فن سنجش از دور
در آبیاری و زهکشی

ترجمه و تدوین:

گروه کار تصمیم‌گیری در مدیریت آب و خاک
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

نشریه شماره ۲۵
۱۳۷۸

بسم الله الرحمن الرحيم

فن سنجش از دور
در آبیاری و زهکشی

ترجمه و تدوین :

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مهندس محمود مسچی
مهندس مهدی دانش
مهندس ایرج صدیقیان
مهندس علی فرزانه

بازخوانی و ویرایش:

مهندس محمود مسچی
مهندس مهرزاد احسانی

بسمه تعالی

وزارت نیرو

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

نام کتاب :فن سنجش از دور در آبیاری و زهکشی
تهیه کننده : کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
ناشر : کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
تیراژ : ۱۰۰۰ نسخه
چاپ اول : پاییز ۱۳۷۸
حروفچینی : کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

حق چاپ برای کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران محفوظ است.

پیشگفتار

افزایش رشد سریع جمعیت و نیاز روزافزون به تولیدات غذایی مهمترین مسئله انسان‌ها می‌باشد. محدودیت منابع آب در دسترس، آب را به عنوان یک کالای اقتصادی و با ارزش و مایه حیات بخش عالم‌هستی مطرح نموده‌است.

بدیهی است جهت تأمین هر چه بیشتر آب، علاوه بر ذخیره و مهار جریان آب‌های سطحی، با برنامه‌ریزی در منابع آب می‌توان در این راستا گام‌های موفقیت‌آمیزی را طی نمود. در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب بهره‌گیری از فن‌آوری‌های جدید نظیر اخذ و پردازش اطلاعات (از طریق ماهواره)، استفاده از نرم‌افزارها و سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری و سیستم اطلاعات، نقش بسزایی در مدیریت منابع محدود آب و خاک به عهده دارند. استفاده از داده‌های سنجش از دور ماهواره‌ای با توجه به خصوصیاتی از قبیل دید وسیع و یکپارچه، استفاده از قسمت‌های مختلف طیف الکترومغناطیسی برای ثبت خصوصیات پدیده‌ها، پوشش‌های تکراری، سرعت انتقال و تنوع اشکال داده‌ها، امکان بکارگیری سخت‌افزارها و نرم افزارهای ویژه رایانه‌ای در سطح دنیا با استقبال زیادی روبرو شده‌است و به عنوان ابزاری مناسب در ارزیابی، اکتشاف، نظارت، کنترل و مدیریت منابع آب و خاک، جنگل و مرتع، کشاورزی و محیط زیست بکار گرفته شده و به مرور بر دامنه وسعت کاربری آن افزوده گردیده است.

در یکی دو دهه اخیر، افزایش حجم اطلاعات قابل دسترس و لزوم ترکیب این اطلاعات باعث شکل‌گیری فن دیگری بنام سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی شده‌است. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نرم افزارهای رایانه هستند که زمینه ورود داده‌ها، مدیریت و تحلیل آنها و تهیه محصول خروجی را فراهم می‌آورد.

امروزه در زمینه آبیاری و زهکشی کاربرد وسیع سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات

جغرافیایی در مطالعات شوری وماندابی اراضی، مطالعات طبقه‌بندی و ارزیابی اراضی، تعیین تبخیر وتعرق و رطوبت خاک، مدیریت پروژه‌های بزرگ آبیاری و ارزیابی عملکرد آنها گزارش شده‌است.

این کتاب که به همت گروه کار سیستم‌های تصمیم‌گیری در مدیریت آب و خاک کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران تهیه گردیده با هدف معرفی زمینه‌های کاربردی فن سنجش از دور در طرح‌های آبیاری و زهکشی در دنیا منتشر شده‌است. مطالعه این کتاب می‌تواند شناخت نسبتاً مفیدی از این علم را به علاقمندان ارایه نماید.

در پایان از کلیه همکارانی که نقش مؤثری در تهیه این کتاب داشتند تشکرو قدردانی بعمل می‌آید.

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقدمه ۱
فهرست مطالب ۲
بخش اول : برنامه‌ریزی و شناسایی ظرفیت آبیاری ۲
بخش دوم : مدیریت سیستم‌های آبیاری ۲
بخش سوم : زهکشی و کنترل نظارت بر شوری ۳
خلاصه گزارش نتایج ۴
نتایج به‌دست آمده از گروه‌های کار ۶
گروه کاری اول : برنامه‌ریزی و طراحی ظرفیت آبیاری ۶
گروه کاری دوم : مدیریت سیستم‌های آبیاری ۱۲
گروه کاری سوم : نظارت و کنترل زهکشی و شوری ۱۶
نتایج و توصیه‌های گروه‌های کار ۲۰
بخش اول:برنامه‌ریزی و شناسایی ظرفیت آبیاری ۲۵
پروژه نظارت، پیش‌بینی و شبیه‌سازی رود نیل ۲۵
بررسی و نظارت آبگیرها (تالاب) در نیجر ۳۹
استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در ارزیابی منابع توسط BRGM ۴۳
(اداره تحقیقات معادن و زمین‌شناسی) ۴۳
تحقیق درباره آب زیرزمینی از طریق سنجش از دور ۵۷
مثال‌های مربوط به کشورهای یمن و فیلیپین ۵۷
کاربرد داده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا و عکس‌های هوایی ۶۵
نمونه برای پروژه ارزیابی ظرفیت آبیاری در چاد ۶۵
اثرات اقتصادی آبیاری در کشت مزارع ۷۴
برنامه‌ریزی و تعیین ظرفیت آبیاری ۸۵
بخش دوم:مدیریت سیستم‌های آبیاری ۹۱
کاربرد سنجش از دور برای مدیریت آبیاری در آسیا ۹۱
استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا برای مدیریت
آبیاری و نظارت (مطالعه نمونه در اندونزی) ۱۰۳

مدیریت برنامه‌های آبیاری در کشورهای دارای آب و هوای خشک ۱۱۱
مدیریت پروژه‌های بزرگ آبیاری در مراکش ۱۳۷
استفاده از ماهواره‌ها و هواپیما در مدیریت آبیاری مزرعه در آریزونا....... ۱۴۷
مدیریت آبیاری مزرعه در منطقه لامانچای اسپانیا.................. ۱۶۳
تعیین خصوصیات آبیاری سنتی در آندز- اکوادور ۱۷۵
سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور
برای مدیریت پروژه آبیاری ۱۸۵
روش دسترسی به یک سیستم اطلاعاتی در استفاده از تکنیک‌های
سنجش از دور در آبیاری و زهکشی ۱۹۱
بخش سوم: زهکشی و کنترل نظارت بر شوری ۱۹۷
کنترل شوری اراضی تحت آبیاری............................. ۱۹۷
روش‌های کنترل شوری ۲۰۶
کنترل سیلاب در مراکش.................................... ۲۱۱
وضعیت سنجش از دور در برزیل و کاربرد آن در آبیاری،
زهکشی و مسایل شوری.................................... ۲۳۳
تشخیص، تعیین حدود و کنترل تغییرات عرضه‌های شور در اراضی
آبیاری با استفاده از تصاویر TM لندست......................... ۲۵۷
ارزیابی شوری براساس استفاده ترکیبی سنجش از دور و GIS ۲۶۵

مقدمه

سنجش از دور بیش از یک دهه است که در موارد بسیاری به کار گرفته شده است. در زمینه آبیاری و زهکشی هم آزمایش‌ها و تجارب مقدماتی و نمونه انجام پذیرفته است.

اهداف این کارگاه که با هماهنگی فائو و سماگراف تشکیل گردیده ارزیابی وضعیت کلی و آن دسته از کاربردهایی است که عملی بودن و اقتصادی بودن آن‌ها ثابت شده است.

هم‌زمان از شرکت‌کنندگان دراین کارگاه درخواست شده که محدودیت‌ها و موانع موجود کاربردی این تکنیک را در کشورهای در حال توسعه با تاکید بر مسایل آبیاری و زهکشی تعیین و مشخص نمایند. برای این منظور خاص، کارشناسانی از هشت کشور در حال توسعه دعوت شدند تا در این تصمیم‌گیری سهیم باشند.

این کارگاه برای تشکیل جلسات خود از ۳۰ نفر متخصصان کشورهای مختلف که در زمینه آبیاری و زهکشی با فن‌آوری سنجش از دور در ارتباط هستند دعوت به عمل آورد.

اهداف بلندمدت این کارگاه ارتقاء و به کارگیری عملی سنجش از دور در آبیاری و زهکشی برای مناطق خشک و مرطوب و دستیابی به پیشنهادات مفید جهت ۵ ساله آتی شامل کارهای اجرایی و آموزشی می‌باشد.

دستاوردها و توصیه‌های گروه‌های کاری و هر یک از شرکت‌کنندگان معرف نخستین تلاش در تدوین کتابی راهنما به منظور ارائه نحوه استفاده و قابلیت‌های اجرایی این شیوه‌ها در بسیاری از زمینه‌های آبیاری و زهکشی با مفهومی جامع است.

لازم است که بر این کتاب راهنما شرح و حواشی بیشتری افزوده شود، اما در حال حاضر مرجعی است که تاکنون جای آن بسیار خالی بوده است. مقالات فنی این مجموعه مستندات و شواهد بیشتری در اختیار علاقه‌مندان به جزییات قرار می‌دهند.

