتی با کمبود آب آشامیدنی نیز مواجه است. این امر عمدتاً به دلیل محدودیت پتانسیل آب زیرزمینی این روستا است که سنگ کف بسیار کم عمقی دارد. از این رو، تلاش و سرمایه‌گذاری برای بهبود وضعیت آب‌های زیرزمینی از طریق مداخلات آبراهه‌ای، چندان کارآمد نیست و انتظار بر این است که مداخلات مزرعه‌ای و آمایش منطقی کاربری زمین، سودمندتر و پایدارتر باشند. این امر به خوبی در کاهش درآمد حاصل از کشاورزی و تاب‌آوری خانوارها نیز منعکس شده است (نسبت خانوارهایی که ابراز می‌کنند تاب‌آوری بالایی دارند، کم است).

در واحد هیدرولوژیک دو که مشخصه آن سنگ کف نسبتاً کم عمق در مناطق میانی و پایین دست است، وضعیت بهتر است زیرا مداخلات چکدم به بهبود آب‌های زیرزمینی کمک کرده است، اگرچه پتانسیل ذخیره آبخوان به دلیل عمق نسبتاً کم، محدود است. در غیاب چنین اطلاعاتی، متأسفانه ترویج فراوانی بر روی محصولات

¹ Rangapuram

باغی (لیمو شیرین) انجام شد. این در حالی است که این محصولات در طی سال‌های با بارش نرمال و بالاتر از نرمال، دوام می‌آوردند، و در سال‌های با بارش کمتر از نرمال نمی‌توان از آن‌ها محافظت کرد. بیشتر محصولات باغی پس از دو سال خشکسالی متوالی، خشک شدند و کشاورزان متحمل خسارت شدند. بنابراین، به نظر می‌رسد که ترویج باغداری (کاربری زمین) در این شرایط رویکرد درستی نیست زیرا این آبخوان‌ها در طی سال‌های با بارش خوب و بد، با سرعت بیشتری پر و تخلیه می‌شوند. از سوی دیگر، از آنجاکه نوسانات بارش در این مناطق امری کاملاً طبیعی است، محصولات با نیاز آبی بالا، حتی در سال‌های با بارش خوب نیز ممکن است پایدار نباشند.

علاوه بر این، در این واحد هیدرولوژیک، منطقه میان‌دست در مقایسه با مناطق بالادست و پایین‌دست، عملکرد ضعیف‌تری داشته است. در این واحد، درآمد کشاورزی کاهش، و نسبت خانوارهایی که تاب‌آوری بالا را در خشکسالی‌ها ابراز داشته‌اند نیز کمتر است. در واقع در این واحد هیدرولوژیک، منطقه میان‌دست کمترین تأثیرپذیری را در مقایسه با مناطق بالادست و پایین‌دست داشته است. اگرچه این برخلاف منطق است، اما این عملکرد ضعیف را می‌توان با ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی آبراهه‌ها توضیح داد.

به همین ترتیب تغییرات کاربری اراضی مانند تبدیل زمین‌های بایر به زمین‌های زراعی، مکانیزاسیون و غیره باعث کاهش رواناب در سال‌های اخیر شده است. در حال حاضر، پیکره‌های آبی فقط در سال‌های پربارش پر می‌شوند، این در حالی که قبل از ظهور این تغییرات، پیکره‌های آبی در سال‌های عادی نیز پر می‌شدند. در برخی مناطق (بخش‌های بالادست واحد هیدرولوژیک یک) مداخلات در مناطق حاشیه‌ای جنگل، جریان ورودی به پیکره‌های آبی را کاهش داده و بر الگوی کشت تأثیر منفی گذاشته است. اشاره شد که نرخ نفوذ در بستر مخازن بالادست بسیار بالا است و تغذیه مجدد شامل جریان‌های برگشتی از کشت شالیزار نیز می‌شود. بنابراین، لازم

است که مداخلات توسعه آبخیز در حاشیه جنگل، با پیکره‌های آبی و کاربری زمین در مناطق پایین‌دست تلفیق شوند. این موضوع می‌تواند دلیل دیگری برای عملکرد ضعیف روستاهای میان‌دست باشد.

نتیجه‌گیری

درمان حوزه‌های آبخیز در واحد هیدرولوژیکی، زمینه را برای در نظر گرفتن اثرات خارجی فراهم می‌کند. در مطالعه موردی از دو شاخص بررسی اثر استفاده شد: ۱. رویکرد استاندارد برای سنجش اثرات بر شاخص‌های مختلف اجتماعی-اقتصادی، که در آن چارچوب معیشت پایدار روستایی مبتنی بر پنج سرمایه اتخاذ شد و ۲. تاب‌آوری خانوارهای ساکن در مناطقی که مداخلات آبخیز انجام گرفته است. در این بین، شاخص تاب‌آوری در مقایسه با رویکرد پنج سرمایه، شواهد واضح‌تری از اثر را ارائه کرده است. در شاخص پنج سرمایه، اثرات بارز نیست و از لحاظ آماری، شواهد معنی‌داری برای اثرات نمی‌توان یافت. از سوی دیگر، تاب‌آوری به طور مثبت با مکان (آبراهه) و بارش مرتبط است. به این معنی که آبخیز با بارش بهتر در مقایسه با آبخیز با بارش کمتر از مقاومت بیشتری برخوردار است و مناطق پایین‌دست نسبت به مناطق بالادست و میان‌دست تاب‌آوری بیشتری دارند. روستاهای آبخیز نسبت به روستاهای غیرحوضه‌ای (شاهد) از تاب‌آوری بالاتری برخوردارند.

با این حال، انحرافات در این الگوی منطقی وجود دارد: عملکرد بسیار ضعیف روستای واقع در بالادست واحد هیدرولوژیک یک، با وجود این که یک آبخیز نمونه است (عنوان بهترین آبخیز اجرا شده را یدک می‌کشد) و همچنین عملکرد ضعیف و غیرمنتظره روستای واقع در میان‌دست واحد هیدرولوژیک دو نسبت به روستای بالادست، با وجود حرکت به سمت محصولات باغی با ارزش بالا. علت این انحرافات را می‌توان با آب‌زمین‌شناسی این مناطق توضیح داد: از لحاظ آب‌زمین‌شناسی روستای واقع در بالادست واحد هیدرولوژیک یک، حوضه‌ای بسیار کم‌عمق بوده و برای تغذیه آب زیرزمینی آن، شرایط مناسب برای هیچ کدام از مداخلات آبراهه‌ای فراهم نیست.

در نتیجه، با وجود چکدم‌های احداث‌شده و نگهداری شده، روستا نتوانسته از تغذیه آب زیرزمینی بهره‌مند شود و همچنان به چاه‌های کم‌عمق وابسته است و وضعیت در طی سال‌های کم‌بارش بدتر نیز می‌شود.

در مورد میان‌دست واحد هیدرولوژیک دو، الگوی کاربری زمین با پتانسیل آب زیرزمینی همخوانی ندارد. مشخصه این روستا، آبخوان نسبتاً کم‌عمق و با پتانسیل محدود آب زیرزمینی است. به دلیل ماهیت آبخوان، آب‌های زیرزمینی در سال‌های با بارش خوب و بد، با سرعت بیشتری پر و تخلیه می‌شوند. در این روستا، محصولات باغی در غیاب اطلاعات آب‌شناسی ترویج شدند. با افزایش تقاضای آب، چاه‌ها خشک شده و در نتیجه محصولات باغی نیز خشک شدند. به بیان دیگر، از آب‌های زیرزمینی بیش از پتانسیل (بازدهی پایدار) آن‌ها بهره‌برداری شد. تغییر به سمت محصولات با نیاز آبی بالا تا زمانی که بین تقاضا و عرضه تعادل وجود داشته باشد، امکان‌پذیر است. افزایش تقاضا و عرضه آب مازاد بر ظرفیت، دارای اثرات منفی بر چشم‌انداز محصول است.

این دو مورد به روشنی بیان‌گر نقش و اهمیت آب‌زمین‌شناسی و کاربری اراضی برای توضیح و درک اثرات حوزه آبخیز هستند. در غیاب چنین اطلاعاتی، اثرات حوزه، معمولاً به کیفیت اجرا در حوزه‌های آبخیز و یا حداکثر به تغییرات بارش نسبت داده می‌شوند. این نتایج این فرض اصلی را تأیید می‌کند که برای بررسی اثرات باید جنبه‌های زیست‌فیزیکی و آب‌زمین‌شناسی را نیز در نظر گرفت. تلفیق جنبه‌های زیست‌فیزیکی و آب‌زمین‌شناسی زمانی راحت و جامع است که آبخیزها در مرزهای واحدهای آب‌شناسی قرار گیرند. به‌طور کلی، بررسی اثرات نشان می‌دهد که آبخیزهای متوسط‌مقیاس می‌توانند از لحاظ مزایا در مقیاس‌های بالادست و پایین‌دست متفاوت باشند.

فعالیت‌ها

به فراگیران پیشنهاد می‌شود که قبل از کلاس مطالب را مطالعه کنند. از فراگیران درخواست می‌شود که در کلاس در وهله اول به مسابقه خودارزیابی پاسخ دهند. سپس، مطالعه موردی به تفصیل مورد بحث قرار می‌گیرد. همچنین به فراگیران پیشنهاد می‌شود که پرسشنامه‌های خانوار مربوط به فصل نه را بررسی کنند. فراگیران گروه‌هایی را تشکیل داده و در مورد موضوعات زیر بحث کنند:

الف) مناسب بودن روش‌ها و ابزارهای بررسی در زمینه خودشان.
ب) تمرین برای شناسایی شاخص‌های مناسب سرمایه‌های مختلف و بحث در مورد محدودیت‌های داده‌ای.

ج) بحث در مورد اهمیت تاب‌آوری به‌عنوان یک شاخص اثر و نحوه سنجش آن.

چ) سنجش مناسب اثرات و محدودیت‌های مرتبط با آن.

ح) بحث در مورد پرسشنامه‌ها و مناسب بودن آن‌ها.

فصل ۷- بخش شش: داده و مدل‌های تصمیم‌گیری یکپارچه

راتنا ردی^۱، سایم^۲، و تالاپراگادا^۱

^۱ مؤسسه مدیریت معیشت و منابع طبیعی، حیدرآباد، هند

^۲ دانشگاه ادیت کوان، پرت، استرالیا

مقدمه

برنامه‌های آبخیز در سامانه‌های بسیار پیچیده اجتماعی و زیست‌فیزیکی اجرا می‌شوند که می‌توانند به طرق مختلف مثبت یا منفی بر محیط طبیعی و زندگی مردم تأثیرگذار باشند. شبکه‌های بیزی^۳ یک ابزار مدل‌سازی منعطف هستند که می‌توان از آن‌ها برای بهبود و ساختاربندی درک ما از حوزه‌های آبخیز و سایر سامانه‌های اجتماعی-اکولوژیکی به شیوه‌ای یکپارچه استفاده کرد. رویکرد بیزی در شرایطی مفید است که بررسی اثر تا حدی متکی بر دانش کیفی است یا این‌که درک ناقص و مبهمی از فرایندهای سامانه وجود دارد. از این رویکرد می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای درک بهتر سامانه و همچنین تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده کرد. در این بخش ابتدا مروری کوتاه بر رویکرد بیزی ارائه می‌شود. سپس فرایند توسعه مورد استفاده برای ساخت مدل‌ها بیان می‌شود و در ادامه نیز رفتار و عملکرد مدل ارائه می‌شود.

هدف

در این بخش، یک رویکرد مبتنی بر مدل ارائه شده است که در آن با استفاده از روش شبکه بیزی و چارچوب معیشت پایدار، شاخص‌های زیست‌فیزیکی و اجتماعی-اقتصادی با هم در ارتباط هستند. از چنین مدل‌هایی می‌توان برای شناخت

¹ Livelihoods and Natural Resources Management Institute, Hyderabad, India.

² Edith Cowan University, Perth, WA, Australia.

³ Bayesian networks

اثرات آبخیزها و ساخت سناریوهایی برای مدل‌سازی توسعه آینده یا تغییرات عوامل اثر کلیدی استفاده کرد.

مقاصد

در پایان فرایند یادگیری، شرکت‌کنندگان قادر به درک موارد زیر هستند:

۱. چگونه می‌توان از رویکرد بیزی برای ساختاربندی درک، تجزیه و تحلیل و ارتباطات مسائل پیچیده مدیریت منابع طبیعی، استفاده کرد.
۲. درک نحوه هماهنگی فرایند توسعه بیزی با مراحل دستورالعمل‌های رایج.
۳. قادر به کار با مدل‌سازان برای تبیین ارتباط بین مداخلات توسعه آبخیز و سایر محرک‌ها با شاخص‌های معیشت پایدار و تاب‌آوری در یک نمودار اثر بیزی.
۴. قادر به کار با مدل‌سازان برای طراحی روش‌های نظرسنجی از خانوار که برای ساخت یک مدل بیزی موردنیاز است.

روش‌شناسی

این بخش از رویکرد مطالعه موردی استفاده می‌کند. فراگیران با روش بیزی و نحوه استفاده از آن برای مرتبط کردن مداخلات توسعه آبخیز با شاخص‌های معیشت پایدار و تاب‌آوری آشنا خواهند شد. توصیه می‌شود که شرکت‌کنندگان ابتدا مروری بر مطالعه موردی داشته باشند و اطلاعات کلیدی را یادداشت کنند و سپس فعالیت‌های ارائه شده در پایان بخش را انجام دهند. در این بخش فرایند تلفیق و یکپارچه‌سازی انجام می‌شود که طی آن فراگیران باید از آموخته‌های بخش‌های فنی و اجتماعی-اقتصادی استفاده کنند.

مدل‌های بیزی چیست؟

بیزی یک رویکرد مدل‌سازی احتمالاتی است. لازمه موفقیت برنامه‌های مدیریت منابع طبیعی، نمایش روابط بین عوامل زیست‌فیزیکی و اجتماعی است و از آنجا که

مدل‌های بیزی برای این منظور مناسب هستند، لذا در زمینه مدل‌سازی محیطی محبوبیت یافته‌اند. شبکه‌های بیزی می‌توانند برای ساختاربندی، شفاف‌سازی و انتقال نتایج مدل به ذینفعان بسیار مفید باشند.

روش کار مشتمل بر دو بخش است: (۱) "نمودار تأثیر" یا نموداری که نشان‌دهنده ارتباط بین اجزا (متغیرها) است و (۲) جداول احتمال که روابط بین اجزا را توصیف می‌کند. نمودار تأثیر را می‌توان در یک محیط مشارکتی توسعه داد و بنابراین برای مفهوم‌سازی و برنامه‌ریزی سامانه مفید است. در مورد حوزه‌های آبخیز، منظور از مفهوم‌سازی سامانه، فرایند درک چگونگی تعامل و تأثیر متقابل اجزای سامانه طبیعی (به‌عنوان مثال، آب و زمین) و سامانه‌های اجتماعی (دسترسی به منابع، تصمیم‌گیری در مورد کاربری زمین، مهارت‌ها و غیره) بر یکدیگر است. این فرایند اهمیت و ضرورت در نظر گرفتن اجزای سامانه را به صورت یکپارچه و با هم و نه جدا از هم مشخص می‌کند.

این فرایند می‌تواند به موارد زیر کمک کند:

- شناسایی ویژگی‌های سامانه‌های طبیعی و اجتماعی در حوزه آبخیز.
- تشخیص دانش و تفکر فعلی در مورد آبخیز.
- شناسایی گپ اطلاعات، اولویت‌ها و اجزای ضروری برای لحاظ در برنامه‌ریزی، اجرا و ارزیابی.
- ایجاد درک مشترک از سامانه در بین ذینفعان.
- افزایش میزان درک و آگاهی ذینفعان مختلف نسبت به آبخیز.

در شکل زیر نمونه ساده‌ای از یک بیزی نشان داده شده است. با توجه به فعالیت‌های معیشتی کشاورزی خانوارها، دو متغیر بر داشتن یا نداشتن ارتباطات اداری^۱ آن‌ها مؤثر است: پوشش توسعه آبخیز^۲ در منطقه روستای آن‌ها و عضویت در

^۱ administrative connections

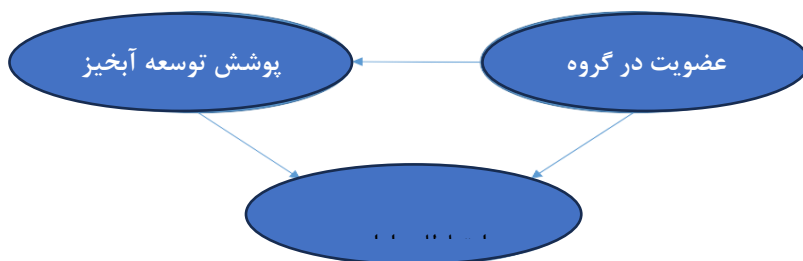
^۲ Watershed Development coverage (WSDcoverage)

گروه‌های^۱ مرتبط مانند مصرف‌کنندگان آب، تولیدکنندگان، یا گروه‌های خودیاری. پوشش توسعه آبخیز تأثیر مستقیمی بر عضویت گروه دارد، که منعکس‌کننده مداخلات اجتماعی-اقتصادی یا نهادی اجرا شده در برنامه توسعه آبخیز است.

جدول ۷-۱- نمونه‌ای ساده از یک بیزی

عضویت در گروه (مرتبط)		پوشش توسعه آبخیز	
		اجراشده	اجرا نشده
خیر		۰/۳۵	۰/۸
بله		۰/۶۵	۰/۲

اجراشده	اجرا نشده
۰/۶	۰/۴



شکل ۷-۱- نمونه ساده یک بیزی

جدول ۷-۲- نمونه ساده‌ای از یک بیزی

ارتباطات اداری (مؤثر)		پوشش توسعه آبخیز	عضویت در گروه
بله	خیر		
۰/۰۵	۰/۹۵	اجراشده	خیر
۰/۴	۰/۶	اجراشده	خیر
۰/۶	۰/۴	اجراشده	بله
۰/۷۵	۰/۲۵	اجراشده	بله

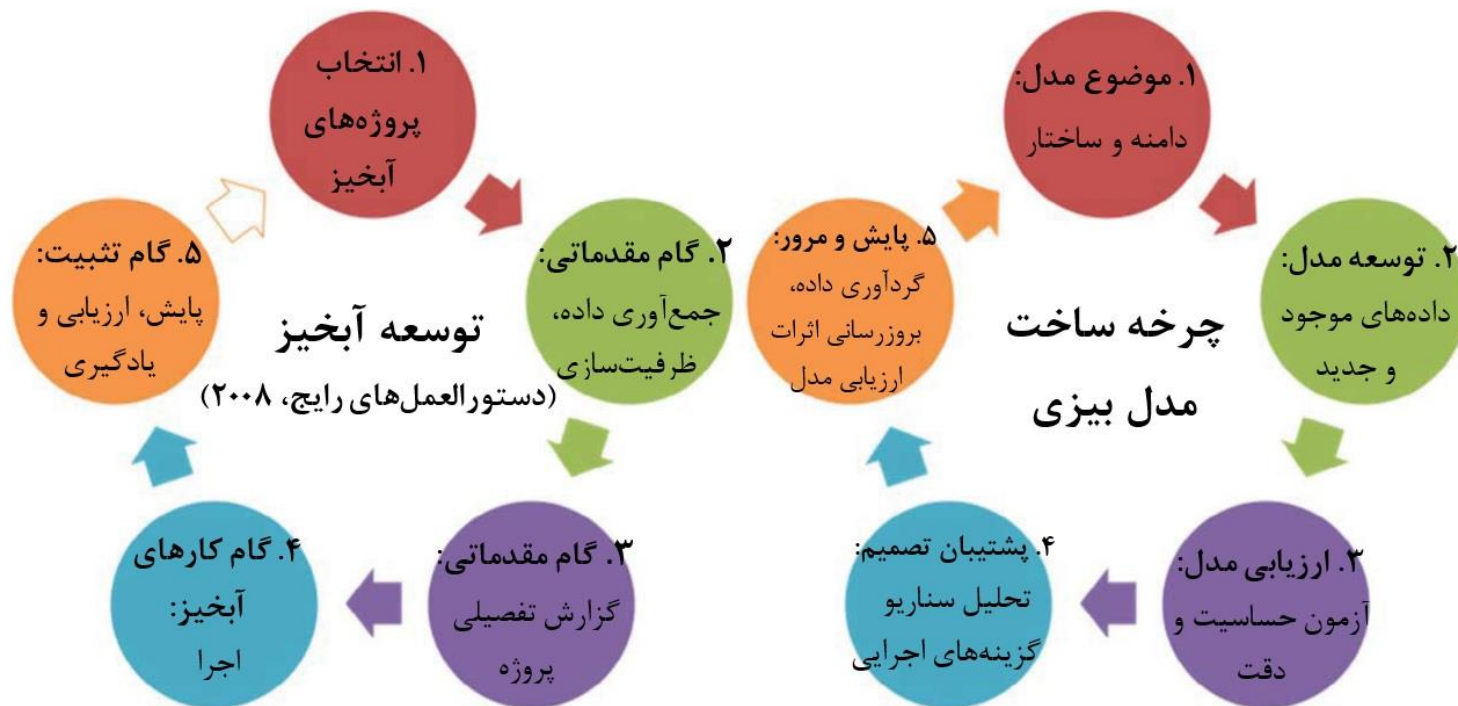
¹ group membership

----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۱۱۳

جدول احتمال شرطی برای ارتباطات اداری را می‌توان از طریق بررسی داده‌ها (در ادامه این بخش ارائه می‌شود)، یا از کارشناسان، و یا مستقیماً از جامعه (به‌عنوان مثال، از طریق مباحثه‌های گروهی متمرکز یا مصاحبه با افراد مطلع کلیدی) استخراج کرد.