فهرست مطالب

بخش اول: برنامه‌ریزی و شناسایی ظرفیت آبیاری

- پروژه نظارت، پیش‌بینی هوا و شبیه‌سازی رود نیل
(W. Klohn), (M. Andjelic), (B. Attia)
- بررسی و نظارت آبگیرها (تالاب) در نیجر (C. Puech & A. Vidal)
- استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در ارزیابی منابع به‌وسیله BRGM
(J.M. Coudert)
- تحقیق درباره آب زیرزمینی از طریق سنجش از دور، مورد تاریخی یمن و فیلیپین (C. Travaglia)
- کاربرد داده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا و عکس‌های هوایی انتخاب شده برای پروژه ارزیابی ظرفیت آبیاری در چاد (D. Lantieri)
- اثرات اقتصادی آبیاری در مزرعه (F.Axes, T. Rieu, A. Vidal)
- شناخت و تعیین ظرفیت آبیاری (J.M. Citeau & R. Jourdan)

بخش دوم: مدیریت سیستم‌های آبیاری

- کاربرد سنجش از دور برای مدیریت آبیاری در آسیا
(G. Rehman, E.J. Vander Velde)
- استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا برای مدیریت آبیاری و نظارت: مطالعه نمونه در اندونزی (D. Lentieri)
- مدیریت برنامه‌های آبیاری در کشورهای خشک:
(M. Menenti, S. Azzali, G. d’Urso)
- مدیریت پروژه‌های بزرگ آبیاری در مراکش: (V.Vidal, V. Baqri)

- استفاده از ماهواره‌ها و هواپیما برای مدیریت آبیاری مزرعه در آریزونا
M. Susan Moran
- مدیریت آبیاری مزارع در منطقه لامانچای اسپانیا (V. Gaselles)
- تعیین خصوصیات آبیاری سنتی در آندزا-کوادر
(P. Le Goulven, A. Vidal , I. Chaffaut)
- سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور برای مدیریت پروژه‌های آبیاری
(J.M. Citeau, R. Jourdan)
- دستیابی به سیستم اطلاعات به منظور کاربرد فن‌آوری تکنیک سنجش از دور در آبیاری و زهکشی (D. Lepoutre. A. Killmayer)

بخش سوم: زهکشی و کنترل نظارت بر شوری

- کنترل شوری اراضی تحت آبیاری: (L.K. Smedema)
- کنترل سیلاب در مراکش: C. Puech, A. Vidal
- ارزیابی اجرای زهکشی در دشت غرب مراکش با استفاده از سنجش از دور
(B. Vincent, E. Frejefond, A. Vidal and A. baqri)
- وضعیت سنجش از دور در برزیل و کاربرد آن در آبیاری، زهکشی و مسایل شوری
(J.E.T. Ferrante)
- تشخیص - شوری در مکزیکو. (L. Pulido, J. Brena, H. Sanvicente
- تشخیص، تعیین حدود و کنترل تغییرات عرصه‌های شور در اراضی آبیاری با استفاده از تصاویر TM ماهواره لندست. (G. Ibanez & H. Masotta)
- ارزیابی شوری براساس استفاده ترکیبی از سنجش از دور و GIS, (S. Casas)

خلاصه گزارش نتایج

کارگاه در سه نشست متوالی با همکاری ۱۰ کارشناس از گروه‌های کاری مرتبط سازماندهی گردید. سه نشست فوق صرفاً براساس کاربرد مثال‌های از پیش تهیه شده در زمینه پتانسیل، پیش عملیات و نیز اجرای کاربردی سنجش از دور در موارد زیر بوده‌است.

نشست ۱ : برنامه‌ریزی و طراحی ظرفیت آبیاری

☐ شناسایی آب‌های زیرزمینی
☐ ارزیابی و برنامه‌ریزی منابع آب‌های سطحی
☐ تشخیص ظرفیت آبیاری و ارزیابی اثرات اقتصادی آن

نشست ۲ : مدیریت سیستم‌های آبیاری

☐ شناسایی مناطق آبیاری شده (در سطح ملی، منطقه‌ای و محلی)
☐ بهنگام سازی زیرساخت‌ها
☐ تهیه نقشه کاربری اراضی
☐ مدیریت سیستم‌های آبیاری
☐ مدیریت آبیاری مزرعه
☐ استفاده از سنجش از دور در مدل‌های آبی
☐ سیستم‌های اطلاعاتی در آبیاری و زهکشی

نشست ۳ : زهکشی و نظارت و کنترل شوری

☐ تهیه نقشه کاربری اراضی
☐ تهیه نقشه زیرساخت‌های زهکشی و ارزیابی شرایط نگهداری

- ☐ ارزیابی خسارت سیل و مدل سازی سیلاب
- ☐ ارزیابی مناطق ماندابی
- ☐ تشخیص و ارزیابی شوری

برای هر یک از کاربری‌های فوق گروه‌های کاری به نیازها و موانع موجود در ارتباط با سنجش از دور در قالب داده‌های موجود و قدرت تشخیص آن‌ها، دقت و مقیاس تولید نهایی و هزینه برای هر کیلومترمربع در زمان ارزیابی اشاره نموده‌اند.

نتایج به‌دست آمده از گروه‌های کار

گروه‌کاری اول: برنامه‌ریزی و طراحی ظرفیت آبیاری

F. Axes (Reporter), J.M. Citeau (Chairman)

C. Travaglia, E. Kyriacou, J.M. Coudert, M.Al Sbeinati, N.O. Osae, C. Puech

توسعه اقتصادی بیشتر کشورهای جهان با شناخت کامل بر منابع آب شروع می‌شود. فن سنجش از دور کاملاً در شناسایی اولیه منابع آب مفید است و به نظر می‌رسد در حال حاضر قابل اجرا باشد. آب و آب شناسی ارتباط زیاد و دقیقی با تحقیقات در آب‌های زیرزمینی و شناسایی منابع و آب‌های سطحی دارد. فن سنجش از دور همچنین برای تهیه و ارزیابی پروژه‌های آبیاری مورد آزمایش قرار گرفته است.

۱- شناسایی آب‌های زیرزمینی

شناسایی منابع آب معمولاً از طریق کارشناسان، مسؤلین محلی و همچنین مدیریت خدمات منابع طبیعی صورت می‌گیرد. تحقیق در مورد پتانسیل آب‌های زیرزمینی به عنوان شناخت مقدماتی و تعیین برخی از شاخص‌ها مانند شناخت عوارض زمین، پوشش گیاهی در مناطق خشک، تعیین موقعیت چاه‌های آزمایشی در اراضی دارای شکستگی، ارزیابی مقدار آب در حوزه‌های رسوبی می‌باشد.

چنین مطالعاتی معمولاً مناطق وسیعی را در بر می‌گیرد و مقیاس آن بین ۱/۵۰۰۰۰۰ (شناسایی) و ۱/۲۰۰۰۰ برای مناطقی که دارای چاه‌های آزمایشی می‌باشد تغییر می‌کند.

فن‌آوری‌های سنتی (زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، هواشناسی واقلیم) و فن‌آوری سنجش از دور مکمل یکدیگر می‌باشند. عکس‌های هوایی استریوسکپی غالباً در مراحل نهایی (دستیابی به تعیین موقعیت حفاری) به‌کار گرفته می‌شود. تصاویر ماهواره‌ای عبارتند از تصاویر لندست و اسپات (چند طیفی و تک باند، عکس نقشه و مدل‌های رقومی ارتفاعی).

فنون اصلی عبارتند از:

- تجزیه و تحلیل سطحی برای شناسایی واحدهای اراضی. (نظیر برقراری ارتباط نزدیک بین پوشش‌های دایمی و شکاف‌ها و شکستگی خاک، استخراج شبکه زهکش‌ها و شبکه آبیاری و نیز فشارهای نامحدود آب)،
- تجزیه و تحلیل تفصیلی تکمیلی از طریق کنترل صحرایی (شناخت جهت تنش‌ها، شکستگی‌ها، شکاف‌ها، گسل‌ها و شبکه‌های پیوسته).
- تجزیه و تحلیل آماری پدیده‌های خطی.
- تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و ترکیب آن با تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های مناسب

تکامل این روش با عوامل زیر ارزیابی می‌گردد.

- درجه بالای موفقیت در حفاری، (۷۱ تا صد در صد).
- متوسط تولید ۳/۸ مترمکعب آب در ساعت و کیفیت آب خوب و دارای قابلیت شرب،

هزینه بستگی به وسعت منطقه مطالعه و داده‌ها و یا نوع فن‌آوری که استفاده می‌شود (GIS) دارد و بین یک دلار برای هر کیلومترمربع در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰۰ تا ۶/۵ دلار در هر کیلومترمربع در مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ متغیر می‌باشد.

زمان تحویل بین ۳ ماه تا ۱/۵ سال و بسته به وسعت منطقه و میزان نیاز به اطلاعات تفصیلی خواسته شده تغییر می‌کند.

۲- ارزیابی و برنامه‌ریزی منابع آب‌های سطحی

نظارت بر آبگیرها و شناسایی محل سدهای کوچک

کاربری اصلی آن بستگی به نظر مدیران محلی و کشوری و برنامه‌های آن‌ها دارد. به‌منظور شناسایی منابع آبی و ظرفیت آب مورد استفاده و تامین آب به‌منظور توسعه کشاورزی، سدها باید در محل‌هایی مستقر شوند که دارای موقعیت مناسب از لحاظ توپوگرافی، زمین‌شناسی و کشاورزی بوده و فرسایش زمین نیز در حداقل باشد. در بیشتر موارد به کارگیری فن سنجش از دور اقتصادی نبوده و بستگی به ابعاد اراضی تحت مطالعه دارد.

انواع تصاویر ماهواره‌ای شامل اسپات، لندست (.T.M) چندباندی می‌باشد.

آماده‌سازی و طبقه‌بندی این تصاویر درباره تعیین موقعیت آبگیرها، شبکه‌های زهکشی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی، شرایط سطحی (چینه‌شناسی) اطلاعات موضوعی را ارائه می‌دهد.

مطالعات آماری نیجریه در ارتباط با فرآیند تصویر، میزان و حجم آب‌گیرها را نمایش می‌دهد. و نقشه‌های مختلف را در سیستم GIS تجزیه و تحلیل می‌نماید. قوانین و دستورالعمل‌هایی توسط کارشناسان و متخصصین در رشته‌های مختلف به منظور تهیه نقشه‌های فرسایش و آسیب‌پذیری تدوین شده‌است.

دقت ارزیابی آبگیرهای سطحی از طریق فن سنجش از راه دور حدود ۵٪ (برای آبگیرهایی با وسعت کمتر از ۲۰ هکتار) و ۲ تا ۳٪ (برای آبگیرهایی با وسعت ۵۰ هکتار) است (منظور حجم آن می‌باشد) و این دقت تا حد ۱۵ تا ۳۰٪ بستگی به توپوگرافی خود آبگیر دارد. در حقیقت دقت آن کمتر از مطالعات کلاسیک می‌باشد. (۱٪ در سطح و ۵٪ در حجم)، ولی جامعیت کامل دارد زیرا آبگیرهایی که دارای وسعت بیشتر از ۲۵ هکتار هستند با این سیستم شناسایی شده‌اند. دقت نقشه فرسایش از نظر آسیب‌پذیری بسیار رضایت‌بخش است زیرا ۹۰٪ ایستگاه‌های کنترل صحرایی صحت نتایج حاصله را تائید می‌نماید. هزینه‌ها با توجه به بررسی آبگیرها در مقایسه با شیوه‌های سنتی کاهش می‌یابد. هزینه مکان‌یابی سدهای کوچک حوزه‌های نیمه صنعتی بین ۱۰ تا ۲۰ دلار در کیلومتر مربع برآورد می‌شود.

زمان تحویل در سیستم‌های جدید نیز کاهش یافته (چندسال در سیستم‌های سنتی به چند هفته) و برای سدهای کوچک معادل دو سال تخمین زده می‌شود.

پیش‌بینی بارندگی و ارزیابی جریان‌های رودخانه‌ای بالادست (پروژه فائو رودخانه نیل)

برنامه‌ریزان و مدیران نیازمند به ابزارهای اطلاعاتی می‌باشند تا بتوانند وضعیت بالا آمدن آب و موقعیت آن را بررسی و اداره نمایند. در بعضی از مناطق (مانند مصر) مجموعه

آب قابل تامین برای کشور بسیار محدود است در حالی که نیاز مردم به آب در حال افزایش است، بنابراین دقت در موارد زیر ضرورت دارد:

- هر چند گاه یک بار برای ذخیره آب در مخازن و سدها پیش‌بینی لازم صورت گیرد.
- اطلاعات به موقع و آنی در مورد حوزه‌های آبی از وضعیت هیدرولوژی و هواشناسی در اختیار قرار گیرد.

تهیه ابزارهایی برای بررسی و ارزیابی جریان‌های رودخانه‌ای که در اثر دخالت انسان به وجود آمده و باعث تغییراتی در حوزه می‌گردد درنظر گرفته شود.

- گرچه روش‌های سنتی نظیر اندازه‌گیری جریان آب یا میزان بارندگی مفید می‌باشند ولی فن سنجش از دور تنها موردیست که می‌تواند اطلاعات و مطالعات هم‌زمان (آنی) را در منطقه‌ای وسیع تهیه نماید.

تصاویر پی در پی ماهواره هواشناسی[1] و داده‌های آن، تصاویری هم‌زمان (آنی) را در هر نیم ساعت یا به فواصل سه ساعته تولید می‌کند. همراه با باندهای مادون قرمز و مرئی، از تصاویر بخار آب در سه روز نیز استفاده می‌شود. پاره‌ای از موارد استفاده از فن سنجش از دور عبارتند از:

- تصویر متحرک، طبقه‌بندی مقاطع تراز شده و طویل شده و تولید تصویر رنگی و چاپ و جابجایی مختصات و بالاخره قابلیت ذخیره‌سازی آن.
- برآورد میزان بارندگی با استفاده از تصاویر مادون قرمز ماهواره‌ای، مدل سازی و پیش‌بینی توسعه یافتگی و تشخیص جریان آب، تلفیق داده‌ها و بهنگام‌سازی و بالاخره سازمان یافتگی و بایگانی منظم از مزایای دیگر این روش می‌باشد. در سطح بین‌المللی بعضی از محدودیت‌های مهم توسط کشورهای شرکت‌کننده در زمینه هیدرولوژی و هواشناسی وجود دارد که عبارتند از:

- فقدان اطلاعات کافی در بعضی از کشورها، سختی فراوان در به‌دست آوردن و جمع‌آوری اطلاعات هوا، اقلیم، توپوگرافی، تیپ خاک و پوشش خاک.

---

[1] 1- Meteosat

- عدم ارتباط با سایر مراکز پیش‌بینی هوا.
- محدودیت فنی و علمی در زمینه این رشته خاص.

اطلاعات زیادی در مورد هزینه و قابلیت این فن به منظور تخمین بارندگی، مدل‌سازی جریان‌های رودخانه‌ای، یکنواخت‌سازی تصاویر ماهواره‌ای، و سایر متغیرها و نیز مدل‌های هیدرولوژیکی وجود ندارد ولی جمع‌آوری آن در مرحله دوم در دست اقدام می‌باشد.

۳- تشخیص ظرفیت آبیاری و ارزیابی اثرات اقتصادی آن

شناسایی و مطالعات اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا، می‌تواند پروژه‌های ملی در زمینه‌های آبیاری را ارزیابی و بهبود بخشد.

برنامه‌ریزان منطقه‌ای برای بررسی ظرفیت و توسعه آبیاری نیاز به مراحل مختلف در هر پروژه دارند. به همین منظور نیاز اقتصادی آبیاری در سطح منطقه مستلزم شناسایی رژیم و یا روش کشت نیز می‌باشد. برای نشان دادن این ارزیابی در یک مزرعه در دوره‌های کوتاه‌مدت و میان مدت، ملحوظ قرار دادن مقدمات آبیاری و برآورد نمودن آب موردنیاز ضروری است.

این روش مطالعه مخصوص مناطق بزرگ در مقیاس ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ کیلومتر مربع و نیازمند مراحل مختلفی است. بعضی از محدودیت‌هایی که در تعدادی از پروژه‌های خاص مثل مدل‌های اقتصادی نمایان می‌شود، به‌علت روش‌های موجود در زمینه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد و مدل‌های اقتصادی با وجود داده‌های جغرافیایی دارای مسایل اقتصادی و اجتماعی می‌باشند.

روش‌های سنتی در حال حاضر استفاده از عکس‌های هوایی می‌باشند، که نقشه‌برداری جامعی برای بعضی از نقاط نمونه است. این روش برای مناطق بزرگ با پوشش کامل کافی نیست و باید از فن کامل‌تری نظیر سنجش از دور استفاده نمود. تصاویر

ماهواره‌ای لندست، «T.M.[1]» و اسپات پانکروماتیک (تک باند) یا تصاویر اسپات باند برای مصارف زیر به کار می‌رود.

- طبقه‌بندی و شناسایی واحدهای فیزیوگرافی به‌وسیله تفسیر چشمی.
- انتخاب نقاط نمونه برای کنترل و بازدید زمینی به‌عنوان یکی از منابع.
- تحلیل و طبقه‌بندی چشمی براساس اندازه و نقاط مکانی مزارع.
- طبقه‌بندی کاربری اراضی.
- تفسیر عکس‌های هوایی نیازمند هواپیما و سیستم موقعیت‌یاب جغرافیایی (GPS)[2] به منظور بررسی و ویژگی‌های واحدهای فیزیوگرافی می‌باشند.
- تلفیق این داده‌ها با داده‌های دیگر نظیر GIS.