مدل‌های بیزی چه اطلاعاتی برای توسعه آبخیز ارائه می‌دهد؟

در این بخش، از مدل‌های بیزی برای تجزیه و تحلیل داده‌های بررسی خانوار که در گذشته و پس از اجرای آبخیز جمع‌آوری شده بود، استفاده شد (مربوط به گام ۵ ساخت مدل بیزی و چرخه‌های توسعه آبخیز (شکل ۷-۲) که در ادامه ارائه می‌شوند). با این حال، رویکرد بیزی رویکردی منعطف است که پتانسیل استفاده برای طیف وسیعی از اهداف را دارد. فرایند توسعه مدل تا حدی مکمل دستورالعمل‌های رایج برای توسعه آبخیز است. توسعه بیزی می‌تواند از طریق توسعه نمودارهای تأثیر (گام یک چرخه ساخت مدل بیزی) در فرایندهای مشارکتی مانند بحث‌های گروه متمرکز و تجزیه و تحلیل داده‌های پایه، اطلاعاتی را در خصوص فاز مقدماتی پروژه‌های آبخیز ارائه کند.



شکل ۷-۲- ساخت مدل بیزی و چرخه‌های توسعه آبخیز

از نمودارهای تأثیر می‌توان برای تبیین درک ذینفعان (به‌عنوان مثال، اعضای جامعه، سازمان‌های غیردولتی، سازمان‌های دولتی یا محققان) از حوزه آبخیز، شناسایی فرصت‌ها و محدودیت‌های توسعه آبخیز، و برای انتخاب شاخص‌های ضروری برای پایش قبل (داده‌های پایه) و پس از اجرا استفاده کرد. اجرای مدل بیزی با داده‌های پایه، ارزیابی مدل، و تحلیل سناریو (گام‌های دو الی چهار در چرخه ساخت مدل بیزی) می‌تواند اطلاعاتی را در خصوص انتخاب و اولویت‌بندی گزینه‌های مداخله در توسعه آبخیز ارائه دهد. در نهایت، استفاده از مدل برای تجزیه و تحلیل داده‌های پایش‌شده در دوره پس از اجرا می‌تواند به ارزیابی و یادگیری مؤلفه گام تثبیت کمک کند.

برای گام‌های اولیه چرخه ساخت مدل بیزی (ساختار نمودار تأثیر و تعریف متغیرها) نیاز است که در مورد موارد زیر فکر شود:

- نتایج مد نظر و شاخص‌هایی که می‌توان از آن‌ها برای سنجش میزان پیشرفت استفاده کرد (این‌ها می‌توانند خروجی‌های مدل بیزی باشند)،
- مداخلاتی که منجر به تغییر شاخص‌های خروجی می‌شود، و سایر محرک‌هایی^۱ که می‌توانند اثربخشی مداخلات را متاثر کنند (مانند اقلیم، نوسانات بازار، و سایر محرک‌های سیاسی)،
- فرایندها یا متغیرهای واسطه که بر شاخص‌های خروجی اثرگذار هستند. نمودار زیر نشان می‌دهد که چگونه می‌توان با فکر کردن در مورد محرک‌ها، فرایندها و خروجی‌ها، سلسله مراتب بیزی و بررسی اثرات را تعریف کرد و شروع به ساخت نمودار اثر کرد (شکل ۷-۳). این نمودار همچنین به برنامه‌ریزی گام‌های جمع‌آوری داده کمک می‌کند، اگرچه در طول فرایند توسعه، نمودار اثر را باید دائماً

^۱ محرک‌ها عوامل طبیعی یا انسانی هستند که منجر به تغییر در یک سیستم می‌شوند (تاب‌آوری خانوار در برابر خشکسالی). این محرک‌ها می‌توانند شامل عوامل جمعیت‌شناختی، اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، فرهنگی، علم و فناوری، اقلیم و عوامل محیطی باشند. آن‌ها ممکن است مستقیماً سامانه را تغییر دهند (محرک‌های مستقیم) یا باعث تغییر در یک سامانه از طریق فرایندها یا محرک‌های دیگر (محرک‌های غیرمستقیم) شوند.

براساس موجود بودن و ماهیت داده‌ها، تجزیه و تحلیل و آزمون آن با استفاده از مدل بیزی، و سایر آموخته‌هایی که در طول پروژه حاصل می‌شوند، به‌روزرسانی کرد.

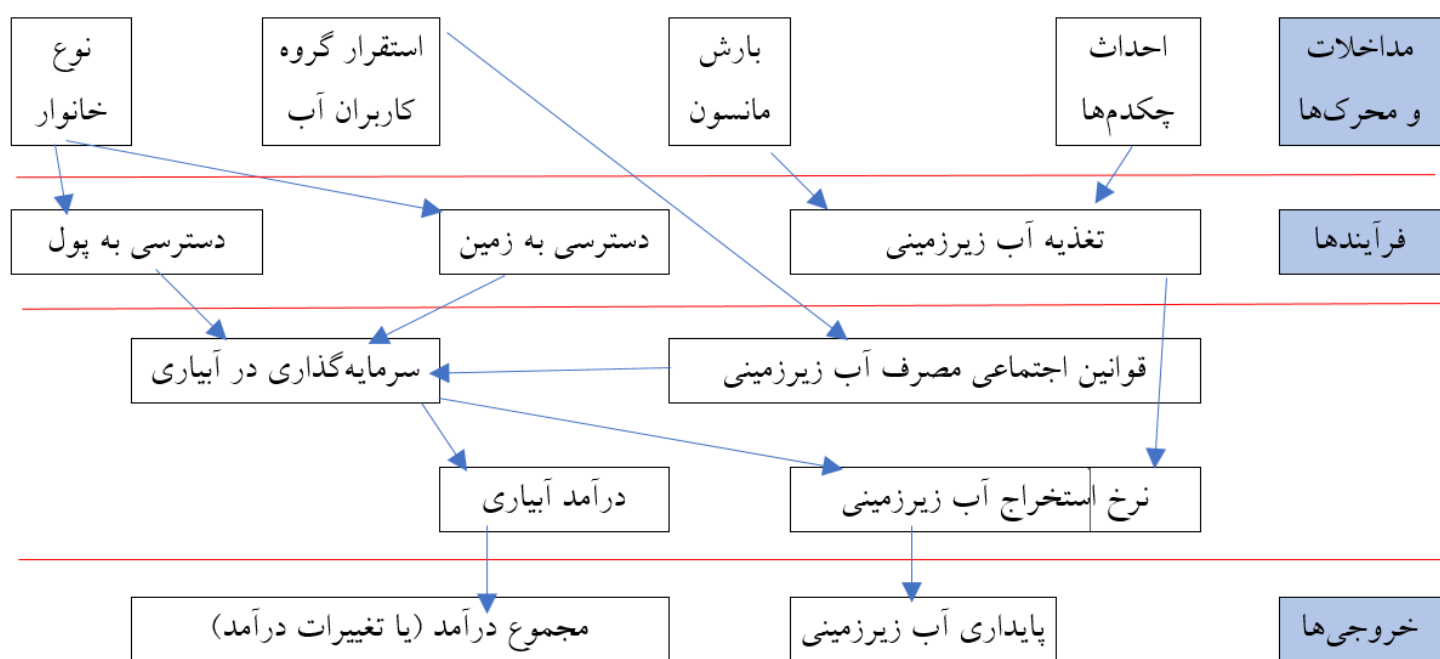
مدل‌های بیزی، چارچوب معیشت‌های پایدار و توسعه آبخیز

چارچوب‌های رسمی مانند SL روش مشخصی را برای تعیین شاخص‌های کلیدی و ساختاربندی جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها ارائه می‌کنند. این چارچوب‌ها در ساختاربندی نمودارهای اثر بیزی‌ها نیز مفید هستند. بیشتر مطالعاتی که به بررسی اثربخشی برنامه‌های مداخله آبخیز یا کشاورزی در مقوله معیشت پرداخته‌اند، از نوع جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل این داده‌ها با استفاده از تکنیک‌های سنجش اقتصادی و رگرسیون است. رویکرد بیزی که در این بخش ارائه شده و در قالب روش SL قرار گرفته است، مکملی برای تکنیک‌های سنجش اقتصادی و رگرسیون محسوب شده و به کاربران اجازه می‌دهد تا تعاملات، اثر و علت داده‌ها را نیز بررسی کنند.

اریک کمپ بندیکت^۱ و همکارانش در یک مطالعه موردی واقع در استان سیساکت^۲ در شمال شرقی تایلند، رویکرد مشابهی را به‌کار برده و بیزی‌ها را با چارچوب SL برای شناخت ارتباطات مداخلات مرتبط با آب و نتایج معیشت مورد استفاده قرار دادند.

^۱ Eric Kemp-Benedict

^۲ Sisaket province



شکل ۷-۳- تعریف سلسله مراتب بیزی و بررسی اثرات از طریق محرک‌ها، فرایندها و خروجی‌ها

Calder و همکاران (۲۰۰۶) نیز با هدف بهبود درک مشترک ذینفعان از ارتباطات علت و معلولی بین عواملی که برای موفقیت دو طرح توسعه آبخیز در هند ضروری است، مدل‌های بیزی پایلوت را توسعه دادند (اگرچه با رویکرد SL قالب‌بندی نشده است) تا پتانسیل بیزی‌ها را برای بهبود تصمیم‌گیری تاکتیکی در مکان‌ها و زمان‌های مختلف تعیین کنند.

داده‌های موردنیاز

از بیزی‌ها می‌توان در شرایط داده کم و محدود یا غنی از داده استفاده کرد. نمودار اثر را می‌توان مکرراً با ذینفعان ترسیم کرد. در شرایط محدودیت داده، می‌توان توزیع احتمال را با استفاده از اطلاعات کسب‌شده از ذینفعان تعیین کرد. در صورتی که داده‌های وسیعی موجود باشد (مانند بررسی‌های خانوار)، می‌توان روابط آماری را با استفاده از نرم‌افزارهای آماری شناسایی کرد که معادل سایر تحلیل‌های آماری مانند رگرسیون است. از خروجی‌های سایر مدل‌ها مانند مدل‌های آب‌شناسی فرایندمحور نیز می‌توان برای استفاده در یک مدل بیزی بهره برد.

نرم‌افزار

بسته‌های نرم‌افزاری زیادی برای شبکه بیزی موجود است. ما از نرم‌افزار Netica که نسبتاً ارزان و آسانی است، استفاده کردیم. این نرم‌افزار را می‌توان از آدرس <https://www.norsys.com/download.html> دانلود کرد. نسخه ویندوز Netica قابل نصب بر روی کامپیوترهای با ویندوزهای ۲۰۰۰، XP، Vista، ۷، ۸ و مکینتاش است. از وب‌سایت مذکور می‌توان نسخه آزمایشی Netica را نیز برای مکینتاش دانلود کرد.

چه کسانی می‌توانند از خروجی‌ها استفاده کنند (سادگی فنی)

شبکه‌های بیزی در مقایسه با سایر روش‌های مدل‌سازی نسبتاً ساده هستند. با آموزش محدودی می‌توان یک شبکه بیزی ساده را درک و استفاده کرد. پس از توسعه بیزی‌ها، می‌توان از آن‌ها به راحتی و با سرعت برای بررسی سناریوهایی مانند گزینه‌های تصمیمات مدیریت یا شرایط اقلیمی استفاده کرد که برای استفاده محققان و کارکنان سازمان مناسب است. برای استفاده از بیزی‌ها در محیط‌های مشارکتی که ذینفعان مهارت‌های فنی متفاوتی دارند، باید احتیاط کرد. در این موارد، شاید بهتر باشد که از یک تسهیل‌گر برای بیان و ارائه خروجی‌های مدل و بهبود مباحثه جمعی در مورد خروجی‌ها و پیامدهای آنها، استفاده کرد.

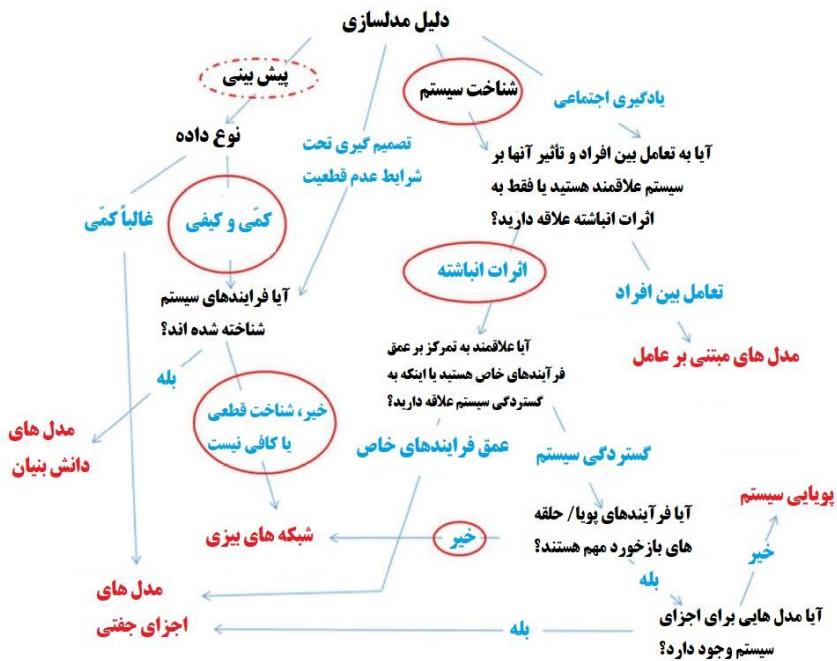
توسعه یک بیزی یا بروزرسانی آن نیاز به الزامات فنی کمتری نسبت به سایر رویکردهای مدل‌سازی دارد. افراد با مهارت‌های مختلف در جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها به راحتی می‌توانند نحوه استفاده از نرم‌افزار نتیکا را بیاموزند. در سامانه‌های اجتماعی-اکولوژیکی (مانند آبخیزها)، مشکل‌ترین مسئله در ساخت و به‌کارگیری از بیزی‌ها ناشی از پیچیدگی این سامانه‌ها است، به این معنی که دانش ما در مورد این سامانه‌ها ناقص و بسیار نامشخص است. مهمترین چالش‌ها نیز شناسایی بهترین "ساختار" مدل و گردآوری داده‌های موجود (از منابع موجود و جدید) برای تکمیل مدل است. با توجه به این چالش‌ها، استفاده از رویکرد مشارکت ذینفعان در توسعه مدل‌های بیزی بسیار راهگشا است.

مدل‌های بیزی متوسط مقیاس: مطالعه موردی

در پروژه آبخیز، براساس چارچوب معیشت پایدار از بیزی‌ها به‌عنوان ابزاری برای تحلیل داده‌های اجتماعی-اقتصادی در سطح خانوار که با استفاده از بررسی اثر غیرتصادفی گذشته‌نگر^۱ جمع‌آوری شده بودند، استفاده شد (شکل ۷-۴). اهداف مدل‌سازی بیزی شامل: (۱) یکپارچه‌سازی اطلاعات زیست‌فیزیکی و اجتماعی-

¹ retrospective nonrandom impact assessment

اقتصادی جمع‌آوری شده و اندازه‌گیری شده به وسیله شرکای پروژه و ۲) شناسایی عواملی که بیشترین تأثیر را بر سرمایه‌های معیشت پایدار در سطح خانوار دارند و این که آیا توسعه آبخیز معیشت خانوارها و تاب‌آوری آن‌ها در برابر خشکسالی را در روستاهای مورد مطالعه بهبود بخشیده است؟



شکل ۷-۴- مدل بیزی در پروژه آبخیز، برای تحلیل داده‌های اجتماعی-اقتصادی در سطح خانوار (منبع: کلی، و همکاران، ۲۰۱۳). انتخاب از بین پنج رویکرد مدل‌سازی رایج برای ارزیابی و مدیریت یکپارچه محیط.

در این پروژه می‌توان از تعدادی از انواع مدل به عنوان ابزاری برای یکپارچه‌سازی اطلاعات استفاده کرد. در این پروژه قبلاً برای یک مشکل خاص، چارچوبی برای انتخاب "بهترین‌ها" با استفاده از معیارهای مهم ارائه شد که با دایره‌های قرمز نشان داده شد که دلیل استفاده از بیزی‌ها را مشخص می‌کند. هدف اولیه مدل‌سازی، درک بیشتر سامانه، با کمی تمرکز بر پیش‌بینی بود. ما بیشتر علاقه‌مند به بررسی اثرات

انباشته بودیم برای مثال، بررسی تفاوت‌های بین انواع خانوار (براساس اندازه مزرعه، طبقه، و غیره)، موقعیت جغرافیایی (بالادست و پایین‌دست در دو واحد آب‌شناسی)، و این‌که آیا خانوارها در مناطقی که مداخلات توسعه آبخیز اجرا شده‌اند، سکونت دارند؟ در این پروژه داده‌های جمع‌آوری شده شامل داده‌های کمی و کیفی خانوارها بود. ماهیت پروژه‌های توسعه آبخیز این است که تنوع زیادی داشته (به‌عنوان مثال، در انواع خانوارها و در مناطق مختلف جغرافیایی) و لذا عدم قطعیت زیادی وجود دارد و فرایندهای سامانه به خوبی درک نشده‌اند. در فرایند انتخاب مدل، آخرین ملاحظات در ارتباط با نمایش پویایی فرایند یا بازخوردها در مدل است. اگرچه سامانه‌های اجتماعی-اکولوژیکی دارای ماهیتی پویا هستند و تعاملات و بازخوردهایی بین سامانه‌های زیست‌فیزیکی و اجتماعی-سیاسی وجود دارد، ما توانستیم نمایش آن‌ها در مدل را ساده‌سازی کنیم (به‌عنوان مثال، با نمایش «قبل از توسعه آبخیز» و «پس از توسعه آبخیز»).

پیوند مداخلات آبخیز با تاب‌آوری خانوار

در این پروژه از یک تعریف کاربردی برای تاب‌آوری استفاده شد و بیزی‌ها مبتنی بر داده‌های بررسی خانوارها ساخته شدند. این تعریف عبارت است از: «تعداد سال‌های خشکسالی که یک خانوار می‌تواند بدون نیاز به تغییر وسایل زندگی خود طاقت بیاورد». برای مثال، یک خانوار کشاورز که تاب‌آور نیست، ممکن است پس از یک سال خشکسالی نتواند محصولات کشاورزی را کشت کند، در حالی که خانوارهای کشاورز تاب‌آورتر ممکن است بتوانند تا دو سال یا بیشتر به فعالیت‌های خود ادامه دهند. خانوارهای مختلف بسته به فعالیت‌های معیشتی خود، تاب‌آوری متفاوتی نسبت به خشکی دارند. میزان تاب‌آوری خانوارهایی که زمین ندارند، بستگی به ظرفیت آن‌ها برای ادامه تولیدات دامی یا انجام فعالیت‌های کشاورزی یا سایر فعالیت‌ها در طی دوره‌های خشکسالی دارد.

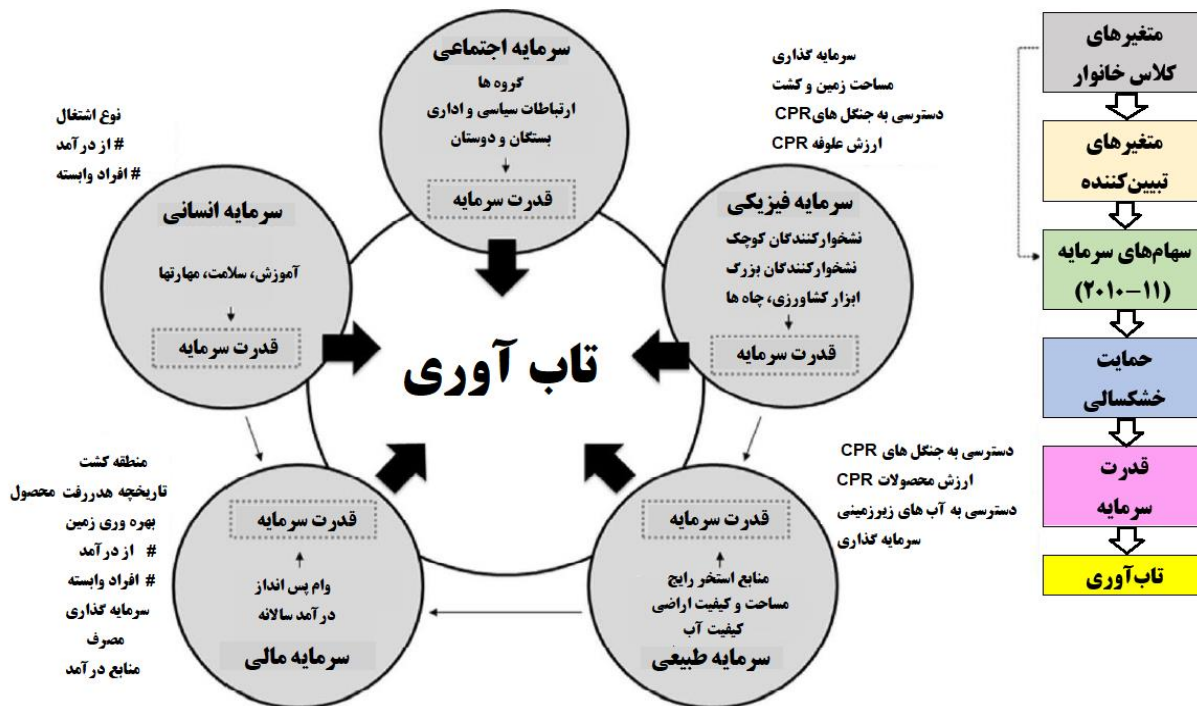
از چارچوب معیشت پایدار به‌عنوان چارچوبی مفهومی که ساختار مدل بیزی بر روی آن بنا شد، استفاده گردید (شکل ۷-۵- سمت چپ). میزان ذخایری که یک خانوار می‌تواند از آن‌ها برای ادامه فعالیت‌های معیشتی خود استفاده کند، بر تاب‌آوری خانوار در برابر خشکسالی مؤثر است. مقادیر اصلی نشان داده شده برای هر نوع سرمایه (به‌عنوان مثال، آموزش، سلامت، و مهارت‌های سرمایه انسانی) به‌طور مستقیم با سؤالات بررسی خانوار که براساس مباحثه‌های متمرکز گروهی و تحقیقات گذشته در این مناطق حاصل شده، مطابقت دارد و شاخص‌های اصلی معیشت محسوب می‌شوند. عوامل مؤثر بر این مقادیر با رنگ آبی مشخص شده است. به‌عنوان مثال، ذخایر دارایی‌های سرمایه انسانی متأثر از نوع اشتغال، تعداد افراد تحت تکفل، و درآمد یک خانوار است.

برای کاهش پیچیدگی کلی مدل، مدل‌های فرعی برای هر یک از پنج سرمایه توسعه یافت که همه به یک شکل ساختار یافته‌اند (شکل ۷-۵- سمت راست). برای ورودی‌های مدل باید مشخص شود که آیا خانوار در روستایی زندگی می‌کند که مداخلات توسعه آبخیز را دریافت کرده است، واحد آب‌شناسی محل زندگی خانوار، موقعیت روستای خانوار در داخل واحد آب‌شناسی (پایین‌دست، میان‌دست یا بالادست)، مزرعه خانگی (نمودی از وضعیت اقتصادی) و طبقه اجتماعی خانوار.

متغیرهای کلاس خانوار به‌طور مستقیم و غیرمستقیم (از طریق عوامل مؤثر بر میزان سرمایه) بر متغیرهای موجودی سرمایه تأثیر می‌گذارند. متغیرهای موجودی سرمایه به‌عنوان میزان موجودی در اختیار یک خانوار پس از مداخلات آبخیز هستند. این موجودی به خانوارها کمک می‌کند تا فعالیت‌های معیشتی خود را در طول خشکسالی حفظ کنند، اگرچه مدت زمان حفظ فعالیت‌های معیشتی بستگی به نوع و مقدار موجودی در اختیار خانوار دارد. از مخاطبین نظرسنجی پرسیده شد که چگونه موجودی یک شاخص سرمایه خاص توانایی آن‌ها را برای ادامه معیشت افزایش

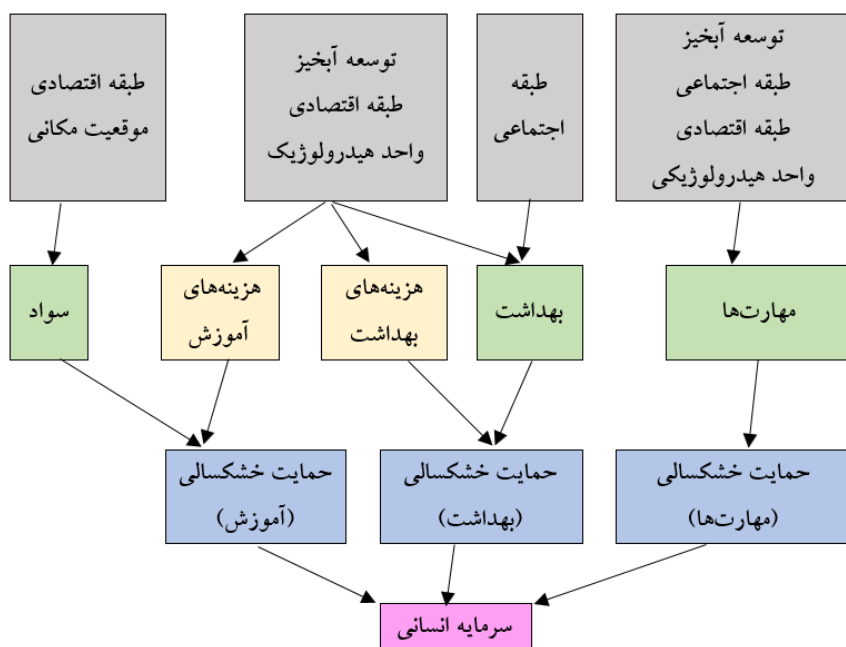
----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۱۲۳

می‌دهد. در مدل بیزی از این داده‌ها به عنوان متغیرهای «حمایت از خشکسالی» استفاده می‌شود که برای تعیین «قدرت سرمایه» با هم تجمیع می‌شوند.

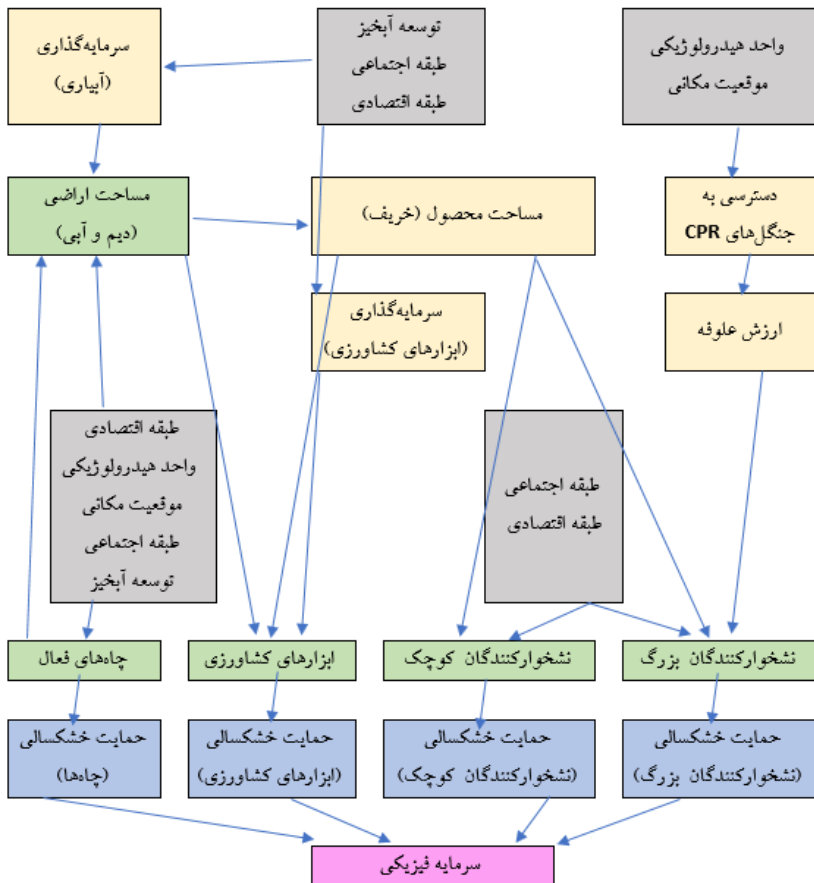


شکل ۷-۵- چارچوب مفهومی معیشت پایدار به عنوان زیربنای مدل بیزی (منبع: مریت، و همکاران، ۲۰۱۶). مدلسازی معیشت و تاب آوری خانوارها در برابر خشکسالی با استفاده از شبکه های بیزی.

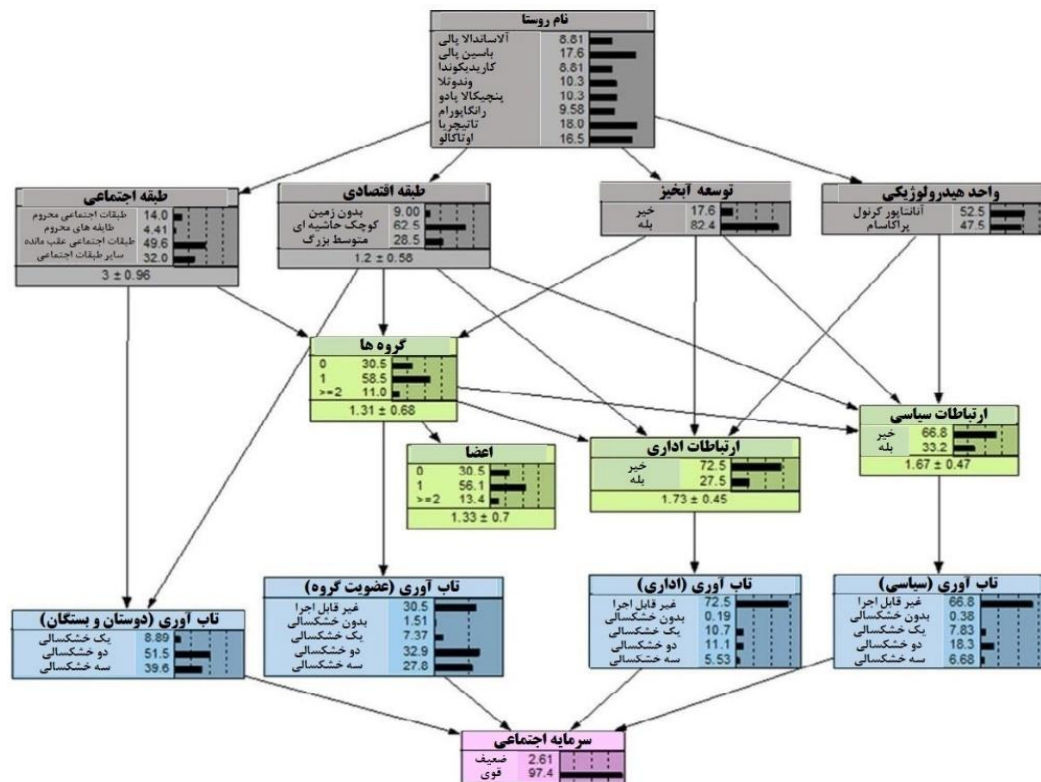
متغیر «تاب‌آوری»، ارتباط بین متغیرهای قدرت سرمایه از هر زیرمدل برقرار را کرده و امکان بررسی اهمیت نسبی هر یک از انواع سرمایه را فراهم می‌کند. در ادامه، زیرمدل‌های سرمایه انسانی (شکل ۷-۶) و سرمایه طبیعی (شکل ۷-۷) به‌عنوان نمونه ارائه شده است.



شکل ۷-۶- زیرمدل سرمایه انسانی در مدل بیزی به‌عنوان یک متغیری برای حمایت از خشکسالی



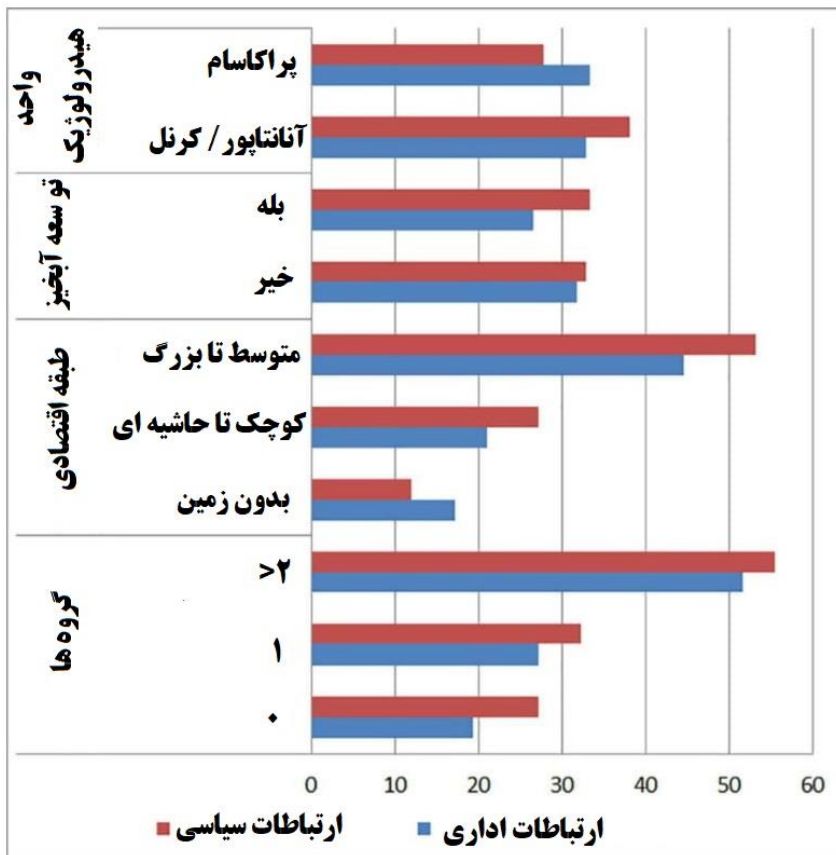
شکل ۷-۷- زیرمدل سرمایه انسانی در مدل بیزی به‌عنوان یک متغیری برای حمایت از خشکسالی



شکل ۷-۸- زیرمدل سرمایه انسانی در مدل بیزی به عنوان یک متغیری برای حمایت از خشکسالی

نمایش زیرمدل سرمایه اجتماعی

در بین پنج سرمایه، زیرمدل سرمایه اجتماعی ساده‌ترین است که از آن برای نمایش نحوه استفاده از بیزی‌ها استفاده شد. در شکل ۷-۹، توزیع‌های غیرشرطی متغیرهای مدل که نشان‌دهنده «تعداد متناسب» در کل مجموعه داده‌ها (یعنی همه خانوارها از همه روستاها) است، ارائه شده است.



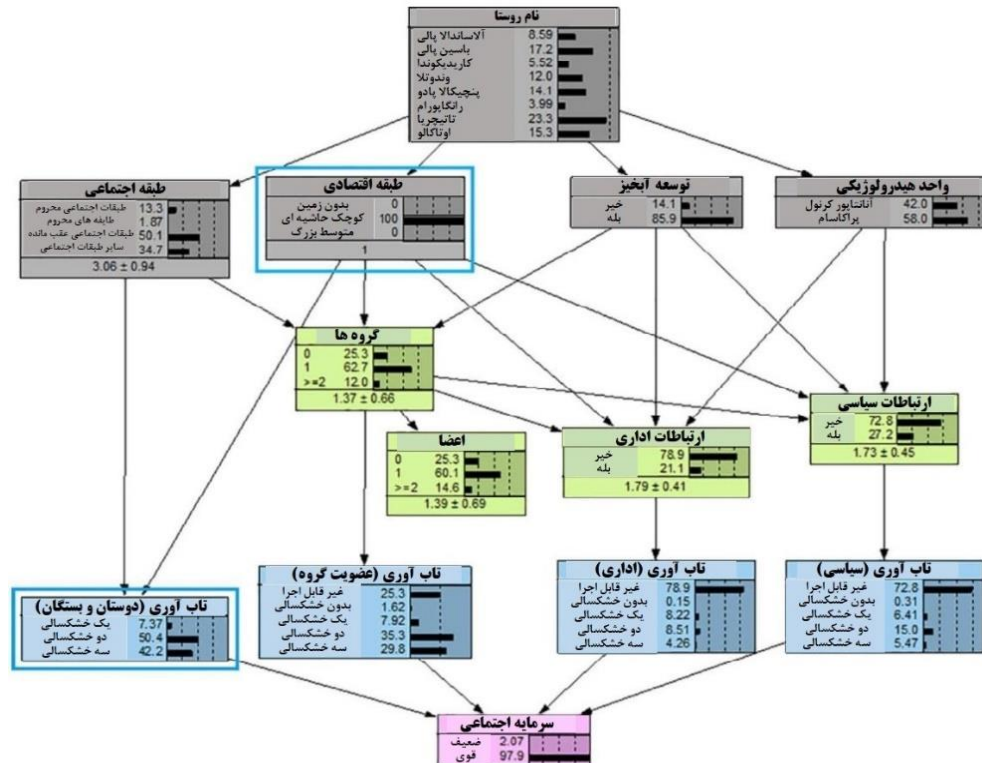
شکل ۷-۹- توزیع‌های غیرشرطی متغیرهای مدل

اگر سرمایه اجتماعی خانواری که بتواند دو یا سه خشکسالی را طاقت بیاورد، «قوی» فرض شود، با این فرض بیشتر خانوارها در گروه دارای سرمایه اجتماعی قوی

قرار می‌گیرند. دلیل این موضوع این است که تقریباً همه خانوارها ابراز داشته‌اند که در صورت بروز خشکسالی، اقوام و دوستان روستاهای مجاور نقش حمایتی در مورد فعالیت‌های معیشتی آن‌ها ایفا می‌کنند.

در کل مجموعه داده‌ها، ۳۰/۵ درصد از خانوارها از یک گروه شرکت نکردند. مشارکت گروهی خانوارها برای داشتن ارتباطات سیاسی یا اداری مؤثر، ضروری نبود. با این حال، زمانی که تعداد گروه‌هایی که خانواده‌ها در آن شرکت می‌کنند دو یا بیشتر باشد، احتمال این ارتباطات به بیش از ۵۰ درصد افزایش می‌یابد (در شکل زیر از بخش راست، پانل پایین را ببینید). شرکت در یک گروه بستگی به وضعیت اقتصادی خانوار داشت. مشارکت گروهی افرادی که مزارع بزرگ‌تری داشتند بیشتر بود. رابطه مشخصی بین توسعه آبخیز و مشارکت گروهی ملاحظه نشد.