دقت این روش هنوز باید مورد بررسی قرار گیرد و بستگی به چگونگی مقایسه سیستم تولید و چگونگی روابط بین متغیر تولید و متغیر فیزیکی دارد که (مستقیماً در سنجش از دور موجود است) روش‌های دستیابی در فن سنجش از دور ممکن است به‌عنوان روش‌های توسعه یافته‌تر در مقایسه با روش‌های سنتی باشد. نقشه‌های ترکیبی با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ و یا ۱/۵۰۰۰۰۰ اجازه بررسی سریع برای شناخت خصوصیات پروژه‌ها را می‌دهند. این فتومپ‌ها (۱/۲۰۰۰۰۰ موجود) تکامل‌یافته نقشه‌های توپوگرافی موجود است. و نقشه‌های تفصیلی ۱/۱۳۰۰۰ حاصل از عکس‌های هوایی کمک‌کننده خوبی در جهت اندازه‌گیری مزارعی است که باید توسعه یابد و نیز بررسی بودجه جهت عملیات زمینی را کنترل و ارزیابی می‌نماید. این روش حداقل دو برابر سریعتر از روش‌های سنتی برای ارزیابی منابع آب است که بستگی به وسعت منطقه دارد. مدل اقتصادی آن بین ۶ تا ۱۸ ماه برآورد می‌شود که با همکاری یک گروه کارشناس شامل، دو نفر اقتصاددان و یک نفر مشاور سنجش از دور و GIS عملی می‌باشد.

---

[1] Thematic Mapper

[2] Geographical positioning System

گروه‌کاری دوم: مدیریت سیستم‌های آبیاری

T. Rieu (Reporter). J.A. Sagardoy (chairman), A Baes, V.Caselles,
R. Jourdan, A. killmayer, D.Lantieri, M. Menenti, M.S. Moran,
G. Rehman, M. Terrazzoni, A.vidal

به‌طورکلی مباحث این نشست در مورد کاربرد سنجش از دور در زمینه آبیاری و زهکشی بسیار گسترده بوده است.

موارد مختلفی که مورد بحث گروه کاری قرار گرفته در جهت کاهش در اولویت نیازها و افزایش در حل پیچیدگی‌های این روش می‌باشد.

۱- شناسایی مناطق آبیاری شده

یکی از کاربردهای اصلی در سنجش از دور سیستم مدیریت آبیاری است که اکنون در اکثر کشورهای جهان در سطح منطقه‌ای و ملی مورد استفاده می‌باشد.

در سطح ملی :

موسسات ملی معمولاً نه تنها نیاز به اطلاعات آماری دقیق از اراضی تحت آبیاری به منظور مدیریت منابع آب و کشاورزی آبی دارند بلکه برای ارزیابی استفاده از سرمایه ملی تخصیص یافته برای تجهیزات آبیاری و ایجاد هماهنگی بین عملیات مختلف آبی، دسترسی به این اطلاعات برای تهیه کنندگان تجهیزات فوق نیز ضرورت دارد. روش‌های سنتی شناسایی شامل سرشماری منظم (هر ده سال یک بار) و یا تفسیر عکس ها می‌باشد. این سیستم همیشه اطلاعات معمولی را فراهم نمی‌کند زیرا نیاز به منابع انسانی فراوان دارد که بسیار گران است.

فن سنجش از دور شامل تفسیر چشمی تصاویر اسپات و یا لندست است واطلاعات داده‌های (NOAA) نیز برای طبقه‌بندی قابل استفاده می‌باشد. این داده‌ها معمولاً باید شامل

تصاویر بدون ابر و یکدست و یکنواخت باشد. مقیاس نقشه‌های تولیدی معمولاً بین یک میلیونیم تا پانصد هزارم می‌باشد.

مطالعات کامل شده فعلی نشان داده‌است که دقت انجام شده بین ۹۰ تا ۹۵٪ در مناطق خشک (با استفاده از یک تصویر)، ۸۰ تا ۸۵٪ در اراضی مرطوب (با داده‌های چند تاریخ) و در کشورها و مناطق گرم (استفاده از تصاویر راداری) می‌باشد. هزینه آن ۱-۲ دلار آمریکا در هر کیلومتر مربع و در هر تصویر ۰/۳ - ۰/۷ دلار و ۰/۲ - ۰/۱ دلار برای کارهای صحرایی و ۰/۲ تا ۰/۳ برای تحلیل و آنالیز تصویر است. و زمان تحویل محصول ۶ تا ۱۲ ماه طول خواهد کشید.

در سطح محلی :

در سطح محلی شناسایی سطوح آبیاری شده برای وصول هزینه‌های آب، تخصیص آب و سایر موارد ضرورت دارد. ارزیابی موقتی از سطوح آبیاری شده نیز مورد نظر است. در روش‌های سنتی با وجود این که اطلاعات مربوطه براساس مطالعات صحرایی به‌دست می‌آید ولی نتایج محدودتر بوده و غالباً غیرواقعی می‌باشند.

در فن سنجش از دور معمولاً از طیف چند باندی و با قدرت تفکیک بالا استفاده می‌شود (شامل اسپات، پانکروماتیک برای مزارع کوچک) در موارد خاص این داده‌ها می‌توانند با عکس‌های هوایی ترکیب شوند. دقت و زمان تحویل تولید نهایی شبیه سطوح ملی است ولی در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰، هزینه سنجش از دور از ۲-۴ دلار در کیلومتر مربع در مناطق خشک و ۴-۱۰ دلار در کیلومتر برای مناطق مرطوب و گرم می‌باشد.

۲ - بهنگام نمودن زیرساخت‌ها

مدیریت و نگهداری سازه‌های آبیاری و زهکشی به نظارت همیشگی و بهسازی نیاز دارد که مستلزم اطلاعات دقیق و بهنگام می‌باشد. در بعضی مناطق توسعه یافته شهری سیستم‌های آبیاری باید تحت کنترل و نظارت دائمی باشند.

سیستم داده‌های با قدرت تفکیک بالا (شامل داده‌های پانکروماتیک اسپات) می‌توانند

در این امر کمک نمایند زیرا همراه با کنترل صحرایی می‌توان بر کانال‌های اصلی نیز نظارت نمود. کانال‌های درجه ۳ نیاز به عکس‌های هوایی دارند ولی در بعضی موارد تصاویر ماهواره‌ای کارآیی خواهند داشت. دقت این گونه نظارت بین ۸۰ تا ۹۰٪ برای به هنگام نمودن می‌باشد و تا ۷۰٪ قابلیت نقشه نمودن را دارا می‌باشند. هزینه کاربرد این سیستم از ۳ دلار با اطلاعات ماهواره‌ای تا ۳۰ دلار با عکس‌های هوایی در کیلومترمربع متغیر است.

۳- کاربری اراضی و شناسایی محصول

کاربرد وسیع سنجش از دور در سیستم‌های آبیاری با اولویت کمتری نسبت به مورد قبلی محسوس می‌باشد. بغیر از نیازهای معمولی برای اطلاع از موقعیت محصولات، سنجش از دور قادر خواهد بود محصولات زراعی را از جهت نوع کشت، موقعیت کشت و توزیع کشت و برنامه‌ریزی آن نیز کنترل نماید. همین‌طور خشکی و شناسایی و تاریخ کشت محصول را امکان‌پذیر می‌سازد.

سنجش از دور معمولاً براساس طبقه‌بندی باندهای چند طیفی و استفاده از امکانات GIS دارای کاربرد بیشتری است و مقیاس تولید نقشه در این مطالعات تا ۱/۵۰۰۰۰ و مزارعی در حدود ۰/۵ تا ۱ هکتار را بررسی می‌نماید. تطبیق با واقعیت دراین سیستم ۷۵ تا ۸۵٪ می‌باشد. و در مزارعی که دارای شکل‌های نامنظم هستند و همین‌طور در مناطق شیب‌دار از این دقت کاسته می‌شود.

هزینه کاربرد این سیستم در هر کیلومترمربع بین ۳-۵ دلار تخمین زده می‌شود.

۴- مدیریت سیستم‌های آبیاری

این کاربری از مواردیست که بسیار مورد علاقه متخصصین سنجش از دور و کارشناسان آبیاری و زهکشی می‌باشد. در هر حال با توجه به سایر فن‌های با ارزش تنها در چند مورد به‌کار گرفته شده‌است. این کاربری به‌طور عمده برای برنامه‌ریزی توزیع آب و تشخیص بحران‌های آبی موردنیاز است.

شیوه‌های سنتی نظارت بر آبیاری توسط کنترل صحرایی (نیروی انسانی) اغلب ناکافی است. با وجود این که شیوه‌های نمونه‌برداری امکان‌پذیر می‌باشد. تعداد کمی از برنامه‌های آبیاری با این سیستم ارزیابی گردیده‌اند.

فن سنجش از دور چه با قدرت تفکیک بالا و یا پایین داده‌های ماهواره‌ای، قادر خواهد بود تا اثرات توزیع آبیاری را ارزیابی نماید و همین‌طور بحران آبی (خطرات آبی) را نیز با استفاده از داده‌های باند حرارتی و NDVI (تصویر چند باندی حرارتی) شناسایی و نمایش دهد. نمایش این اثرات که توسط سنجش از دور دریافت گردیده قابل توسعه می‌باشند. این تکنیک می‌تواند نیاز آبی یک محصول را تعیین نماید. دقت در نتایج کاربرد این سیستم در حدود ۹۰٪ درصد و هزینه آن بین ۱۰ تا ۲۰ دلار در کیلومتر مربع می‌باشد.

۵- مدیریت آبیاری مزرعه

به‌طور کلی در مدیریت آبیاری مزرعه چند نکته مورد بررسی است. در این زمینه از سایر منابع اطلاعاتی به غیر از ماهواره‌ها باید استفاده شود مخصوصاً ماهواره‌هایی با قدرت تفکیک بالا و همین‌طور با ماهواره‌هایی که روزانه قابلیت اخذ اطلاعات را دارا می‌باشند. مسلماً استفاده از هواپیما ابزار گرانی خواهد بود مگر اینکه آب بسیار گران و دارای ارزش فراوان باشد، در این صورت از این سیستم استفاده می‌شود.

٦- استفاده از سنجش از دور در مدل‌های هیدرولوژیکی

در بعضی از پروژه‌ها دستیابی به پتانسیل کامل آبیاری به‌علت ضعف و محدودیت‌های هیدرولوژیکی نظیر سفره آب زیرزمینی و شوری، امکان‌پذیر نیست. در این موارد روش‌های عملیاتی مفید آبیاری با استفاده از مدل‌های منطقه‌ای می‌تواند طراحی و استفاده شود. مدل‌هایی نظیر آنچه که شبکه داخلی را از نظر کمی و کیفی و سفره آب زیرزمینی را تشریح نماید.

کاربری اراضی و بررسی نیازهای آبی محصولات از طریق اخذ اطلاعات سنجش از دور امکان‌پذیر است. چنین ملاحظاتی نیز برای سایر مدل‌های هیدرولوژیکی مرتبط، نظیر رواناب حاصل از ذوب برف و یا باران استفاده می‌شود و بالاخره برآورد میزان تبخیر به دست آمده از طریق سنجش از دور در طیفهای مرئی و باند حرارتی ممکن است برای ارزیابی محاسبات مدل کارآیی داشته‌باشد.

گروه‌کاری سوم: نظارت و کنترل زهکشی و شوری

B. Vincent (Reporter). L. Smedema (chairman) J. Brena, S. casas,
J.E.T Ferrante, C. Mirabile, H. Sanvicente

موضوعات موردنظر در این نشست، تولید غذا و توسعه پایدار می‌باشد. به منظور مدیریت مزرعه روش‌های مختلف کاربری سنجش از دور برای عملیات مهندسی و تسهیل در نقشه‌برداری اولیه استفاده شده ولی چنانچه تهیه نقشه و شناسایی مناطق ماندابی و شوری موردنظر باشد روش‌های دیگری نیز باید مورد توجه قرار گیرد. این روش‌های اجرایی تا قبل از پایان این قرن باید پیشنهاد گردد.

مشکلات این نشست در مقایسه با سایر نشست‌ها زیاد روشن و صریح نیست. برای زهکشی و شوری به اطلاعات آنی نیاز نیست ولی به هرحال در زمان وقوع شوری و یا بحران‌های دیگر اطلاعات ماهواره‌یی باید در دسترس باشد.

۱- نقشه پوشش اراضی

تهیه نقشه از محصولات یکی از موارد مهم می‌باشد که باید توسط مسؤلین به منظور مدیریت مناطق محلی و ارزیابی پتانسیل محصولات و نیز اصلاح اراضی درنظر گرفته شود. تهیه نقشه محصولات می‌تواند در تعیین نقاط کوچک ماندابی و نقاطی که به شوری

حساس می‌باشند کمک نماید. این نقشه‌ها برای تعیین مشکلات مناسب نیستند.

تهیه نقشه اغلب برای شناسایی مناطق شور و ماندابی استفاده دارد (مثل طبقه‌بندی). تکنیک‌های سنتی شامل نقشه‌برداری در مزرعه و تکنیک هوایی می‌باشد که با تصاویر و اطلاعات ماهواره تکمیل می‌گردد. نظیر چنین اطلاعاتی از طریق داده‌های چند باندی ماهواره اسپات و داده‌های .T.M ماهواره لندست تامین می‌گردد.

محدودیت‌های استفاده از این تکنیک

عدم امکان تفکیک محصولات مختلف در شرایط آبیاری، مسایل مربوط به کشت مخلوط محصولات اصلی و فرعی، قطعات کوچک و بالاخره وجود ابر در مناطق معتدل از محدودیت‌های این سیستم می‌باشد. اطمینان و دقت و هزینه این روش بستگی به میزان محدودیت‌ها دارد که بین ۵ تا ۲۰٪ و ۵ دلار در هر کیلومتر مربع می‌باشد.

۲- تهیه نقشه زیرساخت‌های زهکشی و ارزیابی شرایط نگهداری

آنچه که مورد نظر مدیران اراضی احیاء شده و مسؤلین در سطح ملی می‌باشد، بهنگام نمودن نقشه‌ها و فراهم نمودن زمینه بهره‌برداری از آن‌ها است. گرچه نقشه‌های زیرساخت موارد استعمال گسترده‌ای داشته و شیوه‌های ارزیابی نیز در اولویت‌های نگهداری بسیار مهم است، ولی تاکنون کاملاً توسعه نیافته‌است. تهیه نقشه‌های موضعی برای شبکه‌های زهکشی زیرزمینی نیز از ویژگی خاصی برخوردار می‌باشند. از روش‌های کلاسیک چنین انتظار می‌رود که نتایج مطلوبی به همراه داشته‌باشند و با استفاده از دوربین‌های ویدیویی مجهزبه اشعه مادون قرمز در هواپیما بتوان حتی تحت شرایط ابری پی به مسایل نگهداری برد.

تجزیه و تحلیل تصاویر پانکروماتیک و اندازه‌گیری میزان روشنایی در داده‌های اسپات چند باندی و همچنین .T.M اطلاعات دقیقی را به‌دست می‌دهد. ولی باید آزمایشات بیشتری در این مورد صورت گیرد.

حدود اعتماد در این روش قابل قبول بوده ولی استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مناطق

بزرگ مخصوصاً برای تعیین آبراهه‌های زیرزمینی دارای محدودیت‌هایی می‌باشد.

۳- ارزیابی خسارت سیل و مدل سازی سیلاب

مقامات ملی و محلی در مورد ارزیابی خسارت‌های سیل استفاده از سیستم سنجش از دور را مورد ملاحظه قرار می‌دهند، تهیه نقشه سیل به منظور عملیات حفاظت و نگهداری بسیار مفید می‌باشد و اطلاعات بسیار مفیدی را درباره زهکشی‌های ضعیف نشان می‌دهد. استفاده از روش‌های سنتی برای مناطق بزرگ مناسب نیست. هر دو سیستم سنتی و جدید نیز دارای محدودیت ابری بودن هوا می‌باشند.

کارایی ماهواره NOAA در پروژه مراکش در شرایط ابری به خوبی اثبات شده‌است ولی کاربری این سیستم در سایر کشورها مخصوصاً در جنوب شرقی آسیا باید مورد بررسی قرار گیرد.

دقت ماهواره NOAA معادل ۹۵٪ و هزینه آن بسیار ارزان (کمتر از ۰/۳ دلار در هر کیلومتر مربع) می‌باشد. مزایای اقتصادی این پروژه به اثبات رسیده و در صورت نیاز به تصاویر اسپات و لندست ممکن است با مشکلاتی مواجه گردد.

۴- ارزیابی مناطقماندابی

به منظور کاهش خطرات و نتایج منفی مناطق ماندابی مخصوصاً در مناطق گرم و مرطوب سازمان‌های ملی و بین‌المللی شناسایی مناطق ماندابی را در دستور کار خود دارند. در حال حاضر مطمئن‌ترین روش بررسی و مطالعات در دست شناسایی است. حتی عکس‌برداری توسط هواپیما هنوز نتایجی را به‌دست نداده‌است و روش استفاده از سنجش از دور نیز برای تهیه نقشه مناطق ماندابی هنوز در حال بررسی است. مخصوصاً برای مانداب‌های سطحی (استخر) و یا مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالاست. تشخیص این تمایز به منظور اعمال راه‌حل‌های مهندسی بسیار مهم است.

بنابراین طیف وسیعی از فن‌های سنجش از دور و روش‌های متفاوت این فن باید مورد ملاحظه قرار گیرد.

استفاده از ماهواره اسپات، لندست‌ها و همچنین ماهواره‌های رادار و نیز روش‌های حرارتی به تحقیقات بیشتری برای شناسایی مناطق ماندابی نیاز دارد. شناسایی مناطق ماندابی در مناطق زیر کشت و دارای محصول با مناطق کشت نشده متفاوت می‌باشد.

اطلاعاتی در مورد میزان اطمینان و هزینه این سیستم در دست نیست، ولی به نظ می‌رسد تخمین اولیه برای تهیه نقشه مناطق ماندابی از تهیه نقشه برای اراضی زیر کش ارزانتر باشد و هزینه آن بستگی به وقوع حادثه دارد.

۵- تشخیص و ارزیابی شوری

شوری یکی از عوامل کلیدی کنترل و رشد محصول و نیز تخریب اراضی در مناطق آبی در آب و هوای خشک و نیمه‌خشک می‌باشد.

روش‌های جاری براساس نمونه‌گیری صحرایی مستقیم و غیرمستقیم (ژئوفیزیکال) است. که برای حل این مشکل نیاز به اطلاعات کافی می‌باشد. شوری خاک فرآیندی متغیر (دینامیک) است که با شرایط خاک و نیز تغییرات موقت مکانی در ارتباط می‌باشد.