با اتمام تنظیم بیزی، کشف روابط مدل برای کاربران غیرفنی آسان خواهد شد. در شکل ۷-۱۰، متغیر «بخش اقتصادی» به کشاورزان «حاشیه‌ای کوچک» مشروط شده است و با تنظیم آن بر روی ۱۰۰ درصد، احتمالات تمامی متغیرها به روز می‌شوند تا داده‌ها را فقط برای این کشاورزان منعکس کند. ۲۵ درصد از این خانوارها در گروه شرکت ندارند. ۷/۴ درصد از خانوارهای کشاورز کوچک یا حاشیه‌ای ابراز تاب‌آوری پایین (بستگان و دوستان) می‌کنند، اما به دلیل سایر متغیرهای حمایتی خشکسالی، سرمایه اجتماعی عمدتاً قوی است (۹۸ درصد).



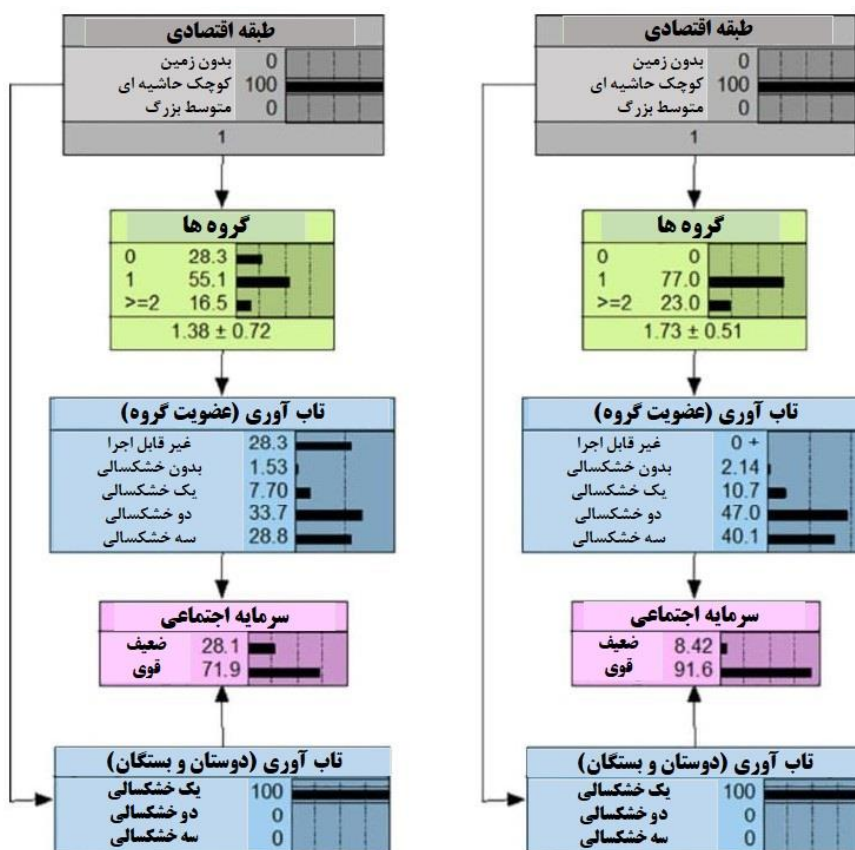
شکل ۷-۱۰- مشروط شدن متغیر اقتصادی به کشاورزان حاشیه‌ای کوچک

اگر بخواهیم تمرکز بیشتری بر روی خانوارهای کشاورز کوچک یا حاشیه‌ای که تاب‌آوری پایینی (بستگان و دوستان) دارند، داشته باشیم، احتمال عدم قرارگیری آن‌ها در گروه، اندکی (از ۲۵ به ۲۸ درصد) افزایش می‌یابد. با این حال، با توجه به این‌که این خانوارها نیز تمایلی به داشتن ارتباطات اداری یا سیاسی ندارند، به این معنی است که احتمال سرمایه اجتماعی "ضعیف" از دو به ۲۸ درصد افزایش یافته است (شکل ۱۱-۷-سمت چپ). این مدل نشان می‌دهد که اگر بتوانیم این خانواده‌ها را به مشارکت در گروه‌ها واداریم، ممکن است بتوانیم قدرت سرمایه اجتماعی آن‌ها را افزایش دهیم، البته نه به اندازه‌ای که از حمایت دوستان یا خانواده برخوردار باشند (شکل ۱۱-۷-سمت راست).

چالش‌های ارزیابی حوزه‌های آبخیز با مدل‌های بیزی

برای این‌که رویکرد بیزی ابزاری کاربردی و مؤثر باشد و بتواند به‌وسیله طیف وسیعی از سازمان‌های دولتی و غیردولتی برای طراحی و بررسی خوشه‌های برنامه مدیریت یکپارچه آبخیزهای متوسط مقیاس و درک کلی برنامه‌های آینده مورد استفاده قرار گیرد، باید به نکاتی توجه کرد. مانند هر ابزار تحلیلی دیگر، لازم است تلاش وافری انجام شود تا:

- مجموعه داده‌های زیست‌فیزیکی و اجتماعی-اقتصادی بلندمدتی را فراهم کرد که بتوان از آن‌ها برای تحلیل تأثیر مداخلات در طول زمان و مکان استفاده کرد.
- روش‌های سازگار و قابل درکی را برای تلفیق شاخص‌های کمی و کیفی معیارهای آسیب‌پذیری، تاب‌آوری یا رفاه ایجاد کرد.



شکل ۷-۱۱- تأثیر شرکت در گروه‌ها بر افزایش قدرت سرمایه اجتماعی در خانوارهای کشاورز کوچک یا حاشیه‌ای

در تمامی مدل‌های یکپارچه یکی از چالش‌های اساسی این است که تعادلی بین نمایش بیشتر روابط علیّت و پیچیدگی مدل از یک طرف و نیاز به مدل‌های قوی و در عین حال ساده (برای برنامه‌ریزی و مدیریت) از طرف دیگر برقرار کرد. در ارتباط با برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز، این تعادل می‌تواند این‌طور مطرح باشد که بین ساختار مدل عمومی مبتنی بر چارچوب معیشت پایدار و افزایش ساختار و پیچیدگی‌های تخصصی مدل باید تصمیم گرفت و تعادل برقرار کرد. با توجه به آشنایی کمتر با رویکردهای مدل‌سازی، برای پذیرش آن‌ها به‌عنوان یک ابزار تحلیلی

باید با ذینفعانی که مسئول طراحی، پیاده‌سازی و ارزیابی خوشه‌های برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز هستند، مشارکت و تعامل فراوانی انجام داد. این مشارکت و تعامل برای ظرفیتی را برای توسعه و تفسیر بیزی‌ها و همچنین بهبود کاربرپسندی ابزارها ایجاد می‌کند.

فعالیت‌ها

فراگیران به صورت انفرادی یا گروهی درباره موارد زیر کار کنند:

الف) شاخص‌های کلیدی آب‌زمین‌شناسی، زیست‌فیزیکی و اجتماعی-اقتصادی که باید برای پایش و ارزیابی موفقیت توسعه آبخیز مورد استفاده قرار گیرند، کدامند؟ چگونه این شاخص‌ها را تعریف و سنجش می‌کنید؟

ب) برخی از مداخلات کلیدی توسعه آبخیز که فکر می‌کنید برای آب‌زمین‌شناسی موارد زیر مؤثر باشند (در صورت وجود) چیست؟

۱) هوازدگی متوسط تا عمیق و منطقه شکسته

۲) شکستگی‌های عمیق مناسب

۳) سنگ کف بسیار کم‌عمق

برخی از «محرک‌های» دیگری که ممکن است بر اثربخشی مداخلات تأثیر بگذارند (مانند اقلیم، محرک‌های سیاسی و تغییرات جمعیتی) کدامند؟

پ) متغیرهای واسطه کلیدی که محرک‌های بخش ب را به شاخص‌های مدنظر شما در بخش الف مرتبط می‌کند، چیست؟ این متغیرها می‌توانند فرایندهای آب‌زمین‌شناسی یا زیست‌فیزیکی یا شاخص‌های میانی را منعکس کنند.

ت) یک نمودار اثر تهیه کنید که محرک‌ها را به متغیرهای واسطه و شاخص‌ها مرتبط می‌کند:

۱) یک توضیح کوتاه برای هر متغیر بنویسید.

۲) برای هر پیوند بین متغیرهای والد (به‌عنوان مثال، "تشکیل گروه کاربران آب") و متغیرهای فرزند (مانند "قوانین اجتماعی در استفاده از آب‌های زیرزمینی")، ماهیت

فرضی روابط را مستند کنید (به‌عنوان مثال، تشکیل گروه کاربران آب منجر به توسعه قوانین اجتماعی در مورد نحوه استفاده از منابع آب زیرزمینی می‌شود که بر میزان سرمایه‌گذاری در آبیاری و میزان برداشت آب زیرزمینی مؤثر است).

۵. کدام داده‌های کمی و کیفی را برای متغیرهای نمودار اثر باید جمع‌آوری کنید، تا بتوانید یک مدل بیزی ایجاد کنید؟

فصل ۸- بخش هفت: ساده‌سازی دانش برای تعامل مؤثر ذینفعان

راتنا ردی^۱، سایم^۲، و تالاپراگادا^۱

^۱ مؤسسه مدیریت معیشت و منابع طبیعی، حیدرآباد، هند

^۲ دانشگاه ادیت کوان، پرت، استرالیا

مقدمه

جلب مشارکت ذینفعان بخش مهمی از "رویکرد یکپارچه" در اجرا و ارزیابی پروژه‌های توسعه آبخیز محسوب می‌شود. اعضای تیم‌های توسعه آبخیز باید قادر به شناسایی و درک نیازها و انتظارات تمامی ذینفعان از پروژه‌ها باشند. این نیازها و مزایای مد نظر ذینفعان باید مبنای طراحی، اجرا و ارزیابی اثر پروژه‌های آبخیز قرار گیرد. لازمه چنین رویکردی داشتن تعهدی عمیق بوده و فراتر از روش‌های PRA یا RRA برای سنجش نیازهای ذینفعان یا تأیید عناصر طراحی مانند تعداد، مکان و ماهیت مداخلات است. محور این رویکرد، ساده‌سازی دانش است که به مشارکت مؤثر تمامی ذینفعان در تعیین اهداف پروژه و تحقق آن‌ها کمک می‌کند. بخش مهم دیگر این رویکرد، ایجاد یک چشم‌انداز واحد و مشترک در بین تمامی اعضای پروژه و اطمینان از مقبولیت آن از سوی همه ذینفعان است. در نهایت، منعطف بودن اهداف پروژه برای در نظر گرفتن موقعیت‌های جدید و تغییر انتظارات ذینفعان، کلید حفظ پویایی پروژه است.

هدف

این بخش در نظر دارد تا فراگیران اهمیت شناسایی ذینفعان کلیدی را درک کرده و طرز ایجاد اصطلاحات ساده برای مشارکت مؤثر ذینفعان را یاد بگیرند. با ارائه یک مطالعه موردی نشان داده خواهد شد که برای تعامل مؤثر با ذینفعان چه تمهیداتی

¹ Livelihoods and Natural Resources Management Institute, Hyderabad, India.

² Edith Cowan University, Perth, WA, Australia.

موردنیاز است و فواید حاصل از این تعاملات چیست؟ روش مورد استفاده در این بخش باعث می شود تا فراگیران ذینفع بودن یا مشارکت دادن ذینفعان برای انعکاس مسائل مدیریت مؤثر ذینفعان را تجربه کنند. به طور کلی، این بخش از طریق یک رویکرد عملی و مؤثر، فراگیران را با ذینفعان مختلف درگیر می کند تا خروجی هایشان برای آن ها مرتبط و مفید باشد.

مقاصد

- پس از فرایند یادگیری این بخش، فراگیران قادر به موارد زیر هستند:
۱. شناسایی تمامی ذینفعان برای کاربست یک رویکرد یکپارچه برای توسعه آبخیز.
۲. مشارکت مؤثر ذینفعان در فعالیتهای مرتبط با آبخیز مانند طراحی، اجرا و ارزیابی.
۳. افزایش و اطمینان از اثرات مداخلات آبخیز از طریق مشارکت مؤثر و آگاهانه ذینفعان مربوطه.
۴. اطمینان از توزیع بهتر اثرات مداخلات آبخیز از طریق آموزش، توانمندسازی و مشارکت فعال همه ذینفعان.

روش شناسی

این بخش از رویکرد مطالعه موردی به عنوان ابزاری برای یادگیری استفاده می کند. در صورت وجود یک برنامه آموزشی، قبل از شروع بخش فراگیران مطالعه موردی را بررسی کرده و مدت زمانی را در کلاس درس صرف تجزیه و تحلیل محتوای آن (صورت فردی یا گروهی) می کنند. پیشنهاد می شود که فراگیران مطالعه موردی را بخوانند و اطلاعات کلیدی را یادداشت کنند و سپس تمرین های ارائه شده در پایان بخش را حل کنند. این بخش آخرین بخش بوده و فراگیران قبلاً بخش های فنی تر را گذرانده اند. بنابراین، فراگیران ملاحظه خواهند کرد که فرایندهای این بخش برای مشارکت مؤثر ذینفعان مربوطه، چگونه و چه تأثیری بر بخش های فنی داشته است.

مطالعه موردی: درگیر کردن ذینفعان در یک پروژه تحقیقاتی چندرشته‌ای

قبل از مطالعه موردی، لازم است تا چگونگی تعریف عباراتی مانند ذینفع و مشارکت به‌طور شفاف از دیدگاه محقق مشخص شود. اگرچه تعاریف بسیار کمی مبنی بر این‌که ذینفع "چه کسی" یا چه چیزی است، وجود دارد، اما به‌طور کلی، ذینفع عبارت است از هر شخص، گروه یا سازمانی که علاقه‌مند به موضوع مورد بحث بوده و متاثر از آن است. با توجه به چنین تعریف گسترده‌ای از واژه ذینفع، وظیفه شناسایی تمامی ذینفعان کلیدی می‌تواند بسیار دله‌ره‌آور باشد. بنابراین توصیه می‌شود که در وهله اول ذینفعان را در گروه‌های معنادار مانند سیاست‌گذاران، سازمان‌های اجراکننده و جوامع متاثر، دسته‌بندی کنیم.

سپس سطح آشنایی یا مواجهه آن‌ها با مشکل مورد بررسی را ارزیابی کرده و بر این اساس، یک برنامه تعامل مناسب را اتخاذ کنید که ماهیت، فراوانی و ابزارهای مشارکت آن‌ها را توصیف کند. برای تامین اهداف و ترجیحات مختلف انواع ذینفعان لازم است تا از مواد و روش‌های ارتباطی متفاوتی استفاده کرد.

«گفتگوهای مبتنی بر علم» از طریق مشارکت منظم ذینفعان می‌تواند به‌عنوان یک فرایند ارتباطی ساختاریافته برای پیوند دانشمندان با کسانی که با مشکل مورد نظر درگیر هستند، باعث احساس مالکیت بر فرایند تحقیق را در بین ذینفعان شده و ذینفعان می‌توانند ارتباط خروجی‌های تحقیق با زمینه کاری خودشان را درک کنند. گفتگوهای علمی به‌ویژه در موارد زیر برای محققان مفید است:

- سؤالات پژوهشی مرتبط با اجتماع و چالشی علمی را شناسایی کنند
- مفروضات اساسی را به‌طور واقعی بررسی کنند
- ملاحظات اخلاقی را شناسایی کرده و در نظر بگیرند
- به داده‌ها و دانشی دسترسی داشته باشند که دسترسی به آن‌ها بدون گفتگوهای علمی مقدور نبود.

همان طور که Carney و همکاران (۲۰۰۹) اشاره کرده اند مشارکت ذینفعان یک فرایند یک طرفه نیست. زیرا نه تنها پژوهشگران، بلکه «ذینفعان» نیز انتخاب می کنند که به چه مدت و تا چه میزان تعامل کنند. برای این که ذینفعان بتوانند به اهداف پروژه کمک کنند، باید درک لازم از موضوع و نیز زمان و حوصله لازم برای تعامل با جامعه علمی را داشته باشند. معمولاً بخشی از ذینفعان فاقد این ویژگی ها هستند. بنابراین، برای تعامل با ذینفعان، در وهله اول تیم پروژه باید سطح دانش، زمان و علاقه ذینفعان برای مشارکت را ارزیابی کند. مبتنی بر نتایج ارزیابی، تیم پروژه باید برنامه ای را برای تعامل با ذینفعان در خصوص محتوا، فراوانی و مدت زمان لازم برای تعاملات تدوین کند. در صورت نداشتن چنین رویکرد جدی و سیستماتیک، تعاملات ذینفعان تبدیل به یک امر فرمالیته اداری می شود ذینفعان مربوطه ملزم به انجام آن هستند. پروژه های تحقیقاتی نیز معمولاً به عنوان پروژه هایی که دارای ماهیت نظری بوده و کاربرد عملی بسیار کمی دارند، تلقی می شوند. در این صورت انتظار می رود که محققین با عدم علاقه ذینفعان و یا عدم علاقه به نتایج پروژه مواجه شوند. عامل اصلی این سوء تفاهم ذینفعان این است که پروژه های تحقیقاتی حتی برای انعکاس مشکلات گاهاً ساده نیز تمایل به استفاده از مدل سازی های پیچیده دارند. عامل دوم، این است که معمولاً دانشمندان دانش و مطالب علمی ساده را نیز آنقدر به زبان فنی بیان می کنند که برای سایرین غیر قابل درک است. اصطلاحات، مفاهیم و روش های مورد استفاده دانشمندان بعضاً آنقدر مبهم است که حتی برای برخی از اعضای تیم خودشان از علوم دیگر نیز مفهوم نیست. عامل سوم این است که دانشمندان معمولاً متمایل به کار در سیلوها حتی در پروژه هایی هستند که رویکرد یکپارچه را تضمین می کنند. جامعه غیر علمی نمی تواند از چنین فضای پرشوری که به وسیله یک دانشمند ساخته و محافظت می شود، بهره لازم را ببرد. دانشمندان می توانند هدف واقعی تحقیق و ذینفعانی که به دانش و راه حل های آن ها برای مقابله با مشکلات روزمره نیاز دارند را به راحتی و با

سربلندی نادیده بگیرند. بنابراین معمولاً برنامه تعاملات دینفعان به ندرت و آن هم با اهداف بسیار محدود طراحی می‌شود.

از طرف دیگر، معمولاً دینفعان در تعاملات خود با جامعه علمی سعی می‌کنند تا حد امکان داده‌ها یا نمودارهای پیچیده‌ای که درک آن‌ها نیاز به اندکی دانش علمی دارد را نادیده بگیرند. اگر محققان فعالانه توضیح ندهند، دینفعان ممکن است حتی درکی نسبت به نیاز به چنین روش‌شناسی پیچیده یا معنای اصطلاحات فنی نداشته باشند. بنابراین، در بیشتر مواقع، جلسات به جای تبادل نظر برای تعریف بروندها و یا تعیین اولویت‌های قابل تحویل، تبدیل به یک فرایند ارتباطی یک‌طرفه می‌شوند. لذا دینفعان از همکاری لازم با پروژه یا ابراز سودمندی برای مشکلات خاصی که به آن‌ها مربوط می‌شود، امتناع می‌ورزند. این بدان معنی است که دینفعان واقعاً هیچ سهمی در پروژه ندارند.

در صورت نداشتن سهم واقعی، نه دانشمندان و نه دینفعان نمی‌توانند این تعاملات را جدی بگیرند. حداقل در پروژه‌هایی که اهدافی مانند اثرگذاری در سطح جامعه و سیاست‌ها را دنبال می‌کنند، نیاز است تا این تعاملات متقابل به صورت جدی‌تر و توانمندتر انجام پذیرد. این در حالی است که در بیشتر پروژه‌ها متأسفانه مسئولیت و ابتکار عمل برای تحقق چنین تعاملاتی موجود نیست. ساده‌ترین کار ممکن این است که دانشمندان معطوف به پروژه‌های صرفاً نظری شوند و دینفعان نیز دانشمندان را به خاطر عدم تولید موارد باارزش عملی سرزنش کنند. برای این‌که تعاملات واقعاً در عمل مفید باشد، لازم است که هر دو طرف ابتکار عمل داشته باشند. جوامع و سیاست‌گذاران باید اهمیت پیروی از یک رویکرد علمی برای درک و حل مسائل خود را درک کنند. در این صورت آن‌ها می‌توانند از دانشمندان پرسش کرده و توصیه‌های آن‌ها را جدی بگیرند. دانشمندان نیز به نوبه خود باید بیان خود را برای ارتباط با جامعه غیرعلمی ساده کرده و مشارکت خود را از طریق اشتراک دانش و اطلاعات تقویت کنند. هر چند که برای انجام تعامل و کسب منافع متقابل، هر دو

طرف مسئول هستند اما از آنجاکه کلید گفتگوی مبتنی بر علم در اختیار دانشمندان است، لذا ابتکار عمل و ایجاد انگیزه برای تحقق تعاملات مؤثر نیز در دست جامعه علمی است.