نقص روش‌های جاری به علت نقصان اطلاعات آماری و نیز حادث شدن مشکلات ناشی از بی‌توجهی است. تعیین خط مشی در پروژه‌های کنترل شوری معمولاً براساس اطلاعات ناکافی است که در پروژه‌ها یا بیش از حد یا کمتر از معمول در نظر گرفته می‌شود.

استفاده از فن سنجش از دور در تهیه نقشه شور بسیار مناسب و مورد نیاز است. کاربری این سیستم برای تهیه نقشه نقاط بسیار شور و نقاط تخریب شده می‌باشد. در بعضی از نقاط حساس از این روش برای تهیه نقشه‌های تفصیلی‌تر استفاده می‌شود و در بعضی از خاک‌های یک شکل و همگن می‌توان شوری را به چند طبقه تقسیم نمود ولی باید توجه داشت که استفاده از این سیستم در تمام مناطق به یک صورت نمی‌باشد و با توجه به شرایط متفاوت شوری، برآورد هزینه و نیز اعتماد به این روش در حال مطالعه و بررسی است.

نتایج و توصیه‌های گروه‌های کار

۱- نتایج کلی

اولین سؤالی که ایجاد می‌شود این است که چرا از فن‌آوری سنجش از دور در سیستم آبیاری و زهکشی کمتر استفاده می‌شود. پاسخ این سؤال را کارشناسان چنین بیان داشته‌اند:

- ٭ نامطلوب بودن تصاویر در گذشته: در سال‌های گذشته همه از سنجش از دور توقعات زیادی داشتند. ایده کلی این بود که سنجش از دور قادر است هر کاری را انجام دهد و این اولین نتایج خوشبینانه‌ای بود که امروز کارشناسان را دچار سردرگمی نموده‌است.
- ٭ سنجش از دور به صورت یک هدف تصور می‌شد تا یک ابزار. زیرا بسیاری از کاربری‌ها در گذشته توسط متخصص سنجش از دور به جای کارشناسانی که در این زمینه مطالعه می‌کنند انجام می‌گرفت.

  دومین نتیجه اینکه هنوز بعضی از کاربران یا کارشناسان نمی‌دانند که سنجش از دور واقعاً قادر به انجام چه نوع کارهایی می‌باشد.
- ٭ مشکل آموزش: باید به بسیاری از مشکلات در این زمینه غلبه نمود. در بعضی از موارد افراد حتی نمی‌دانند کجا و چگونه باید آموزش ببینند و در قدم بعدی، که یادگیری این فن در بعضی مواقع باعث می‌شود پروژه‌های اجرایی را مشکل‌تر نماید.
- ٭ سرمایه گذاری اولیه برای آموزش و تهیه ابزارهای ضروری بسیار سنگین و گران می‌باشد.
- ٭ در بعضی موارد ارزش کمی برای فن سنجش از دور قائل می‌شوند و این بستگی به موجود بودن اطلاعات و دقت داده‌ها و نیز ارتباط آن با حل مشکل خاص دارد. اگر اطلاعات یا داده‌ها موجود باشد، کمتر به آن توجه می‌شود برعکس اگر داده‌های دقیق و اطلاعات موجود نباشد ممکن است ۶۰٪ از وقت صرف تهیه اطلاعات گردد.
- ٭ ترس از دست دادن عملیات صحرایی: بعضی معتقدند که سنجش از دور سبب توقف کارهای صحرایی و سنتی شده و جایگزین آن می‌گردد.

※ در بعضی موارد سنجش از دور معایب کار را نشان می‌دهد که کاربران نمی‌خواهند آن را بشنوند یا به هر شکلی نشان دهند. در بعضی از مناطق آبیاری شده کارفرمایان نمی‌خواهند معایب و اشتباهات کاری خود را نشان دهند.

※ در ارتباط با کشورهای در حال توسعه سه شاخص مهم باعث عدم توسعه این فن شده:

۱- بعضی از کشورها به‌علت مشکلات موجود ارزی قادر به تهیه اطلاعات نیستند (سازمان یونسکو برای خرید تصاویر پیشنهاد یک سری کوپن‌های مخصوص داده‌است).

۲- محدودیت‌های نظامی در بعضی از کشورها باعث استفاده کمتر از این سیستم می‌شود.

۳- عدم همکاری‌های لازم بین مشاورین و مجریان محلی که باعث توقف و عدم توسعه این سیستم می‌شود.

بعضی از سؤالات فنی در این کارگاه بررسی گردید که مدیران منابع آب باید مورد ملاحظه قرار دهند. نکات برجسته‌ای نظیر مقیاس، دقت و ذخیره اطلاعات از نکات مهم و برجسته‌ایست که در مدیریت سیستم اطلاعات مطرح می‌باشد.

مقیاس و دقت باید کاملاً روشن و مشخص باشد. اهداف هر پروژه حداقل دقت را ارائه می‌دهد. مقیاس داده‌ها و اطلاعات بستگی به مفهوم و جامعیت واحدهای مطالعاتی دارد. و واحد باید متناسب با مقیاس انتخاب گردد. بررسی اولیه از مقیاس داده‌ها و دقت آن‌ها قبل از هر تجزیه و تحلیل ضروری به نظر می‌رسد. دقت در موضوعات مختلف متفاوت است. میزان خطا و خطرات ناشی از تلفیق منابع مختلف باید ارزیابی گردد. زیرا پروژه‌های آبیاری و زهکشی مستلزم استفاده حجم وسیعی از داده‌ها و اطلاعات می‌باشد. مدیران شرکت‌ها، مسؤلین و تصمیم‌گیران در زمینه آبیاری نگران ذخیره اطلاعات می‌باشند.

کدام سری از اطلاعات برای آینده نگهداری شود؟.... شاید اولین جواب منطقی نگهداری اطلاعاتی باشد که قابل فروش نمی‌باشد. آن‌ها باید سعی در شناسایی سیستم اطلاعات باشند. یکی از خصوصیات سنجش از دور قابلیت آن در ثبت تغییرات و ارزیابی آن می‌باشد. برای مدیران پروژه‌ها مهمترین فاکتور ذخیره اطلاعات پروژه می‌باشد. اهداف و ساختار داده‌ها ادامه اهداف اصلی و بالاخره تجزیه و تحلیل و امکان انتخاب داده‌هایی

که ذخیره شده برای کاربرد آن در آینده باید مورد ملاحظه قرار گیرد.

۲- پیشنهادات

این سؤالات کارشناسان را در کاربری تعدادی از این پیشنهادات، راهنمایی می‌کند؛
اولین دستیابی موضوعی عبارتند از:

- سنجش از دور یک فن یا ابزار است نه هدف: باید مراکزی جهت آموزش سنجش از دور به منظور توسعه و ترویج علم سنجش از دور و آموزش افراد محلی با استفاده از روش‌های ساده ایجاد شود.
- پروژه‌های پیشاهنگ و نمونه تحقیقاتی با سؤالات مشخص و با استفاده از تلفیق روش سنتی و جدید می‌تواند در توسعه این فن موثر باشد.
- سنجش از دور به تنهایی نمی‌تواند ثمربخش و کافی باشد مگر آنکه با کارهای صحرایی و فن‌های سنتی و همین‌طور سیستم اطلاعات جغرافیایی همگام و هماهنگ شود. سنجش از دور فقط استفاده از تصاویر ماهواره نیست بلکه عکس‌های هوایی و تفسیر و تجزیه و تحلیل آن‌ها نیز نوعی سنجش از دور است.
- البته قبل از شروع عملیات در کشورهای در حال توسعه بیشتر کاربران سنجش از دور در زمینه آبیاری و زهکشی نیازمند پذیرش این فن توسط محیط و محل می‌باشند. انتقال تکنولوژی باید شامل آموزش مناسب کارکنان بومی و محلی باشد و بستگی به محیط دارد که چگونه آموزش داده شود و چگونه پذیرفته شود.
- ارزیابی قیمت‌های اولیه: قبل از شروع هر پروژه مطالعاتی باید محدودیت‌های محلی، اهداف، زمان مطالعه، دقت مطالعه و سایر موارد هزینه‌ای درنظر گرفته شود.
- تصور کنید با استفاده از سنجش از دور می‌توان از آنچه که بررسی و مطالعه شده استفاده نمود، محدودیت‌های محلی و شناخته شده‌ای در این زمینه وجود دارد لذا باید کارگاهی ترتیب داد که با نمونه‌های کاربردی بتوان حداکثر استفاده را به‌دست آورد.
- اطلاعات وسیعتری ارائه شود گرچه اطلاعات زیادی از طریق فائو سماگرف موجود

می‌باشد. ولی لیست افراد مورد تماس و اطلاعات موجود باید در اختیار استفاده کنندگان قرار گیرد.

- اطلاعات بیشتری موردنیاز است حتی اگر مربوط به موضوع نباشد زیرا تصمیم‌گیران و تکنیسین‌ها در زمانی که پروژه‌های سنجش از دور مخصوصاً در زمینه آبیاری و زهکشی در حال تکمیل است ممکن است به این اطلاعات نیازمند باشند.