با این مقدمه، اکنون می توان وارد مطالعه موردی شد که مراحل یک پروژه را درباره شناخت هدف واقعی آن و تبدیل پروژه به صورت ذینفع محور توضیح می دهد. این مطالعه موردی به خوبی نشان می دهد که تعامل و گفتگوی علمی با ذینفعان چگونه می تواند منجر به بروندهای ذینفع محور و عملاً مفید شود. این مطالعه موردی همچنین مشخص می کند که چگونه یک تیم تحقیقاتی علمی که در سیلوها کار می کردند، می توانند تبدیل به تیمی شوند که با هم فکر کنند، با هم کار کنند و با هم خلق کنند. این رویداد اگرچه ماهیت شگرفی نداشت، ولی باعث تغییرات زیادی شد و کمک کرد تا نشان دهیم که مهمترین اکتشافات علمی کاملاً تصادفی هستند.

مطالعه موردی- درگیر کردن ذینفعان در یک پروژه چندرشته ای

معمولاً اعضای یک پروژه چندرشته ای از لحاظ میزان، شدت، سطح و نوع قرارگیری در معرض ذینفعان متفاوت هستند. آن ها همچنین دارای تصورات متفاوتی نسبت به ارتباط و اهمیت تعامل با ذینفعان مختلف دارند. از طرف دیگر، ایجاد یک رویکرد یکپارچه، بدون گردآوردن تمامی اعضای تیم به یک پلتفرم یادگیری مشترک برای اشتراک گذاری و یادگیری از یکدیگر، کار آسانی نخواهد بود. اعضای تیم باید قبل از شروع به اشتراک گذاری، به هدف مشترکی که ذهن ها را یکپارچه کند، دست یابند. زمانی که این هدف مشترک به وسیله یکی از ذینفعان واقعی تعریف شود، می تواند باعث تحریک انگیزه و انرژی فراوان برای همکاری با یکدیگر شود. بنابراین بسیار مهم است که نیازهای ذینفعان به وسیله هر یک از اعضای تیم به طور جداگانه درک شده و اعضای تیم به این فکر باشند که چگونه می توانند نقشی در رفع آن ها داشته باشند.

تعهد به ذینفعان باید به همان اندازه که جمعی است، فردی نیز باشد. اتخاذ این رویکرد توزیعی به هر محقق کمک می‌کند تا دائماً درباره ارتباط عملی کارش از خود سوال نماید، روابط خود را با کاربران نهایی توسعه دهد و به جدول زمانی پایبند باشد. گفتگوی مداوم با ذینفعان مربوطه همچنین باعث می‌شود که محدودیت‌ها و مسائلی را که کاربران نهایی در سطوح مختلف با آن مواجه هستند، به وسیله اعضای تیم درک شود. در مطالعه موردی هرچند که چنین تعاملی به طور کاملاً غیرارادی برای تیم ایجاد شد، اما ثابت شد که از لحاظ تغییر نگرش آن‌ها در مورد این که ذینفعان چه کسانی هستند، نیاز آن‌ها چیست؟ و فایده پروژه برای آن‌ها چیست؟ یک نقطه عطف بزرگ برای تیم بود. ماهیت تصادفی چگونگی کشف اهداف واقعی تیم این نکته را خاطرنشان می‌کند که ممکن است کشف اهداف در هر پروژه‌ای اتفاق نیفتد مگر این که از یک برنامه‌ریزی سیستماتیک و زمان‌بندی مناسب استفاده شود.

مشخص است که چرا تیم این که از یک فرایند برنامه‌ریزی شده استفاده کند، بهتر است که اهداف واقعی خود را به تدریج کشف کند. همانطور که در بخش قبل توضیح داده شد، نباید از رویکردهای مدل‌سازی پیچیده و ماهیت بسیار فنی تعریف مسئله استفاده کرد. مجموعه هدف شامل استفاده از علوم مختلف برای توسعه یک مدل یکپارچه به منظور توصیف و ارزیابی اثرات یک پروژه آبخیز در مقیاس متوسط بود. تیم پروژه در بخش‌های متعددی متوجه هدف واقعی پروژه نبود و در دنیای خود غوطه‌ور بود. در واقع، تیم آنقدر درگیر پیچیدگی فنی رشته‌های مختلف بود که درک و توضیح ارتباط بین مدل‌های مختلف، مشکل شده بود. در این پروژه ابتدا اداره توسعه روستایی^۱ به صورت بالقوه به عنوان کاربر نهایی برون‌دادهای پروژه شناسایی و درگیر کار شد، اما آن‌ها هرگز ارتباط یا کاربرد مدل‌های پیچیده را بررسی نکرده یا سعی نکرده بودند راجع به آن‌ها فکر کنند.

¹ Department of Rural Development (DRD)

مسائل فنی پروژه آنقدر پیچیده بود که اعضای تیم نمی توانستند نتایج به اشتراک گذاشته شده به وسیله سایر اعضای تیم را درک کنند. ایجاد درک مشترک نسبت به مفاهیم اساسی پروژه نظیر مقیاس، واحد آب شناسی یا تاب آوری نیز کار چندان آسان نبود. هر یک از اعضای تیم دیدگاه متفاوتی نسبت به این مفاهیم داشتند که سعی شد دیدگاه های آن ها با هم تلفیق شوند. میزان پیشرفت در مدل یکپارچه آهسته بود و اعضای تیم نمی توانستند دلیل واقعی آن را درک کنند. تیم متوجه نشده بود که نیاز است تا برای ساده سازی اصطلاحات و تبیین مفاهیم تلاش کند و مسئولیت آغاز این فرایند نیز راحت نبود. بنابراین، در مدت زیادی از طول پروژه، تیم ها در سیلوهایی مشغول توسعه مدل ها در حوزه تخصصی خودشان بودند. به طور کلی، نگاه تیم به درون خود بود و تلاش آگاهانه چندانی برای مشارکت ذینفعان نداشت.

مطابق با رویه مرسوم، این پروژه اداره توسعه روستایی را به عنوان یک ذینفع کلیدی شناسایی، و رئیس آن را در زمان توسعه پیشنهاد درگیر کار کرد. با این حال، تعداد ذینفعان شناسایی شده یا مورد تعامل کم و محدود بود. همانطور که قبلاً اشاره کردیم، این یک مورد خیلی استثنایی نیست. عدم شناسایی و تحلیل تمامی ذینفعان نقصی است که بیشتر پروژه های تحقیقاتی از آن رنج می برند. تیمی که مشغول مدل ها و روش های پیچیده خود بود، طبیعتاً تمایلی به مشارکت ذینفعان تا زمانی که خروجی های محکمی در اختیار آن ها نبود، نداشتند. بدیهی است که ضرورت و اهمیت داشتن دیدگاه درست نسبت به فواید این روش ها و ابزارهای پیچیده به خوبی درک نشده است و فکر می کنند هدف از مشارکت ذینفعان، فرمالیته ای است که به دنبال جلب نظر سیاست گذاران است. لذا، سایر ذینفعان مرتبط و مهم در سطح جامعه و نیز اعضای سازمانهای مجری مغفول ماندند. لذا، این شرایط باعث شد تا طرح ارتباط و تعامل با ذینفعان به جای این که ابزاری برای اخذ دیدگاه و نظرات ذینفعان باشد، به یک فرمالیته اداری تبدیل شود. بر این اساس، این طرح هیچ فرایند گام به گام یا محصول قابل عرضه خاصی برای ذینفعان نداشت.

در نبود یک فرایند و چارچوب صحیح برای یکپارچه کردن دیدگاه‌های ذینفعان نسبت به اهداف و چشم‌انداز پروژه، تیم‌ها سعی می‌کردند که با مدل‌های پیچیده و اصطلاحات بسیار فنی تقابل و مبارزه کنند. از آنجاکه این تیم نتوانست این نقص را زود تشخیص دهد و در صدد رفع آن برآید، لذا نتوانست پیشرفت چندانی در یکپارچگی نظرات داشته باشد. اعضا مجبور بودند با مشکلات خود نسبت به درک اصطلاحات فنی یا چگونگی ارتباط یافته‌هایشان با سایر اعضا کنار بیایند. بدون درک کامل از مفاهیم روش‌ها و نتایج سایر اعضا، تیم هیچ ایده‌ای برای درک کامل مفاهیم رویکرد یکپارچه نداشت. لذا هر یک از اعضا به کار خود ادامه می‌دادند و امیدوار بودند که پس از آماده شدن تمامی مدل‌ها، فرایند یکپارچه کردن نتایج آسان شود. این شرایط مانند گذر از تونلی بود که همه در انتظار مشاهده نور در انتهای آن بودند.

رویکرد یکپارچه واقعی

با پیوستن به موقع یکی از اعضای جدید به تیم که در شبکه‌های بیزی تخصص داشت، امید اعضای تیم به یکپارچه‌سازی به‌وسیله ابزاری به نام مدل‌سازی شبکه بیزی زنده شد. تیم انرژی جدیدی برای کار بر روی این ابزار در کنار تیم اجتماعی-اقتصادی که به راحتی مجموعه داده‌های موردنیاز را فراهم می‌کرد، گرفت. اگرچه لازم بود که حتی تیم با اصطلاحات جدیدتری سر و کار داشته باشد، اما از آنجاکه اعضا شاهد یکپارچگی با داده‌های موجود بودند، احساس خوبی داشتند. در واقع این ابزار باعث شد تا تیم تلفیق را نه به‌عنوان نتیجه نهایی، بلکه ابتدا به آن فکر کند. بنابراین تیم، که اولین ذینفع پروژه نیز می‌باشد، از فردگرایی به تیمی تبدیل شد که تلفیق علوم مختلف و خروجی‌های آن‌ها را تجربه می‌کرد. با این حال، تیم تا قبل از بازدید میدانی از روستاهای مطالعاتی بیشتر بر جنبه‌های فنی متمرکز بود. بازدید میدانی چشمان تیم را به یک دنیای واقعی با ذینفعان واقعی، مشکلات واقعی و نیاز واقعی به خروجی‌های پروژه گشود. آنچه در ادامه می‌آید داستان سفر محققان از درون به بیرون است.

قبل از این بازدید، تیم اجتماعی-اقتصادی بیشترین تعامل را با مردم روستاهای مورد مطالعه داشت. آن‌ها اولین کسانی بودند که چند مرحله نظرسنجی و مصاحبه را با روستاییان انجام داده بودند. تیم اجتماعی-اقتصادی باید اطلاعات را مستقیماً از خانواده‌ها و جوامع محلی مانند کشاورزان و انجمن‌های مصرف‌کنندگان آب جمع‌آوری می‌کرد. این تیم به واسطه روش‌های مختلف جمع‌آوری داده‌ها مانند نظرسنجی‌ها و بحث‌های متمرکز گروهی تعامل نزدیک‌تری با جوامع محلی داشت و بر این اساس نیازها و انتظارات آن‌ها را بهتر درک می‌کرد. تیم‌های دیگر می‌توانستند از داده‌های جمع‌آوری شده به وسیله تیم اجتماعی-اقتصادی یا داده‌های جمع‌آوری شده به وسیله سازمان‌های غیردولتی محلی یا ادارات دولتی مربوطه استفاده کنند و بنابراین، تعامل مستقیم بسیار کمی با جوامع محلی داشتند. اگرچه در بعضی موارد آن‌ها مجبور بودند که برخی داده‌ها را مستقیماً به صورت میدانی جمع‌آوری کنند، اما واقعاً نیازی به صحبت با مردم محلی نداشتند.

زمانی که تیم‌ها سعی کردند خروجی‌های حاصل از تحلیل بیزی را درک کنند، احساس شد که تیم نیاز است تا به عنوان یک گروه از روستاها بازدید کند. با خروج نتایج از مدل بیزی، تیم‌ها سعی بر این داشتند که نتایج فردی خود را با نتایج سایرین مقایسه کنند و در این فرایند متوجه شدند که می‌توانند توضیحات معنادار بیشتری را برای خروجی‌های مدل خود بیابند. با شروع تعامل نزدیک تیم‌ها با یکدیگر و رفع مانعی همچون اصطلاحات فنی به کمک مدل شبکه‌های بیزی، همه تیم‌ها مصر بودند که خروجی‌ها و نتایج آن‌ها را در سطح میدانی اعتبارسنجی کنند. زمانی که تیم‌ها سعی می‌کردند تا موضوع را از یک نگاه بالاتر و بهتر ببینند، دیدگاه آن‌ها نیز در مورد هدف پروژه تغییر کرد و از آنجاکه دوست داشتند ارتباط آن‌ها را به صورت میدانی مشاهده کنند، سعی کردند که واقعیات میدانی را با هدف بزرگ‌تری کاوش کنند. در حالی که هدف اصلی بازدیدهای میدانی، اعتبارسنجی و تأیید نتایج حاصل از مدل‌های مختلف بود، اما این بازدید فواید دیگری همچون درک ارتباط بین جریان‌های آب

سطحی و زیرسطحی، روندهای گذشته و حال الگوهای کاربری اراضی، و چگونگی اثر تغییرات عوامل زیست‌فیزیکی بر معیشت را نیز به ارمغان آورد.

بازدید میدانی فواید زیادی برای تمامی اعضای تیم داشت و تیم درک کرد که ارتباطات چگونه بوده و چه تأثیری بر اثربخشی پروژه‌های آبخیز دارند. همچنین، محققان متوجه شدند که بدون آموزش برخی از جنبه‌های فنی آب‌زمین‌شناسی، درک این ارتباطات چقدر برای جوامع محلی مشکل است. لذا، این گروه می‌تواند فوراً زمینه‌های آگاهی و ظرفیت‌سازی ذینفعان مختلف را در سطوح میدانی تا سیاستگذاری شناسایی کند. محققان با پاسخ‌های ساده و در عین حال ارزشمند جوامع محلی به تلاش‌های گروه برای اشتراک‌گذاری اطلاعات فنی، نحوه برقراری ارتباط با ذینفعان بیشتر را یاد گرفتند. از فواید دیگر بازدید میدانی این بود که دانشمندان پی بردند که تعامل با جوامع محلی دارای مزایای بالقوه‌ای در ایجاد درک بهتر از موضوع است و دانش و اطلاعات محلی نقش مهمی در شکل‌دهی تفکر علمی و رویکرد به حل مشکل دارد. این بازدید میدانی همچنین باعث شد تا دانشمندان مطالب علمی رشته‌های خود را با هم تلفیق کنند و با این هم‌افزایی دیدگاه و توضیح بهتر و کامل‌تری از شرایط زمینی و مشکلات محلی ارائه دهند.

بازدید میدانی باعث درک بهتر این گروه از رویکرد یکپارچه شد. ارمغانی که ساعت‌های طولانی بحث و مناظره در اتاق‌های جلسه نیز نمی‌توانست آنرا فراهم کند. مهمتر از آن این که تیم متوجه شد که برای مفیدتر کردن پروژه در زمین نیاز به چه نوع خروجی‌هایی دارد. مسائل مربوط به برابری که جزو چارچوب فرهنگی جوامع محلی است، زمانی بهتر توصیف می‌شوند که تیم بتواند شرایط اجتماعی-اقتصادی جوامع مختلف مستقر در مناطق مختلف بالادست، میاندست و پایین دست واحد آب‌شناسی را در نظر بگیرد. به طور کلی، این بازدید میدانی دیدگاه بسیار خوبی را در مورد تمام مسائلی که پروژه سعی در تبیین آن‌ها داشت، به تیم ارائه داد. اگرچه این مزایا بدون برنامه‌ریزی چندانی برای تعاملات حاصل شد، اما تیم به خوبی متوجه

ارزش آمادگی بیشتر در تعامل با جوامع محلی و همچنین نیاز به تکرار این فرایند در سایر مناطق مطالعاتی شد و آنرا درک کرد.

در حالی که در سطح میدانی احساس می شد که نیاز است تا آموزش بیشتری به مردم در خصوص جنبه های فنی توسعه آبخیز داده شود، اما مسائل در سطح سیاستگذاری بیشتر به مقیاس عملیات مربوط می شد که ناشی از تغییر سیاست توسعه آبخیز از پروژه های آبخیز کوچک مقیاس (تقریباً ۵۰۰ هکتار) به متوسط مقیاس (۵۰۰۰ هکتار و بالاتر) بود. لذا هدف اصلی پروژه در اینجا این بود که مسائل مربوط به فرایند بزرگ سازی حوزه های آبخیز را بررسی کرده و یک چارچوب یکپارچه را برای سنجش بهتر اثرات توسعه آبخیز در مقیاس متوسط ارائه کند.

همچنین انتظار می رفت که با افزایش جمعیت و مناطق مختلف واحد آب شناسی که از تغییر مقیاس ناشی می شد، مسائل مربوط به برابری نیز پیچیده تر شود. در واقع، پروژه به دلیل تعاملات منظم با ذینفعان در آن سطح، بیشتر متمرکز در سطح سیاست بود. اداره توسعه روستایی که مسئول اجرای آبخیزها در سطح ایالت است، از همان ابتدای پروژه که اهداف پروژه به وسیله تیم تعریف می شد، در تیم مشارکت داده شد. در سطح ملی نیز اگرچه کمتر اما تلاش هایی برای ثبت اشتراکی اهداف پروژه با مسئولین سازمان ملی دیم^۱ صورت گرفت. در شکل یک، فهرستی از ذینفعان شناسایی شده و تعاملات برنامه ریزی شده و انجام شده با آنها ارائه شده است.

¹ National Rainfed Area Authority (NRAA)

اهداف	ذینفعان	سطح تعامل سیاست‌گذاران سازمان‌های اجرایی جامعه محلی
برای تیم پروژه: درک اقدامات، روش‌ها و ابزارهای توسعه آبخیز موجود برای ذینفعان: افزایش آگاهی و ظرفیت استفاده از اطلاعات فنی و اتخاذ یک رویکرد یکپارچه برای توسعه آبخیز	سازمان ملی دیم، اداره توسعه روستایی، اداره جنگل، اداره کشاورزی، اداره آب‌های زیرزمینی سازمان‌های غیردولتی و کارکنان اجرای حوزه‌های آبخیز انجمن‌های مصرف‌کنندگان آب، تعاونی‌های کشاورزان، گروه‌های خودیاری	

شکل ۸-۱- طرح تعامل ذینفعان

ایجاد تغییر از طریق مشارکت

پس از بازدید میدانی، گروه به‌طور کامل متوجه پیامدهای طرح ذینفعان شد و بحث درباره استراتژی نحوه دسترسی به ذینفعان مختلف را شروع کرد. در این زمینه، گام نخست تیم این بود که رویکرد یکپارچه برای توسعه آبخیز در مقیاس متوسط را برای مدیر سازمان ملی مناطق دیم تشریح کند. تشویق مدیر تیم را مصمم کرد که آژانس منطقه‌ای وزارت توسعه روستایی را درگیر کند و اکیپ‌های میدانی خود را در کاوش مفاهیم عملی رویکرد یکپارچه مشارکت دهند. این تیم برای درک اقدامات فعلی خود و ارائه رویکرد یکپارچه در سطح طراحی دقت بیشتری اعمال کرد. این کارگاه با اتخاذ یک رویکرد مشارکتی، فرایند یادگیری را سرگرم‌کننده و بسیار تعاملی کرد. استقبال از این کارگاه به حدی بود که شرکت‌کنندگان احساس کردند که کارگاه می‌تواند با ایجاد یک رویکرد مشترک، به تمامی همکاران و زیردستان آن‌ها در سطوح اجرا کمک کند. در ادامه این بخش به تشویق و قدردانی استفاده عملی از خروجی‌های پروژه در هنگام تایید استفاده از آن‌ها در پروژه‌های آتی خود پرداخت. در ادامه داوران خارجی و سازمان‌های غیردولتی نیز به‌طور گسترده‌تری آن‌را تایید کردند که باعث شد این رویکرد تبدیل به یک به روش عملی برای طراحی، اجرا و ارزیابی برنامه‌های آبخیز در زمینه‌های مختلف اجتماعی زیستی و آب‌زمین‌شناسی شود.