در ادامه کارهایی علمی که برای این کارگاه به منظور ادامه کار پیشنهاد شده عبارتند از:

- تهیه یک راهنمای استفاده از سنجش از دور در آبیاری و زهکشی (توسط کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی)
- تهیه یک راهنما توسط سازمان خواربار جهانی ملل متحد FAO با عنوان سنجش از دور برای تصمیم‌گیران،
- ایجاد یک کمیته مدیریتی زیرنظر EC و متخصصین ویژه ICID (کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی). به منظور آگاهی کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی در جهت توسعه این فن و همچنین تماس با متخصصین سنجش از دور و کاربردهای آن اطلاعات کلی در مورد نتایج عملی پروژه‌ها و نیز مشکلات موجود مطرح شده در این کارگاه می‌تواند در بولتن بانک جهانی درج شود.

بخش اول

برنامه‌ریزی و شناسایی ظرفیت آبیاری

پروژه نظارت، پیش‌بینی و شبیه‌سازی رود نیل

پروژه نظارت، پیش‌بینی هوا و شبیه‌سازی رود نیل (MFS)[1] یک سیستم آزمایشی است که برای رودخانه نیل در مرکز هواشناسی وزارت منابع آب مصر طراحی گردیده و اخیراً به اجراء گذاشته شده‌است.

این طرح توسط متخصصین مصری با پشتیبانی آژانس توسعه بین‌المللی امریکا در چهارچوب سیستم آبیاری و زهکشی در مصر اجرا می‌گردد. (IMS)

پشتیبان فنی این طرح سازمان خواربار جهانی با همکاری سازمان ملی اقیانوس‌شناسی و هوانوردی امریکا (NOAA) است که به‌عنوان پیمانکار دست دوم در توسعه بسته نرم‌افزاری سیستم پیش‌بینی رودخانه نیل خدمت می‌کند.

هدف کلی این طرح تهیه ابزار و اطلاعات لازم به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت می‌باشد. در پایان این پروژه مدیران و برنامه‌ریزان به موارد زیر مسلط خواهند بود:

الف– قادر به پیش‌بینی میزان جریان آب وارد شده به سد بزرگ اسوان هرچند گاه یک بار خواهند بود.

ب – اطلاعات هم‌زمان از وضعیت هیدرولوژیکی و فرآیند هواشناسی در حوزه نیل را به‌دست می‌آورند.

ج – و بالاخره ابزارهایی برای شناسایی رژیم جریان آب و نیز نتایج تغییرات حاصل شده توسط دخالت‌های انسانی و طبیعی در حوزه را نشان می‌دهند.

سیستمی که در مرکز پیش‌بینی رودخانه نیل طراحی گردیده شامل سه بخش زیر است.

1- Monitoring Forecasting and Simulation

۱- سیستم کاربری داده‌های مقدماتی (PDUS)

۲- سیستم توزیع داده‌های هواشناسی (MDD) و سیستم مدیریت METEOSAT که از طریق MDD دریافت و استفاده می‌کنند و میزان نزولات را از طریق ماهواره‌های تکمیلی برآورد و تخمین می‌زنند.

۳- داده‌ها و میزان نزولاتی که مستقیماً و هم‌زمان از MDD گرفته می‌شود به صورت اتوماتیک به سیستم تغذیه می‌شود و پس از آنالیز و تجزیه و تحلیل آن بهترین درجه‌بندی روزانه میزان نزولات تهیه می‌گردد.

این امر از ادغام تخمین نزولات ماهواره‌ای با آمار هواشناسی و نیز نظارت بر نزولات موجود امکان پذیر می‌باشد. برآورد نزولات آسمانی روی درجات جغرافیایی محاسبه می‌شوند و مساحتی به اندازه ۵×۵ کیلومتر به‌عنوان یک مدل حوزه در رودخانه نیل استفاده می‌شود. این مدل شامل: مدل تعادل آبی، مدل دامنه‌ای (hillslope)، مدل کانال‌ها، مدل سدها یا ذخیره گاه‌ها و مدل مرجع هیدرولوژیکی و جغرافیایی زیرسیستم. مراحل جریان آب و نزولات تولید شده هم‌زمان، توسط سیستم از طریق استفاده کننده در سیستم دخالت داده می‌شود و تعداد موقعیت‌ها در طول رودخانه نیل نمایش داده می‌شود.

سوابق موضوع

مصر یک کشور بیابانی است حیات آن بستگی به آب رودخانه نیل برای مصارف شهری، کشاورزی و صنعتی دارد، با آنکه افزایش واردات محصولات اصلی غذایی و نیز افزایش جمعیت و بهتر شدن استاندارد زندگی ادامه دارد، ولی هنوز کشاورزی، اقتصاد اصلی مصر را تشکیل می‌دهد و این بخش یکی از تولید کنندگان بزرگ بازار کار است.

تامین و تدارک آب برای کل کشور بسیار محدود می‌باشد. در حالی که در تمام بخش‌ها نیاز آبی روز به روز افزایش می‌یابد و کشور را با مسئله مدیریت آب روبرو می‌سازد. سد بزرگ اسوان که با تنظیم چند دوره‌ای سالانه رودخانه نیل تامین‌کننده نیاز آبی کشور می‌باشد بزرگترین سرمایه‌ای است که نیاز به مدیریت بهینه آب را در این مقوله طلب می‌نماید.

ارقام مصرفی آب در مصر برای سال ۲۰۰۰ نشان می‌دهد آب موجود قادر نخواهد بود که جوابگوی نیازها باشد و به منظور جلوگیری از این بحران انتخاب‌های زیر بنظر می‌رسد.

۱- تامین منابع آبی جدید ۲- افزایش کاربری آب و جلوگیری از کاهش و اتلاف آب ۳-کاهش مصرف و محدود کردن استفاده از آب

وزارت عمومی منابع آب مصر مسؤلیت مدیریت و بهبود در وضعیت آب را دارد. این وزارت مدیریت سیستم آبیاری و زهکشی در پروژه‌های IMG را نیز در دست اجراء دارد که توسط USAID پشتیبانی می‌گردد. هدف کلی مدیریت سیستم آبیاری و زهکشی بهبود و کنترل آب رودخانه نیل می‌باشد که برای تمام مصارف مخصوصاً در بخش کشاورزی و به‌طور کلی مساعدت به کشاورزان برای تولیدات بهتر می‌باشد. مطالعات موجود نشان داده‌اند با اجرای سیستم مدیریت آبیاری و زهکشی ۱۵٪ افزایش محصول در اراضی زیرکشت و ۱۰٪ افزایش در واحد محصول خواهند داشت. به‌هرحال مزایای استفاده از سیستم مدیریت آبیاری در مصرف آب نشان داده‌است که مقدار موردنیاز آب در مواقع ضروری باید فراهم باشد.

پیش‌بینی هوا بیشترین منافع را وقتی خواهد داشت که جریان آب موجود به طرف سد بزرگ اسوان کمتر از نیاز کشاورزی باشد. زمانی که متوسط تهیه آب بیشتر از متوسط نیاز باشد، پیش‌بینی هواشناسی آنی (هم‌زمان) احتمالاً در حاشیه قرار خواهد داشت. به‌هرحال زمانی که نیاز آبی برابر یا بیشتر از آب موجود باشد سبب می‌گردد که همه‌ساله میزان ذخیره آب زیادتر گردد و باید برنامه‌ریزی بلندمدت و قابل اطمینان طراحی شود. پیش‌بینی هوا در فصولی که انتظار نزولات می‌رود برای ذخیره آب در سد بزرگ اسوان و نیز برنامه‌ریزی برای کشت بسیار با ارزش خواهد بود.

به‌علاوه برای عملیات ذخیره‌سازی پیش‌بینی‌های کوتاه مدت نیز با ارزش خواهد بود چه موقعی که سد نزدیک به پر شدن باشد و چه هنگامی که نزدیک به خالی شدن باشد.

با ارائه موقعیت متراکم و فشرده سیستم مدیریت آب در مصر، مهم‌ترین مزایای اجرای این پروژه توانایی در روشن شدن نتایج تغییرات سیستم رودخانه، هیدرولوژی و کلیماتولوژی رژیم حوزه‌ای می‌باشد.

سیستم مدیریت پیش‌بینی هوا در رودخانه نیل به منظور توسعه و به کارگیری یک مدل هیدرولوژی است که نشان دهنده تعادل آبی حوزه رودخانه نیل می‌باشد.

توانایی این مدل نشان دادن نتایج و ارزیابی برحسب برنامه‌ریزی‌های انجام شده می‌باشد، کم کردن مصرف آب جاری در کارهای در دست انجام در طول رودخانه مخصوصاً در مناطق بالادست کشور از جمله موارد مورد انتظار از این مدل برنامه‌ریزی مناسب می‌باشد.

همین ملاحظات دقیق برای پروژه‌های حفاظت آب در مناطق مرطوب و باتلاق‌ها در میان حوزه رودخانه نیل به‌کار گرفته شده‌است. در این مقاله مدل رودخانه نیل یک کمک شایان برای اسکان منطقه‌ای می‌باشد.