دو روی یک سکه

در نهایت با پایان موفقیت‌آمیز پروژه، اعضای تیم در صدد مستندسازی آموخته‌های خود از این پروژه بودند. برای پی بردن به این‌که اعضای تیم چگونه می‌توانند از تعامل با ذینفعان منتفع شوند و برای بهبود عملکرد در این زمینه چه اقداماتی باید انجام شود، یک نظرسنجی رسمی در سطح فردی با استفاده از پرسشنامه انجام شد. نتایج نشان داد که موفقیت پروژه در گرو مشارکت موفق ذینفعان است یا به عبارتی مشارکت ذینفعان و موفقیت پروژه دو روی یک سکه محسوب می‌شوند.

هدف اصلی هر پروژه، جلب رضایت ذینفعان است که خروجی‌ها و نتایج پروژه در نهایت به استفاده آن‌ها خواهد رسید. بر این اساس، تیم تاکید داشت که برای موفقیت هر تحقیق فرارشته‌ای نیاز است که ذینفعان در زمینه‌های سیاست، اقدام و تحقیقات را شناسایی شوند. آن‌ها احساس کردند که برای مشارکت هرچه بیشتر سازمان‌ها از مناطق با بارش مختلف، تلاش‌های بیشتری می‌توانست انجام شود. درگیر شدن با مناطق تحت برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز به‌عنوان موضوعی که فواید بسیاری داشت، مورد تاکید قرار گرفت. آن‌ها اشاره کردند که برای کارهای آتی، سؤالات تحقیق باید از ذینفعان مشتق شده یا حداقل در مرحله ابتدایی به تأیید ذینفعان برسد. آن‌ها متوجه شدند که باید درک کنند که این پروژه چگونه می‌تواند به جوامع کمک کند یا مسائل فنی یک بخش را حل کند یا راه را برای تحول اجتماعی هموار کند. تیم همچنین متوجه شد که برای موفقیت و سودمندی بیشتر، مشارکت ذینفعان باید به یک فرایند دو طرفه تبدیل شود. از طرفی، برای این‌که خروجی‌های پروژه برای ذینفعان مفید باشد، ذینفعان باید زمان و منابع صرف کنند. از آنجاکه ذینفعان ممکن است با جنبه‌های فنی آشنا نباشند، این فرایند می‌تواند برای آن‌ها بسیار چالش‌برانگیز باشد. بنابراین مسئولیت تسهیل مشارکت ذینفعان در درجه اول بر عهده تیم پروژه است. پرهیز از اصطلاحات فنی و ایجاد یک روش ساده و سراسر برای توضیح مفاهیم فنی در جلب علاقه ذینفعان واقعا مفید خواهد بود. محققان باید درک

کنند که اگر یک روی سکه هستند، روی دیگر سکه جایی است که ذینفعان در آن قرار دارند.

هرچند که پروژه تقریباً با تاخیر زیادی مواجه شد اما تلاش‌های هماهنگ اعضای تیم باعث جلب نظر مثبت ذینفعان برای خروجی‌های متناسب با نیازهای خاص آن‌ها شد. این تلاش هماهنگ باعث شد تا این پروژه دستاوردهای مهمی را در سطح سیاست به دست آورد. یکی از این دستاوردها اخذ نظر مثبت سازمان توسعه روستایی برای شرکت کارمندان در کارگاهی بود که به‌وسیله تیم تحقیقاتی سازماندهی شده بود. ثمره دوم تمرکز بر نیازهای ذینفعان، جلب توجه و قدردانی مدیر سازمان ملی مناطق دیم از رویکرد یکپارچه این پروژه بود. سازمان ملی مناطق دیم از تعمیم رویکرد یکپارچه این پروژه به پروژه‌های در حال اجرای آبخیز در ایالت‌های مختلف حمایت کرد. سومین دستاورد، درخواستی بود که یک سازمان مردم‌نهاد داشت که ابزاری برای تعیین مناطق آبخیز با استفاده از رویکرد یکپارچه توسعه یابد. تیم به خوبی متوجه این موضوع بود که اگر آن‌ها از اهمیت تبدیل اطلاعات فنی به ابزارها و روش‌های کاربردی آسان آگاه نبودند، چنین فرصت‌هایی ایجاد نمی‌شد. اگر تیم‌ها خروجی‌های خود را از دیدگاه ذینفعان تفسیر نمی‌کردند، چنین تغییری در چشم‌انداز ایجاد نمی‌شد. لذا تیم به رویکرد تفکر و تجزیه و تحلیل مشکلات آبخیز به صورت جمعی و باهم و با روش یکپارچه ادامه داد. این رویکرد تفکر و خلق با هم، به آن‌ها کمک کرد تا در زمان صرفه‌جویی کنند و در زمان کمتری به دستاوردهای بیشتری نایل آیند.

بنابراین، با وجود این‌که پروژه با چالش‌های متعددی مانند مدل یکپارچه سخت، تغییر مداوم ترکیب تیم (ورود اعضای جدید و خروج اعضای قدیمی)، نامعتبر بودن منابع داده‌های ثانویه که منجر به تناقض در داده‌ها می‌شد، تلاش تیم‌ها برای یادگیری اصطلاحات ناآشنای سایر علوم، و فقدان استراتژی‌های مناسب تعامل با ذینفعان مواجه بود، اما تیم دستاوردها مهمی را از بسیاری جهات کسب کرد. این پروژه نه

تنها رویکردی جدید و بهتری را برای توسعه آبخیز ارائه می‌دهد، بلکه به خود اعضای تیم نیز آموزش می‌دهد تا به صورت یکپارچه کار کنند. این پروژه با موفقیت تغییر هدف و تغییر جهت داد و از یک پروژه بسیار فنی تبدیل به یک پروژه کاملاً عمل‌گرا و ذینفع‌گرا شد. دستاورد اصلی و واقعی این پروژه این بود که برای توسعه آبخیز رشته‌های مختلف را در کنار هم قرار داد و آن‌ها داده و اطلاعات خود را طی یک رویکرد علمی با هم تلفیق کردند. در این فرایند تیمی ایجاد می‌شود که یاد می‌گیرد به یکدیگر احترام بگذارد و از یکدیگر بیاموزد و با اطمینان بیشتر و با ذهنی باز با علوم دیگر کار کند. برخی از درس‌آموخته‌های تیم برای سایر پروژه‌ها عبارتند از:

(۱) رویکرد بین‌رشته‌ای چالش بزرگی است و موفقیت در آن نیازمند تیمی است که برای سایر رشته‌ها باز باشد - در این زمینه ترکیب تیم بسیار مهم است.

(۲) تمرکز بر رویکرد یکپارچه در تیم در مراحل اولیه پروژه کمک می‌کند تا تیم از یک رویکرد سیستماتیک‌تر برای مشارکت بهره‌برد.

(۳) برای توسعه آبخیز به‌عنوان یک برنامه تحت حمایت مرکزی لازم است که تلاش بیشتری برای مشارکت سازمان‌های ملی صورت پذیرد زیرا این سازمان‌ها بیشتر می‌توانند زمینه را برای تغییر سیاست‌ها فراهم کنند.

(۴) مشارکت سازمان‌های مردم‌نهاد مرتبط با پروژه می‌تواند در تعامل با کشاورزان بسیار مؤثر باشد.

(۵) این نوع پروژه‌ها را باید در قالب اقدام‌پژوهی انجام داد تا پروژه را تبدیل به ابزاری برای ارتباط دادن سطوح سیاست و اجرا کند.

مدلی برای تعامل مؤثر ذینفعان

در این پروژه تیم متوجه شد که برای تلفیق و یکپارچگی نباید به دنبال اتصال بخش‌ها یا مدل‌ها بود، بلکه این مهم از طریق ارتباط و پیوند افکار و فرایندهای فکری حاصل می‌شود. برقراری ارتباط فکری مستلزم این است که تیم به جای اشتراک‌گذاری مستقل نتایج، در کنار هم و با هم کار کنند. کار با یکدیگر نیز مستلزم تعاملات متعدد

است و در این زمینه جلسات کوتاه مدت و منظم بهتر از جلسات طولانی مدت در فواصل زمانی پراکنده است.

قطعاً اعضای تیم افکار خود را به راحتی به صورت شخصی به اشتراک نمی گذارند زیرا وقت آن ها محدود بوده و معمولاً درگیر امور محوله هستند. بنابراین یافتن راه ها، استفاده از فناوری، و درک اهمیت هم اندیشی زمانی ضروری است که رشته های مختلف برای تجزیه و تحلیل یک موقعیت یا مشکل دور هم جمع می شوند. به علاوه، اعتماد، اطمینان و احترام متقابل به تیم کمک کند تا در کنار هم بیاموزند و رشد کنند. اعضای تیم نه تنها از نظر تخصص موضوع، بلکه از نظر تجربه پژوهشی و مواجهه با مشکل متفاوت هستند. در پروژه های چند رشته ای چنانچه نگاه اعضا از فعالیت های حل مسئله به فرصت هایی برای یادگیری و راهنمایی ارتقا یابد، علاوه بر حل مسئله، فواید ارزشمند دیگری را نیز در پی خواهد داشت. این امر سبب پرورش تیم های سازگار و شایسته ای می شود که دارای اعتماد متقابل بوده و هم افزایی دارند و لذا باعث کاهش زمان بندی پروژه ها می شود که در آینده به طور فزاینده ای چند رشته ای خواهند بود.

اگر این پروژه می توانست از این رویکرد یکپارچه و درعین حال چند بعدی برای مشارکت ذینفعان بهره ببرد، مطمئناً زمان پروژه کاهش قابل ملاحظه ای می یافت. در بهترین حالت، تیم در مرحله شکل گیری می بایست ملاقات بیشتری با ذینفعان می کرد. این امر می توانست به تیم ها کمک کند تا به یک درک مشترک از نیازهای محلی، محدودیت ها و نتایج مورد انتظار از پروژه برسند. در ادامه، آن ها می توانستند علوم خود را در کنار یکدیگر قرار داده تا رویکردی یکپارچه برای پاسخ به سؤالات کلیدی تحقیق و مشکل عملی احصا شده ایجاد کنند. این تیم می توانست برای تعیین اهداف پروژه، اقلام کلیدی قابل تحویل و زمان بندی تحویل ها از این چرخه تعامل با ذینفعان بهره ببرد. بازخوردهای منظم ذینفعان می تواند مسیر درستی را برای پروژه تعیین کند و به اولویت بندی خروجی های پروژه کمک کند.

با این حال، در عمل، تیم‌ها تمایل دارند که در پروژه، ابتدا بر روی بخش مربوط به خود متمرکز شوند و با سؤالات و روش‌هایی که آشنایی کافی با آن‌ها دارند، شروع کنند. فرایند انتقال به رویکرد یکپارچه زمانی شروع می‌شود که تیم‌ها نگاهی به خارج از موضوع خود و کار سایر اعضا می‌کنند. از آنجاکه اشتراک‌گذاری دانش با سایر اعضای تیم تبدیل به یک روال می‌شود، لذا اعضای تیم سعی در ایجاد اعتماد متقابل و احترام به یکدیگر می‌کنند. این برهه فرصت مناسبی است تا اعضای تیم پروژه تعامل با سایر ذینفعان را آغاز کنند و هرچه بیشتر به سمت بیرون حرکت کنند. در اینجا ضروری است که از تأثیر فراوان فرایند تکرار تعامل با ذینفعان که قبلاً توضیح داده شد، استفاده کرد. در این راستا برای این‌که نتایج معنادار و مطلوبی حاصل شود لازم است که یک برنامه‌ریزی مناسب آماده برای این رویکرد تدریجی و یکپارچه تعاملات ذینفعان در دستور کار قرار گیرد.

این تعاملات مکرر برای تلفیق انتظارات و ورودی‌های ذینفعان با اهداف پروژه می‌تواند سبب ایجاد کار مازاد یا مجدد برای برخی یا همه اعضای تیم شود. اگر بازخوردها درباره فواید اهداف یا خروجی‌ها مطابق انتظار نباشد، ممکن است سبب کاهش انگیزه اعضای تیم شود. با توجه به گرایش فنی بیشتر اعضا ممکن است که آن‌ها درک مناسب و کاملی از مشکلات عملی در اجرای راه‌حل‌های پیشنهادی ذینفعان نداشته باشند. بنابراین، ضمن پیش‌بینی جلسات تعاملی مکرر با ذینفعان، باید به تیم‌ها توضیحات کافی درباره تمامی عواقب احتمالی نیز داده شود و آن‌ها را برای مقابله با عدم قطعیت‌هایی که ممکن است در کار و زمان‌بندی ایجاد شود، آماده کرد. کاهش عدم قطعیت و افزایش سطح انرژی نیازمند صبر، پشتکار و برنامه‌ریزی دقیق مدیر پروژه است. باید اعضای تیم را تشویق کرد که حضور فعالی در اشتراک‌گذاری دانش و یادگیری از یکدیگر داشته باشند و به یکدیگر کمک کنند تا با عدم قطعیت و تاخیر در تحویل پروژه‌ها مقابله کنند. آن‌ها باید اهمیت مشارکت ذینفعان و خریدار داشتن

----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۱۵۳

نتایج پروژه را درک کنند. برای ایجاد چنین درکی در میان اعضای تیم با توجه به مشارکت مکرر و سیستماتیک ذینفعان می‌توان از فرایند زیر استفاده کرد:

۱. از اعضای تیم خواسته می‌شود تا ذینفعانی که می‌توانند از دستاوردها و خروجی‌های پروژه بهره‌مند شوند، یا ورودی مفیدی برای پروژه داشته باشند را شناسایی و معرفی کنند.

۲. مشارکت باید به زمینه‌های اصلی تعامل مانند موارد زیر تقسیم شود:

آ. مشخصات مشکل

ب. تعیین سوالات تحقیق

پ. مشخص کردن خروجی‌ها به همراه پیامدها

ت. زمان‌بندی خروجی‌ها

ج. بازخورد و اعتبارسنجی خروجی‌ها

چ. طرح اجرایی

ح. طرح توسعه و گسترش

خ. تخصیص منابع

د. زمینه‌های همکاری (داده‌ها، الگوها، روش‌ها، ابزارها و غیره)

۳. اعضای تیم به همراه کسانی که توسعه برای آن‌ها در نظر گرفته شده است، برای انتخاب ذینفعان مرتبط اقدام کنند، و از یک برنامه تعاملی زمان‌بندی‌شده که دارای اهداف و نتایج مشخصی است، تبعیت کنند.

۴. قبل از هر جلسه تعامل با ذینفعان، تیم باید در سطح اعضا جلسه داشته باشد. اقدامات باید مبتنی بر اولویت ذینفعان شناسایی شده و درباره آن‌ها بحث شود و فهرستی مشخص از اقدامات ارائه شود.

۵. مدیر پروژه باید عزم جدی برای نظارت و پیگیری تعهدات نسبت به ذینفعان داشته باشد.

۶. برای افزایش کارایی و تأثیر لازم است به جای پیچیدگی های فنی یا اهداف صرفاً پژوهش محور توجه و تأکید بیشتری بر عملی و مفید بودن خروجی های تحقیق صورت پذیرد.
۷. خروجی ها باید مطابق جدول زیر مبتنی بر نیاز ذینفعان بوده و رضایت آن ها را در پی داشته باشد.

ذینفع	زمان تعامل	هدف از تعامل	ماهیت تعامل	فراوانی تعامل	پیامدهای مدنظر
گروه یا فرد	کدام مرحله پروژه	شناسایی نیازها ایجاد آگاهی جمع آوری داده ایجاد اجماع تشکیل گروه ها	گروه کانونی ارائه ها مصاحبه های PRA	به طور منظم یکبار زمان محدود	بینش تحلیلی مالکیت جامعه مشارکت شناسایی نیازها، تعیین اولویت ها، انتظارات، عوامل خارجی

فعالیت ها

۱) از تجربیات خود به عنوان یک ذینفع استفاده کنید.

سه محدودیت اصلی را که در تعامل با جامعه علمی تجربه کردید، شناسایی کنید	دلایل محدودیت ها	اقدامات لازم برای غلبه بر محدودیت ها

- ۲) گروهی متشکل از ۳ الی ۴ شرکت کننده تشکیل دهید
- ۳) خروجی فعالیت ۱ را به اشتراک بگذارید و بحث کنید
- ۴) یافته های حاصل از بحث گروهی کوچک خود را به گروه بزرگ تر ارائه دهید
- ۵) یک گروه سه الی پنج نفره تشکیل دهید

----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۱۵۵

۶) هر یک از اعضای گروه، یک ذینفع از سه دسته مرتبط با کار خود را شناسایی و معرفی کند

۷) سطح سیاست

۸) سطح اجرا

۹) سطح جامعه

۱۰) هر شرکت کننده الگوی پرشده را به گروه بزرگتر ارائه دهد

۱۱) اطلاعات جدول زیر را پر کنید

پیامدها و فواید مدنظر	فراوانی تعامل	زمان تعامل	هدف از تعامل	ذینفع شناسایی شده

فصل ۹- ابزارهای یادگیری

راتنا ردی^۱، سایم^۲، و تالاپراگادا^۱

^۱ مؤسسه مدیریت معیشت و منابع طبیعی، حیدرآباد، هند

^۲ دانشگاه ادیت کوان، پرت، استرالیا

آزمون خودارزیابی

مقدمه

هدف از آزمون خودارزیابی، افزایش درک، دانش و آگاهی فراگیران در مورد جنبه‌های مختلف مدیریت یکپارچه آبخیز است. خودارزیابی در قالبی طراحی شده است که عمدتاً شامل سؤالات چندگزینه‌ای است. بدین منظور، سه قالب آزمون تدارک دیده شده است که جنبه‌های آب‌زمین‌شناسی، اجتماعی-اقتصادی و زیست‌فیزیکی را پوشش می‌دهند. در ابتدای هر بخش خاص، آزمون انجام می‌شود. به جای آزمون فردی، آزمون به صورت گروهی برگزار می‌شود به طوری که قبل از پاسخ به سؤالات می‌توان درباره سؤالات بحث کرد. به گروه‌ها ۵/۰ تا یک ساعت زمان داده می‌شود تا به سؤالات پاسخ دهند. قبل از پاسخ‌دهی، پاسخنامه‌ها بین گروه‌ها توزیع می‌شود. ارزیابی پاسخنامه‌ها بدین صورت است که هر سوال دارای یک نمره است. نتایج نمرات گروه‌ها، مرجع مناسبی را برای قضاوت و بحث درباره میزان دانش در هر موضوع فراهم می‌کند و با آن می‌توان گپ‌های اطلاعاتی را شناسایی کرد. در اینجا، سه نمونه فرمت آزمون فراهم شده است. طول و عمق این فرم‌های نمونه قابل انعطاف است و بسته به سطح فراگیران قابل تغییر است.

آزمون I - جنبه‌های آب‌زمین‌شناسی

(۱) برای درک شرایط آب‌زمین‌شناسی آبخیز چه داده‌هایی موردنیاز است؟

¹ Livelihoods and Natural Resources Management Institute, Hyderabad, India.

² Edith Cowan University, Perth, WA, Australia.

----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۱۵۷

الف) نقشه توپوگرافی و زهکشی

ب) نقشه شیب و ارتفاع

پ) اطلاعات زمین‌شناسی و خاک

ت) داده‌های تراز آب زیرزمینی

ج) مشخصات آبخوان و هندسه آن

چ) اطلاعات چاه‌های حفاری

ح) هیچ کدام

خ) همه موارد

۲) کدام یک از موارد زیر پیش‌نیاز اساسی برای مدیریت صحیح آب‌های زیرزمینی

محسوب می‌شود؟

الف) نرخ فعلی تغذیه طبیعی آب زیرزمینی

ب) تغییر ذخیره آب زیرزمینی (ΔS)

پ) الگوی کشت

ت) الگوی زهکشی

ج) هیچ کدام

۳) میزان تغذیه آب زیرزمینی بستگی به چه عواملی دارد؟

الف) نوع خاک

ب) نوع سنگ

پ) تعداد دام

ت) هیچ کدام

۴) تغذیه مجدد با زمان و مکان متفاوت است؟

درست / نادرست / هیچکدام

۵) شناخت دقیق از هندسه و ویژگی‌های آبخوان زیرسطحی در مقیاس آبخیز به

چه دلیل اهمیت دارد؟

الف) برای پی بردن به ظرفیت ذخیره سازی

ب) برای تعیین سازه های تغذیه مصنوعی

ج) هیچکدام

۶) چرا بیشتر برنامه های آبخیز در مناطق سخت سنگ با شکست مواجه می شوند؟

الف) بهره برداری کنترل نشده از آب های زیرزمینی

ب) طراحی ضعیف مداخلات

پ) اطلاع نداشتن از هندسه آبخوان و مشخصات آن

ت) اطلاع نداشتن از بیلان آب زیرزمینی

ج) هیچکدام

۷) دانش زمین شناسی، آب زمین شناسی و ژئوفیزیک از چه لحاظ برای برنامه های

آبخیز دارای اهمیت است؟

الف) تعیین میزان آب زیرزمینی موجود در یک واحد معین آب شناسی

ب) شناسایی مناطق بالقوه آب زیرزمینی

پ) انتخاب مناطق مستعد برای تغذیه مصنوعی

ت) هیچکدام

۸) الگوی زهکشی، توپوگرافی، خاک و شیب از چه لحاظ برای برنامه های آبخیز

اهمیت دارد؟

الف) توپوگرافی موج دار و شیب، کنترل کننده میزان رواناب در آبخیز است

ب) مکان یابی سازه های برداشت آب

پ) هر دو

ت) هیچکدام

۹) وقوع و حرکت آب های زیرزمینی بستگی به کدام موارد دارد؟

الف) قابلیت انتقال آبخوان

ب) شیب تراز آب زیرزمینی

پ) هر دو

ت) هیچ کدام

۱۰) روش‌های برآورد تغذیه مجدد چیست؟

الف) نوسانات تراز آب

ب) تعادل آب و خاک

پ) بیلان جرم کلرید

ت) بارش محدودشده از لحاظ سنگ‌شناسی

ج) درصد بارش

چ) همه موارد

۱۱) در آبخیزهای سخت‌سنگ، آب را از کدام منطقه می‌توان استخراج کرد.

الف) منطقه شکسته کم‌عمق

ب) مناطق شکسته عمیق

پ) هر دو

ت) هیچ کدام

۱۲) آیا طراحی ساختارهای تغذیه را بسته به این‌که از کدام منطقه استفاده قرار

می‌شود، تغییر می‌دهید؟

بله/خیر/نمی‌دانم

۱۳) در مناطق مختلف آب‌شناسی انتظار می‌رود که تغذیه مجدد چند درصد بارش

معمول باشد (چرا و کجا؟)

الف) کمتر از سه

ب) سه الی ۲۰

پ) بیش از ۲۰

ت) مقادیر متفاوت

۱۴) آیا تغذیه مجدد به‌عنوان درصدی از بارش، بستگی به زمین‌شناسی دارد؟

بله/خیر/نمی دانم

۱۵) ضروری ترین الزامات طراحی تغذیه مصنوعی چیست؟

الف) وجود رواناب مازاد

ب) مکان یابی مناسب

پ) طراحی سایت مبنای سازه های تغذیه

ت) همه موارد

۱۶) کدام مورد بیشترین تأثیر را در تغذیه مجدد مصنوعی خواهد داشت؟

الف) ضخامت تشکیلات زیرسطحی

ب) فضای کافی سازند زیرزمینی برای نگهداشت آب تغذیه شده

پ) شدت بارش

ت) شدت و توزیع بارش

ج) هیچکدام

۱۷) در چه مناطقی بهتر است که از روش تزریق برای تغذیه مجدد آبخوان استفاده

کرد؟

الف) سفره های کم عمق

ب) سفره های با عمق متوسط

پ) سفره های عمیقی که در زیر خاک های با بافت سنگین واقع شده اند

ت) هیچکدام

۱۸) کدام روش برای تغذیه آبخوان های کم عمق مناسب است؟

الف) چکدم ها

ب) مخازن نفوذ

پ) آبیگرهای مزرعه

ت) روش تزریق

ج) بستگی به نوع و ضخامت خاک دارد

چ) هیچکدام

آزمون II - جنبه‌های زیست‌فیزیکی

۱) با کدامیک از برنامه‌های آبخیز مرتبط هستید (پاسخ می‌تواند بیش از یک مورد باشد)؟

الف) NWDPPRA

ب) برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز

پ) بانک ملی کشاورزی و توسعه روستایی

ت) آژانس‌های خارجی حامی (مانند DANIDA, ...)

۲) هدف از برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز (رتبه‌بندی کنید):

الف) بهبود تولیدات کشاورزی

ب) کشاورزی پایدار

پ) بهبود معیشت

ت) افزایش آبهای زیرزمینی

ج) بهبود آموزش

چ) کاهش فرسایش

ح) قابل کشت نمودن اراضی غیرقابل کشاورزی

خ) سایر

۳) برای توصیف آبخیزها از چه پارامترهایی می‌توان استفاده کرد (تا حد امکان

نام ببرید)؟

۱. ۲. ۳. ۴. ۵. ۶. ۷. ۸.

۴) یک آبخیز باید داشته باشد.

الف) یک خروجی

ب) دو خروجی

پ) سه خروجی

ت) چهار خروجی

۵) مرزهای آبخیز به وسیله تعیین می شود.

الف) واحد آب شناسی

ب) واحد اداری

۶) آبخیزها می توانند در همه جا یکسان باشند.

الف) بله

ب) خیر

۷) مداخلات آبخیز در همه جا یکسان است.

الف) بله

ب) خیر

۸) موجودی آبخیز شامل چه مواردی است؟ (رتبه بندی کنید)

الف) کاربری زمین

ب) خاک

پ) بارش

ت) اطلاعات اجتماعی و اقتصادی

ج) ویژگی های آب شناسی سطحی

چ) ویژگی های آب شناسی زیرسطحی (ژئوهیدرولوژیک)

ح) اطلاعات شبکه آبراهه

خ) کاربری زمین/الگوی کشت

د) استفاده از آب برای محصولات مختلف.

۹) برنامه ریزی آبخیز، ظرفیت ذخیره سازی پیکره های آبی موجود را لحاظ می کند.

بله/خیر

۱۰) برنامه ریزی آبخیز، بررسی آب موجود در حوضه را شامل می شود.

بله/خیر

----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۱۶۳

۱۱) مداخلات دو حوضه دارای خصوصیات مشابه، فارغ از این که وضعیت بارش آن‌ها چگونه است، یکسان است.

اگر بله، چرا؟ نه، چرا؟

۱۲) انواع مداخلات ممکن در آبخیز را اولویت‌بندی نمائید. (اولویت کاهشی)

(۱)

(۲)

(۳)

۱۳) برنامه‌های آبخیز با افزایش منابع آب سروکار دارد.

بله/خیر

۱۴) در برنامه‌های آبخیز هیچ محدودیتی برای استفاده از آب اعمال نمی‌شود.

بله/خیر

۱۵) برنامه‌های آبخیز با رویکرد خط‌الراس به آبراهه اجرا می‌شوند.

بله/خیر

۱۶) در برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز یا سایر برنامه‌های آبخیز تحت حمایت

دولت، به شدت با رویکرد خط‌الراس به آبراهه اجرا می‌شوند.

بله/خیر. در صورت جواب منفی دلایل را ذکر کنید.

(۱)

(۲)

(۳)

۱۷) به نظر شما، برنامه آبخیز در درجه اول باید بر کدام بخش‌ها تمرکز کند و

چرا؟

(۱)

(۲)

(۳)

۱۸) الگوهای کاربری اراضی آبخیز بر مداخلات حوضه تأثیرگذار است.

بله/خیر

۱۹) مهمترین اجزای یک برنامه آبخیز کدامند؟

(۱)

(۲)

(۳)

۲۰) آیا می‌توان زهکشی زیرسطحی مناطق زراعی را به‌عنوان یک مداخله آبخیز

در نظر گرفت؟

بله/خیر

۲۱) رتبه آبراهه را برای موارد زیر مشخص کنید.

الف) برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز؟ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵

ب) خردآبخیز؟ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵

۲۲) آیا اطلاعی از تعریف بودجه‌بندی آب دارید؟

بله/خیر

۲۳) بودجه‌بندی آب درباره است.

الف) برنامه‌ریزی محصول متناسب با آب در دسترس

ب) برآورد آب برای محصولات مختلف

پ) تخصیص آب برای مصارف مختلف

ت) محدود کردن تعداد محصولات زراعی

۲۴) آیا شناختی نسبت به موارد زیر دارید؟

الف) تغییرات بیلان آب برای آبخیز. بله/خیر

ب) میزان تبخیر ماهانه در برابر بارش ماهانه. بله/خیر

پ) اطلاعات بارش و دمای ماهانه. بله/خیر

ت) میزان تبخیر سالانه در برابر بارش سالانه. بله/خیر

----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۱۶۵

ج) بیان آب کشاورزی آبخیز. بله/خیر

چ) نمودار بارش در مقابل تبخیر در طول دوره رشد محصول. بله/خیر

ح) بارش در مقابل تبخیر در طی ماههای فصول خریف و ربی^۱. بله/خیر

خ) اطلاعات بارش و دمای ماهانه در طول فصل زراعی. بله/خیر

د) اطلاعات بارش و دمای ماهانه در طی فصول خریف و ربی. بله/خیر

۲۵) توسعه آبخیز دارای نتایج یکسانی در مناطق مختلف اقلیمی است.

بله/خیر

۲۶) در تمام مناطق اقلیمی می‌توان با توسعه صحیح آبخیزها، آب کافی برای تمام نیازهای درون حوضه را تامین کرد.

بله/خیر

۲۷) با توسعه صحیح آبخیزها می‌توان پایداری محصولات خریف را با توجه به بارش در یک فصل تضمین کرد.

بله/خیر

۲۸) با توسعه صحیح آبخیزها می‌توان پایداری محصولات خریف و ربی را بدون توجه به بارش در یک فصل تضمین کرد.

بله/خیر

۲۹) هدف برنامه‌های آبخیز افزایش مصرف آب است.

بله/خیر

۳۰) هدف برنامه‌های آبخیز افزایش مصرف آب از طریق تنوع محصول است.

بله/خیر

¹ kharif and rabi season months

(محصولات خریف: وابسته به بارش‌های موسمی هستند و فصل زراعی آن‌ها از جولای تا اکتبر ادامه دارد به عنوان مثال: برنج، ذرت، ارزن، راگی، حبوبات، سویا، بادام زمینی و غیره. محصولات ربی: در زمستان پس از پایان بارش‌های موسمی کاشته و در تابستان برداشت می‌شوند، فصل زراعی آن‌ها از اکتبر تا آوریل ادامه دارد.)

۳۱) هدف برنامه‌های آبخیز افزایش مصرف آب از طریق ترویج تنوع محصولات از زراعی به باغی است.

بله/خیر

۳۲) محتمل‌ترین تغییرات آبخیز پس از اتمام مداخلات کدامند؟

(۱)

(۲)

(۳)

۳۳) آیا تعیین یک مساحت بهینه تحت کشت در آبخیز می‌تواند ضامنی برای موفقیت برنامه‌های توسعه آبخیز باشد؟

بله/خیر

۳۴) وابستگی به دام برای امرار معاش می‌تواند با برنامه‌های آبخیز افزایش یابد.

بله/خیر

۳۵) برنامه‌های آبخیز انعطاف سامانه زراعی/کشاورزی را در مناطق با بارش مختلف تضمین می‌کند.

بله/خیر

۳۶) انواع محدودیت‌های آب‌شناسی آبخیز (مانند زمین‌های مسطح بیشتر و بارش کم) را ذکر کنید.

(۱)

(۲)

(۳)

۳۷) آیا حوضه‌هایی را سراغ دارید که در آن‌ها پس از توسعه حوضه، الگوی کشت تجویز شده باشد؟ (نام ببرید)

(۱)

(۲)

(۳)

(۳۸) مقدار آب قابل برداشت حوضه براساس پارامترهای زیر چقدر است؟

براساس درصد بارندگی

براساس درصد رواناب

(۳۹) آیا در برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز، آب در دسترس مورد ارزیابی قرار

می‌گیرد؟

بله/خیر اگر بله، چه کسی این ارزیابی را انجام می‌دهد؟

آزمون III - جنبه‌های اجتماعی-اقتصادی

(۱) برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز در آبخیزهای متوسط‌مقیاس چه تفاوتی با

خردآبخیزها دارد؟

الف) اندازه (بر حسب هکتار) و تعداد روستاهای تحت پوشش

ب) نوع مداخلات در مزرعه و آبراهه

پ) بهبود سامانه تولید و فعالیت‌های معیشتی

ت) ترتیبات سازمانی

ج) هیچکدام

(۲) به نظر شما، مزایای اصلی اقتصادی-اجتماعی برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز

در مقایسه با خردآبخیزها کدام است؟

الف) تغذیه بهتر آب‌های زیرزمینی

ب) افزایش فواید اجتماعی-اقتصادی

پ) مساوات بهتر

ت) پایداری مداخلات

ج) هیچکدام

(۳) به نظر شما، مشکلات برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز کدامند؟

الف) پیچیدگی بیش از حد برای مدیر

ب) نابرابری در جریان سود بین روستاها

پ) بروز درگیری بین روستاها

ت) نیاز به منابع بیشتر مالی و انسانی

ج) سایر موارد

۴) برای کاربست برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز از همان رویکرد قبلی استفاده می‌کنید یا رویکرد متفاوتی را در پیش می‌گیرید؟
یکسان/متفاوت

۵) در برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز، کدام یک درباره مناطق بالادست و پایین‌دست درست است؟

الف) بالادست دارای خاک‌های ضعیف‌تری نسبت به پایین‌دست است

ب) پایین‌دست از لحاظ دسترسی به آب زیرزمینی (چاه) بهتر است

پ) روستاهای بالادست از لحاظ اقتصادی-اجتماعی وضعیت ضعیف‌تری دارند

ت) روستاهای پایین‌دست بهره بیشتری را از برنامه مدیریت یکپارچه آبخیز می‌برند.

۶) میزان اثرات بر آبخیز در بین بالادست و پایین‌دست دارای اختلافات گسترده‌ای است به طوری که مناطق پایین‌دست مزایای بسیار بیشتری را نسبت به بالادست می‌برند.

درست / نادرست / مطمئن نیستم

۷) به نظر شما مداخلات آبخیز می‌بایست بسته به مناطق بالادست و پایین‌دست متفاوت باشد؟

بله / خیر / مطمئن نیستم

۸) در صورت سود بیشتر جوامع پایین‌دست، آیا باید غرامتی به جوامع بالادستی پرداخت شود؟

بله / خیر / مطمئن نیستم

----- رویکردهای یکپارچه مدیریت پایدار آبخیز در مناطق خشک / ۱۶۹

۹) در حوزه‌های آبخیز آیا محدودیت‌هایی در رابطه با استفاده از آب‌های زیرزمینی اعمال می‌شود؟

بله / خیر

۱۰) در حوزه‌های آبخیز آیا محدودیت‌هایی برای کشت آبی اعمال می‌شود؟

بله / خیر

منابع

Primary Reading Material

- Reddy, V.R., Syme, G.J., 2015. Integrated Assessment of Scale Impacts of Watershed Intervention: Assessing Hydrogeological and Biophysical Influences on Livelihoods. Elsevier, Amsterdam.

Subsidiary Reading Material

- Aguilera, P.A., Ferna'ndez, A., Ferna'ndez, R., Rumi', R., Salmero'n, A., 2011. Bayesian networks in environmental modelling. *Environ. Model. Softw.* 26, 1376–1388.
- Allen, E., Kruger, C., Leung, F.-Y., Stephens, J.C., 2013. Diverse perceptions of stakeholder engagement within an environmental modeling research team. *J. Environ. Stud. Sci.* 3, 343–356. <https://doi.org/10.1007/s13412-013-0136-x>.
- Batchelor, C.H., Singh, A., Rama Mohan Rao, M.S., Butterworth, J., 2002. Mitigating the potential unintended impacts of water harvesting. In: IWRA International Regional Symposium 'Water for Human Survival' vol. 26, p. 29.
- Batchelor, C.A., Singh, K., Rama Mohan Rao, C.H., Butterworth, C., 2003. Watershed development: a solution to water shortages or part of the problem? *Land Use Water Resour. Res.* 3, 1–10.
- Batelaan, O., Smedt, F., 2007. GIS-based recharge estimation by coupling surface–subsurface water balances. *J. Hydrol.* 337 (3/4), 337–355.
- Baumann, P., 2000. Sustainable Livelihoods and Political Capital: Arguments and Evidence From Decentralisation and Natural Resource Management in India. Working Paper 136 Overseas Development Institute, London. 44 pp.
- Brenkert, A.L., Malone, E.L., 2005. Modeling vulnerability and resilience to climate change: a case study of India and Indian States. *Clim. Chang.* 71 (1–2), 57–102.
- Bromley, J., Jackson, N.A., Clymer, O.J., Giacomello, A.M., Jensen, F.V., 2004. The use of Hugin® to develop Bayesian networks as an aid to integrated water resource planning. *Environ. Model. Softw.* 20, 231–242.
- Bromley, J., Jackson, N.A., Clymer, O.J., Giacomello, A.M., Jensen, F.V., 2005. The use of Hugin® to develop Bayesian networks as an aid to integrated water resource planning. *Environ. Model. Softw.* 20, 231–242.
- Brunet, P., R'emi, C., Christopher, B., 2010. Monitoring soil water content and deficit using electrical resistivity tomography (ERT)—a case study in the Cevennes area, France. *J. Hydrol.* 380 (1–2), 146–153.

- Calder, I.R., 2005. Blue Revolution, Integrated Land and Water Resource Management, second ed. Earthscan, London and Sterling, VA.
- Calder, I., Gosain, A., Rama Mohan Rao, M.S., Batchelor, C., Snehalatha, M., Bishop, E., 2006. Planning rainwater harvesting in India—1. biophysical and societal impacts. In: National Workshop on Priorities for Watershed Management in India. Bangalore, 22–23 May. Government of Karnataka and the World Bank.
- Calder, I., Garratt, J., James, P., Nash, E., 2008. Models, myths and maps: development of the EXploratory Climate Land Assessment and Impact Management (EXCLAIM) tool. Environ. Model. Softw. 23, 650–659.
- Calder, I., Gosain, A., Rao, M.S.R.M., Batchelor, C., Snehalatha, M., Bishop, E., 2008a. Watershed development in India. 1. Biophysical and societal impacts. Environ. Dev. Sustain. 10, 537–557.
- Calder, I., Gosain, A., Rao, M.S.R.M., Batchelor, C., Snehalatha, M., Bishop, E., 2008b. Watershed development in India. 2. New approaches for managing externalities and meeting sustainability requirements. Environ. Dev. Sustain. 10, 427–440.
- Carney, D. (Ed.), 1998. Sustainable Rural Livelihoods. DFID, London.
- Carney, S., Whitmarsh, L., Nicholson-Cole, S.A., Shackley, S., 2009. A Dynamic Typology of Stakeholder Engagement Within Climate Change Research. Working Paper 128 Tyndall Centre for Climate Change Research. January.
- Castelletti, A., Soncini-Sessa, R., 2007. Bayesian networks and participatory modelling in water resource management. Environ. Model. Softw. 22, 1075–1088.
- CGWB, 2007a. Groundwater information Anantapur District, A.P. In: Central Groundwater Board, Ministry of Water Resources, Govt. of India. Southern region Hyderabad.
- CGWB, 2007b. Groundwater information Prakasam District, A.P. In: Central Groundwater Board, Ministry of Water Resources, Govt. of India. Southern region Hyderabad. Bharati Integrated Rural Development Society (NGRO), Nandyal.
- Chandra, S., Ahmed, S., Rangarajan, R., 2012. Lithologically constrained rainfall (LCR) method for estimating spatio-temporal recharge distribution in crystalline rocks. J. Hydrol. 402, 250–260.
- Chen, S.H., Pollino, C.A., 2012. Good practice in Bayesian network modelling. Environ. Model Softw. 37, 134–145.
- Dai, A., 2011. Characteristics and trends in various forms of the palmer drought severity index during 190–2008. J. Geophys. Res. 116. D12115. <https://doi.org/10.1029/2010JD015541>.
- Das, A., 2011. Farmers' suicide in India: implications for Public Mental Health. Int. J. Soc. Psychiatry 57, 21.
- Davies, S., 1996. Adaptable Livelihoods. Macmillan, London.
- de Franco, R., Biella, G., Tosi, L., Teatini, P., Lozej, A., Chiozzotto, B., Giada, M., Rizzetto, F., Claude, C., Mayer, A., Bassan, V., Gasparetto Stori, G., 2009. Monitoring the saltwater intrusion by time lapse electrical

- resistivity tomography: the chioggia test site (Venice Lagoon, Italy). *J. Appl. Geophys.* 69 (3–4), 117–130.
- Dentoni, D., Brent Ross, R., 2013. Towards a theory of managing wicked problems through multi-stakeholder engagements: evidence from the agribusiness sector. *Int. Food Agribus. Manag. Rev.* 16 (A), 1–10.
 - Deshpande, R.S., Ratna Reddy, V., 1991. Differential impact of watershed based technology: some analytical issues. *Indian J. Agric. Econ.* 46 (3), 261–269.
 - Ellis, F., 1998. Livelihood diversification and sustainable rural livelihoods. In: Carney, D. (Ed.), *Sustainable Rural Livelihoods*. DFID, London.
 - Enters, T., 1997. The token line: adoption and non-adoption of soil conservation practices in the highlands of northern Thailand. In: Sombatpanit, S., Zēobisch, M.A., Sanders, D.W., Cook, M.G. (Eds.), *Soil Conservation Extension: From Concepts to Adoption*. Soil Publishers, Enfield, NH, pp. 417–427.
 - Fan, S., Hazell, P., 2000. Should developing countries invest more in less favoured areas? An empirical analysis of rural India. *Econ. Polit. Wkly.* 35 (17), 1455–1464.
 - FAO, 2006. The new generation of watershed management projects. In: FAO Forestry Paper 150, Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/009/a0644e/a0644e00.htm>.
 - Farrington, J., Turton, C., James, A.J., 1999. *Participatory Watershed Development: Challenges for the Twenty- First Century*. Oxford University Press, New Delhi.
 - Garg, K.K., Karlberg, L., Barron, J., Wani, S.P. and Rockstrom, J., 2012. Assessing impacts of agricultural water interventions in the Kothapally watershed, Southern India. *Hydrol. Process.* 26 (3), 387–404.
 - Glendenning, C., Vervoort, R.W., 2008. Quantifying the impacts of rainwater harvesting in a case study catchment: the Arvari River, Rajasthan, India. *Aust. J. Water Resour.* 12 (3), 12.
 - Glendenning, C.J., Vervoort, R.W., 2011. Hydrological impacts of rainwater harvesting (RWH) in a case study catchment: the Arvari River, Rajasthan, India: Part 2. Catchment-scale impacts. *Agric. Water Manag.* 98 (4), 715–730.
 - GoI, 2000. *Mid-Term Appraisal of the Ninth Plan (1997–2002)*—Chapter 10. Planning Commission, Government of India, New Delhi. October.
 - GoI, 2001. *Approach Paper to the Tenth Five Year Plan (2002–07)*. Planning Commission, New Delhi. September.
 - GoI, 2006. *From haryali to neeranchal: report of the technical committee on watershed programmes in India*. Department of Land Resources, Ministry of Rural Development, Government of India. January.

- GoI, 2007. Report of the working group on natural resource management: eleventh five year plan (2007–2011). In: Volume I: Synthesis. Planning Commission, Government of India, New Delhi.
- GoI, 2008. Common Guidelines for Watershed Development Projects. <http://www.eSocialSciences.com/data/articles/Document1812200890.6061823.pdf>. (Accessed 10 March 2011).
- GSI, 1995. Geological Quadrangle Map 57 F. Printed at Info maps, Madras.
- GSI, 2004. Geological Quadrangle Map 57 E. Printed the map printing division, Hyderabad.
- Henriksen, H.J., Rasmussen, P., Brandt, G., von Bëulow, D., Jensen, F.V., 2007. Public participation modelling using Bayesian networks in management of groundwater contamination. *Environ. Model. Softw.* 22, 1101–1113.
- Hoff, H., 2011. Understanding the NEXUS. In: Background Paper for the Bonn 2011 Conference. The Water, Energy and Food security NEXUS. Stockholm Environmental Institute, Stockholm. [http://www.waterenergy-food.org/en/whats the nexus/background.html](http://www.waterenergy-food.org/en/whats%20the%20nexus/background.html).
- Hope, R.A., 2007. Evaluating social impacts of watershed development in India. *World Dev.* 35 (8), 1436–1449.
- IPCC, 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. http://www.ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-All_FINAL.pdf.
- Jakeman, A.J., Letcher, R.A., 2003. Integrated assessment and modelling: features, principles and examples for catchment management. *Environ. Model. Softw.* 18, 491–501.
- Jakeman, A.J., Norton, J.P., Letcher, R.A., Maier, H., 2006. Integrated modelling: construction, selection and uncertainty. In: Jakeman, A.J., Norton, J.P., Letcher, R.A., Maier, H. (Eds.), *Sustainable Management of Water Resources: An Integrated Approach*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, pp. 263–286.
- Joshi, P.K., Jha, A.K., Wani, S.P., Joshi, L., Shiyani, R.L., 2005. Meta-Analysis to Assess Impact of Watershed Programme and People's Participation, Comprehensive Assessment Research Report No. 8. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru.
- Kahn, C.E., Roberts, L.M., Shaffer, K.A., Haddawy, P., 1997. Construction of a Bayesian network for mammographic diagnosis of breast cancer. *Comput. Biol. Med.* 27, 19–29.
- Kelly (Letcher), R.A., Jakeman, A.J., Barreteau, O., Borsuk, M.E., El Sawah, S., Hamilton, S.H., JørgenHenriksen, H., Kuikka, S., Maier, H.R., Rizzoli, A.E., van Delden, H., Voinov, A.A., 2013. Selecting among five common modelling approaches for integrated environmental assessment and management. *Environ. Model. Softw.* 47, 159–181.

- Kemp-Benedict, E., Bharwani, S., de la Rosa, E., Krittasudthacheewa, C., Matin, N., 2009. Assessing waterrelated poverty using the sustainable livelihoods framework. In: Stockholm Environment Institute, Working Paper. 25 pp.
- Kerr, J.G., Pangare, G., Pangare, V.L., 2002. Watershed development projects in India—an evaluation. Research Report 127, International Food Policy Research Institute, Washington DC.
- Kerr, J., Milne, G., Chhotray, V., Baumann, P., James, A.J., 2007. Managing watershed externalities in India: theory and practice. *Environ. Dev. Sustain.* 9 (3), 263–281.
- King, W., 1872. Kadapah and Karnul formations in Madras Presidency. *Mem. Geol. Surv. India* 8, 1–293.
- Koller, D., Friedman, N., 2009. Probabilistic Graphical Models: Principles and Techniques. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Kumar, C.P., 2012. Assessment of groundwater potential. *Int. J. Eng. Sci.* 1 (1), 64–79.
- Kumar, S., Surinaidu, L., Pavelic, P., Davidson, B., 2012. Integrating cost and benefit considerations with supplyand demand-based strategies for basin-scale groundwater management in South-West India. *Water Int.* 37 (4), 460–477.
- Landell-Mills, N., Porras, I.T., 2002. Silver bullet or fools’ gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor. In: A Component of the International Collaborative Research Project Steered by IIED: Instruments for Sustainable Private Sector Forestry. IIED, London.
- Lapar, M., Lucila, A., Pandey, S., 1999. Adoption of soil conservation: the case of Philippine uplands. *Agric. Econ.* 21, 241–256.
- Loke, M.H., 1997a. Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies: A Practical Guide to 2-D and 3-D Surveys; 1997. 61 pp.
- Loke, M.H., 1997b. Software: RES2DINV. In: 2D Interpretation for DC Resistivity and IP for Windows 95. Copyright by M.H. Loke. 5, Cangkat Minden Lorong 6, Minden Heights, 11700 Penang, Malaysia.
- Loke, M.H., 2002. Software: RES 2D INV. In: Ver. 3.50, Rapid 2-D Resistivity and IP Inversion Using the Least Square Method.
- Loke, M.H., Barker, R.D., 1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections using a quasi- Newton method. *Geophys. Prospect.* 44, 131–152.
- Lutz, E., Pagiola, S., Reiche, C., 1994. Cost-benefit analysis of soil conservation: the farmers’ viewpoint. *World Bank Res. Obs.* 9, 273–295.
- Mar!echal, J.C., Dewandel, B., Ahmed, S., Galeazzi, L., Zaidi, F.K., 2006. Combined estimation of specific yield and natural recharge in a semi-arid groundwater basin with irrigated agriculture. *J. Hydrol.* 329 (1–2), 281–293.

- Marques, G.F., Lund, J.R., Howitt, R.E., 2010. Modeling conjunctive use operations and farm decisions with two stage stochastic quadratic programming. *J. Water Resour. Plan. Manag.* 136 (3), 386–394.
- Mishra, S., 2007. Risks, Farmers' Suicides and Agrarian Crisis in India: Is There a Way Out? Mumbai, Indira Gandhi Institute of Development Research.
- Moon, S.K., Woo, N.C., Leeb, K.S., 2004. Statistical analysis of hydrographs and water-table fluctuation to estimate groundwater recharge. *J. Hydrol.* 292, 198–209.
- Newton, A.C., Marshall, E., Schreckenberg, K., Golicher, D., te Velde, D.W., Edouard, F., Arancibia, E., 2006. Use of a Bayesian belief network to predict the impacts of commercializing non-timber forestproducts on livelihoods. *Ecol. Soc.* 11, 24. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art24/>.
- Pagiola, S., 1999. Economic analysis of incentives for soil conservation. In: Sanders, D.W., Huszar, P.C., Sombatpanit, S., Enters, T. (Eds.), *Incentives in Soil Conservation: From Theory to Practice*. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, pp. 41–56.
- Pagiola, S., 2002. Paying for water services in Central America: learning from Costa Rica. In: Pagiola, Bishop, Landell-Mills, (Eds.), *Selling Forest Environmental Services: Market-Based Mechanisms for Conservation and Development*. Earthscan, London.
- Pagiola, S., Platais, G., 2006. Payments for Environmental Services: From Theory to Practice. (Draft, June 12).
- Pagiola, S., Bishop, J., Landell-Mills, N. (Eds.), 2002. *Selling Forest Environmental Services: Market-Based Mechanisms for Conservation and Development*. Earthscan, London.
- Pelletier, J.D., Rasmussen, C., 2009. Geomorphically based predictive mapping of soil thickness in upland watersheds. *Water Resour. Res.* 45. WO9417. <https://doi.org/10.1029/2008WR007319>.
- Perera, N., Fernando, K., 2004. Sustainable Land Management: South Asia Perspectives. South Asia Cooperative Environment Program, Colombo.
- Pingali, P.L., Rosegrant, M., 2001. Intensive food systems in Asia: can the degradation problems be resolved? In: Lee, D.R., Barrett, C.B. (Eds.), *Tradeoffs or Synergies? Agricultural Intensification, Economic Development and the Environment*. CABI Publishing.
- Portoghesi, I., D'Agostino, D., Giordano, R., Scardigno, A., Apollonio, C., Vurro, M., 2013. An integrated modelling tool to evaluate the acceptability of irrigation constraint measures for groundwater protection. *Environ. Model. Softw.* 46, 90–103.
- Reddy, V.R., 2000. Watershed development for sustainable agricultural: need for an institutional approach. *Econ. Polit. Wkly.* 35 (38), 3435–3444.

- Reddy, V.R., Gopinath Reddy, M., Galab, S., Soussan, J., Springate-Briganski, O., 2004. Participatory watershed development in India: can it sustain rural livelihoods? *Dev. Chang.* 35 (2), 297–326.
- Reddy, V.R., Gopinath Reddy, M., Malla Reddy, Y.V., Soussan, J., 2008. Sustaining rural livelihoods in fragile environments: resource endowments and policy interventions—a study in the context of participatory watershed development in Andhra Pradesh. *Indian J. Agric. Econ.* 63 (2), 169–187.
- Reddy, V.R., Gopinath Reddy, M., Soussan, J., 2010. *Political Economy of Watershed Management: Policies, Institutions, Implementation and Livelihoods*. Rawat Publishers, Jaipur.
- Rennie, J.K., Singh, N., 1996. *Participatory Research for Sustainable Livelihoods*. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg.
- Romn, J., 2011. Desertification: the next dust bowl. *Nature* 478, 450–451. <https://doi.org/10.1038/478450a>.
- Sakthivadivel, R., Scott, C.A., 2005. Upstream-downstream complementarities and tradeoffs: opportunities and constraints in watershed development in water scarce regions. In: Sharma, B.R., Samra, J.S., Scott, C.A., Wani, S.P. (Eds.), *Watershed Management Challenges: Improving Productivity, Resources and Livelihoods*. International Water Management Institute, pp. 173–185.
- Sibanda, T., Nonner, J.C., Uhlenbrook, S., 2009. Comparison of groundwater recharge estimation methods for the semi-arid Nyamandhlovu area, Zimbabwe. *Hydrogeol. J.* 17, 1427–1441.
- Simpson, M.C., 2009. An integrated approach to assess the impacts of tourism on community development and sustainable livelihoods. *Community Dev. J.* 44, 186–208.
- Sooraj, K.P.V., Mathew, E.K., 2013. GIS and Remote Sensing for Artificial Recharge Study in a Degraded Western Ghat Terrain. http://www.csre.iitb.ac.in/csre/conf/wp-content/uploads/fullpapers/OS4/OS4_14.pdf.
- Sophocleous, M.A., 1991. Combining the soil water 664 balance and water-level fluctuation methods to estimate natural ground water recharge: practical aspects. *J. Hydrol.* 124, 229–241.
- Store, H., Storz, W., Jacobs, F., 2000. Electrical resistivity tomography to investigate geological structures of earth's upper crust. *Geophys. Prospect.* 48, 455–471.
- Strand, R., 2008. *The Stakeholder Dashboard*. University of Minnesota Carlson School of Management, USA. [www.Strandpercent20\(2008\)percent20-percent20Thepercent20stakeholder.pdf](http://www.Strandpercent20(2008)percent20-percent20Thepercent20stakeholder.pdf).
- Sukhija, B.S., Rama, F.A.S., 1973. Evaluation of groundwater recharge in semi-arid region of India using environmental tritium. In: *Indian Acad. Sci. LXXVII Sec. A. vol.VI*, pp. 279–292.

- Surinaidu, L., Bacon, C.G.D., Pavelic, P., 2013. Agricultural groundwater management in the Upper Bhima Basin: current status and future scenarios. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 17, 507–517.
- Syme, G.J., Ratna Reddy, V., Pavelic, P., Croke, B., Ranjan, R., 2012. Confronting scale in watershed development in India. *Hydrogeol. J.* 20 (5), 985–993.
- TASS, ICAR, CIMMYT, IPNI, CSISA, FAI, 2015. New Delhi Soil Health Declaration-2015. In: National Dialogue on Efficient nutrient Management for Improving Soil Health, 28–29 September. Trust for Advancement of Agriculture Sciences; Indian Council for Agriculture Research; International Plant Nutrition Institute; Cereal Systems Initiative for South Asia and Fertiliser Association of India.
- Ticehurst, J.L., Curtis, A., Merritt, W.S., 2011. Using Bayesian networks to complement conventional analyses to explore landholder management of native vegetation. *Environ. Model. Softw.* 26, 52–65.
- Tompkins, E.L., Boyd, E., Nicholson-Cole, S.A., Weatherhead, K., Arnell, W.N., Adger, W.N., 2005. Linking adaptation research and practice. A report submitted to DEFRA as part of the climate change impacts and adaptation crossregional research programme. Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich.
- Tsamardinos, I., Brown, L.E., Aliferis, C.F., 2006. The max-min hill-climbing Bayesian network structure learning algorithm. *Mach. Learn.* 65, 31–78.
- UKCIP, 2003. Climate adaptation: risk, uncertainty and decision-making. UKCIP Technical Report, UKCIP, Oxford. <http://www.ipcc.ch/pub/syrgloss.pdf>.
- Varela-Ortega, C., Blanco-Gutiérrez, I., Swartz, C.H. and Downing, T.E., 2011. Balancing groundwater conservation and rural livelihoods under water and climate uncertainties: an integrated hydro-economic modeling framework. *Glob. Environ. Chang.* 21, 604–619.
- Varis, O., Kuikka, S., 1997. BeNe-EIA: a Bayesian approach to expert judgement elicitation with case studies on climate change impacts on surface waters. *Clim. Chang.* 37, 539–563.
- Wani, S.P., Joshi, P.K., Raju, K.V., Sreedevi, T.K., Wilson, M.J., Shah, A., Diwakar, P.G., Palanisami, K., Marimuthu, S., Ramakrishna, Y.S., Sundaram, S.S.M., D'Souza, M., 2008. Community Watershed as Growth Engine for Development of Dryland Areas—Executive Summary: a Comprehensive Assessment of Watershed Programs in India. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, p. 36.
- Welp, M., de la Vega-Leinert, A., Stoll-Kleemann, S., Jaeger, C.C., 2006. Science-based stakeholder dialogues: theories and tools. *Glob. Environ. Chang.* 16, 170–181.
- Werner, A.D., Gallagher, M.R., Weeks, S.W., 2006. Regional-scale, fully coupled modelling of stream aquifer interaction in a tropical catchment. *J. Hydrol.* 328, 497–510.

- White, T.A., Runge, C.F., 1995. The emergence and evolution of collective action: lessons from watershed management in Haiti. *World Dev.* 23 (10), 1683–1698.
- White, P.A., Hong, Y.S., Murry, D., Scott, D.M., Thorpe, H.R., 2003. Evaluation of regional models of rainfall recharge to groundwater by comparison with lysimeter measurements, Canterbury, New Zealand. *J. Hydrol.* 42 (1), 39–64.
- Woolhiser, D.A., Fedors, R.W., Smith, R.E., Stothoff, S.A., 2006. Estimating infiltration in the upper split watershed, Yucca Mountain, Nevada. *J. Hydrol. Eng.* 11, 123–133.
- World Bank, 2007. Watershed management approaches, policies and operations: lessons for scaling-up (draft report). Agriculture and Rural Development Department, World Bank, Washington, DC.
- World Bank, 2008. World Development Report 2008. World Bank, Washington, DC.
- Zaidi, F.K., Osama, M.K., Kassem, 2012. Use of electrical resistivity tomography in delineating zones of groundwater potential in arid regions: a case study from Diriyah region of Saudi Arabia. *Arab. J. Geosci.* 5, 327–333.

Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extention Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research
Institute

Title: Integrated Approaches to Sustainable Watershed
Management in Xeric Environments (A Training Manual)

Authors: V. Ratna Reddy¹, Geoffrey J. Syme², Chiranjeevi
Tallapragada³

Translated by: Jamal Mosaffaie ⁴Amin, Salehpour Jam⁵

Editor: Saeed Nabipay Lashkarian

Page Layout: Abbas Seddigh

Publisher: Soil Conservation and Watershed Management Research
Institute (SCWMRI)

ISBN: 978-600-6054-42-1

Circulation: 100 Copies

Date of Publication: 2024

Price: 1000000 Rls.

This scientific work has been registered with the series number of **3140363** at the date of **2024-11-21** in the Agriculture Information and Scientific Documents Center. All rights reserved. No part of this publication may reproduced or translated without the original reference.

¹ Livelihoods and Natural Resource Management Institute, Hyderabad, India

² Edith Cowan University, Perth, WA, Australia

³ Livelihoods and Natural Resource Management Institute, Hyderabad, India

⁴ Associate professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research and Education Organization (AREEO), Tehran, Iran

⁵ Associate professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research and Education Organization (AREEO), Tehran, Iran

**Integrated Approaches to Sustainable
Watershed Management in Xeric
Environments**
A Training Manual

Authors:

V. Ratna Reddy

Geoffrey J. Syme

Chiranjeevi Tallapragada

Translated by:

Jamal Mosaffaie

Amin Salehpour Jam