پروژه نظارت و پیش‌بینی هوا و شبیه‌سازی رودخانه نیل (MFS)[1] به منظور دستیابی به اهداف فوق طراحی و اجرا شده که بخشی از زیر مجموعه مطالعه و برنامه‌ریزی مدل‌های مدیریت سیستم آبیاری و زهکشی است که توسط آژانس توسعه بین‌المللی امریکا USAID پشتیبانی شده است. عملیات اجرایی توسط سازمان خواربار جهانی FAO سازمان ملل و سازمان NOAA و NWS از امریکا به‌عنوان پیمانکار دوم انجام می‌شود. اجرای این پروژه در سال ۱۹۹۱ شروع شده که اهداف کلی آن، بررسی وضعیت حاضر، برنامه آینده، مشکلات اصلی و محدودیت‌های آن در زیر بررسی گردیده:

اهداف پروژه مدل نظارتی پیش‌بینی هوا (MFS)

این پروژه به منظور دستیابی به موارد زیر طراحی گردیده است.

- فراهم نمودن ابزارهای چندمنظوره برای بهبود مدیریت آب با ایجاد مرکز پیش‌بینی هوا در رودخانه نیل (NFC). هم‌زمان نمایش دادن وضعیت هیدرولوژیکی و نظارت و پیش‌بینی کوتاه مدت برای تغییرات جریان رودخانه نیل.
- ایجاد یک سیستم اجرایی پیش‌بینی جوی برای حوزه رودخانه نیل به منظور بررسی جریان آب جاری به سد بزرگ اسوان.
- ایجاد یک مکانیزم از طریق مرکز پیش‌بینی هوا (NFC) بر رودخانه نیل به منظور ارزیابی

1- Monitoring, Forecasting and Simulation

اثرات هیدرولوژیکی آب و هوایی غیرعادی و تغییرات حاصله در حوزه رودخانه.

- تهیه اطلاعات برای مدل‌های استفاده شده در سد بزرگ اسوان و نیز تهیه اطلاعات مدل‌هایی که امکان ارزیابی اثرات و تغییرات جریان آب را در نتیجه تغییرات هوایی دارد.
- ایجاد یک سیستم اطلاعاتی آب و هواشناسی برای حوزه رودخانه نیل به منظور فرآیند تجزیه و تحلیل ذخیره، بازیابی و نشر اطلاعات مربوط به آب در ارتباط با نیازها و درخواست‌ها.
- تقویت همکاری بین کشورهای حوزه رودخانه نیل در زمینه هیدرولوژی و هواشناسی و منابع آبی از طریق کارگاه‌های فنی، سمینارهای آموزشی و غیره. که هدف اساسی آن تسهیل کاربری پروژه MFS (نظارت، پیش‌بینی و مدل سازی) توسط سایر کشورها در منطقه می‌باشد.
- تهیه مدل هیدرولوژی به منظور پوشش کلی حوزه رودخانه نیل که در بالای سد بزرگ اسوان قرار دارد. هدف این سیستم تلفیق کامل اطلاعات و مدل اجرایی در تمام رودخانه نیل به‌عنوان تنها منبع موجود است.

این امر به تصمیم‌گیران کمک خواهد نمود تا اثرات مختلف جریان آب را آزمایش نمایند و راجع به سیاست رهاسازی آب تصمیم‌گیری نمایند و اثرات بد یا سناریوهای مختلف برای توسعه منابع آبی رودخانه نیل را درنظر بگیرند.

- فراهم نمودن و نیز تخمین نزولات آسمانی با تصاویر مادون‌قرمز ماهواره‌ای (IR)[1] برای قسمت‌هایی از حوزه که شبکه باران‌سنجی کافی ندارد، چون در بعضی از قسمت‌ها میزان بارندگی کافی نمی‌باشد. مدل سیستم پیش‌بینی هوا مستقیماً با اطلاعات ماهواره تلفیق شده، لذا تصاویر مادون‌قرمز ماهواره‌ای در همان زمان باید در دسترس باشد که برای پیش‌بینی هوا به‌عنوان داده‌های اصلی دخالت داده شود.
- از طریق اطلاعات اخذ شده ماهواره‌ای، عوامل هیدرولوژیکی نظیر پوشش گیاهی و اطلاعات کاربری اراضی برآورد می‌شود. این اطلاعات توسط سازمان خواربار جهانی

---

[1] Infrared

(FAO) انتشار یافته که قابل استفاده در افریقا خواهد بود.

- تدارک اطلاعات پایه برای استفاده از اطلاعات هواشناسی به منظور پیش‌بینی افزایش جریان آب برای سد بزرگ اسوان.
- آموزش کارکنان محلی مرکز پیش‌بینی هوا (هواشناسی) در قاهره در کلیه رشته‌های مرتبط مخصوصاً تقویت نمودن آنها برای توسعه این مرکز در آینده.
- پروژه در سال ۱۹۹۱ برای رودخانه شروع شده و سیستم پیش‌بینی هوا در فاز یک تا سپتامبر ۱۹۹۴ پایان یافت که هدف اصلی این پروژه را تشکیل می‌داد و طبق برنامه انجام گردید. که بعضی از نتایج مهم آن در زیر خلاصه شده است:

فاز دوم در اکتبر ۱۹۹۵ کامل شده است و انتظار تقویت و توسعه هواشناسی رودخانه نیل در مصر و نیز تقویت فنی و علمی کشورهای بالادست نیل و ارتباط آن با سایر کشورهای منطقه می‌باشد. به هرحال اجرای پروژه در زمینه‌های کشاورزی، آب و هواشناسی، سنجش از دور، پیش‌بینی هوا، هیدرولوژی و توسعه منابع آبی می‌باشند.

رهیافت‌ها و نتایج فنی مرحله اول

نتایج مهم به‌دست آمده از مرحله اول اجرای پروژه را به شرح زیر می‌توان خلاصه کرد:

* وظایف فیزیکی مرکز هواشناسی نیل توسط وزارت منابع تهیه گردید.
* سیستم مقدماتی استفاده از داده‌های هم‌زمان توسط ماهواره به منظور نظارت تاسیس و شروع به کار نمود.
* توزیع داده‌های هواشناسی (MDD) برای نظارت و دریافت خام اطلاعات سینوپتیک و تجزیه و تحلیل هواشناسی و پیش‌بینی هوا تاسیس و شروع به‌کار نمود.
* چهار دستگاه کامپیوتر IBM ایستگاه کاری (Workstations) RISC/6000 به منظور پردازش و فرآیند اطلاعات و پیش‌بینی و مدل‌سازی هیدرولوژیکی و نیز فرآیند هواشناسی رودخانه نیل مستقر و شروع به‌کار نمود.
* اتصال چهار ایستگاه کاری به شبکه Enternet محلی برای انتقال داده‌ها (سیستم کاربری داده‌های مقدماتی، و سیستم توزیع داده‌های هواشناسی) مهیا شد.

※ نرم‌افزار سیستم پیش‌بینی هوانگارش ۲ توسط NOAA/NWS[1] پیمانکار دست دوم پروژه طراحی، نصب و آزمایش گردید و دراوت ۱۹۹۳ شروع به کار نمود.

※ ۶ نفر از کارکنان و مهندسین مصری دوره آموزشی را در ایالت متحده امریکا گذرانیده و در مرکز هواشناسی مصر مشغول به‌کار شدند.

عناصر مشروحه در فوق از نظر تسهیل به سه گروه اصلی مرکز هواشناسی نیل تقسیم شده‌اند. سیستم کاربری داده‌های اولیه (PDUS)، سیستم توزیع داده‌های هواشناسی (MDD) و سیستم پیش‌بینی هوای نیل و دسترسی به داده‌ها (NFS) می‌باشد.

سیستم کاربری داده‌های اولیه PDUS[2]

این سیستم که در آوریل ۱۹۹۳ فعال گردید به طور کلی اخذ اطلاعات هم‌زمان فرآیند و پردازش مقدماتی، کیفیت نمایش بهتر و ذخیره و انتقال ماشینی اطلاعات تصویر مادون‌قرمز، تبخیر آب و تصویر قابل رویت اسکن شده در کل منطقه افریقا که از طریق ماهواره هواشناسی METEOSAT اخذ شده و متعلق به سازمان اکتشاف اروپا می‌باشد به‌کار گرفته می‌شود.

اولین نقش مرکز ملی پیش‌بینی هوای نیل NFS تهیه و تدارک تصاویر هم‌زمان از حوزه رودخانه نیل در افریقا است که در حال حاضر این تصاویر برای موارد زیر به‌کار می‌رود:

۱- تخمین میزان بارندگی روی رودخانه نیل.

۲- نظارت و پیگیری جریان عبور هوا از روی افریقا و رودخانه نیل.

۳- جمع‌آوری اطلاعات و شیوه نگهداری جهت استفاده در آینده.

سخت افزارهای استفاده شده در این سیستم شامل بخش‌هایی متشکل از آنتن بشقابی با حداقل پارازیت دستگاه گیرنده، میکرو پروسسور و کابل نوری است. نرم افزار آن شامل برنامه‌های منفرد زیر است:

1- National Ocean & Atmospheric Administration / National Water System

2- Primery Data User System

الف: اخذ اطلاعات همزمان، کنترل کیفیت اولیه، پردازش و ذخیره تصاویر ماهواره.

ب: هواشناسی، طبقه‌بندی لایه‌ای، ترسیم، نمایش و چاپ رنگی تصاویر

پ: اخذ مختصات از ماهواره هواشناسی METEOSAT به سیستم مختصات طول و عرض جغرافیایی و برعکس.

ت: ارتباط کامپیوتری از طریق شبکه محلی (LAN)[1]

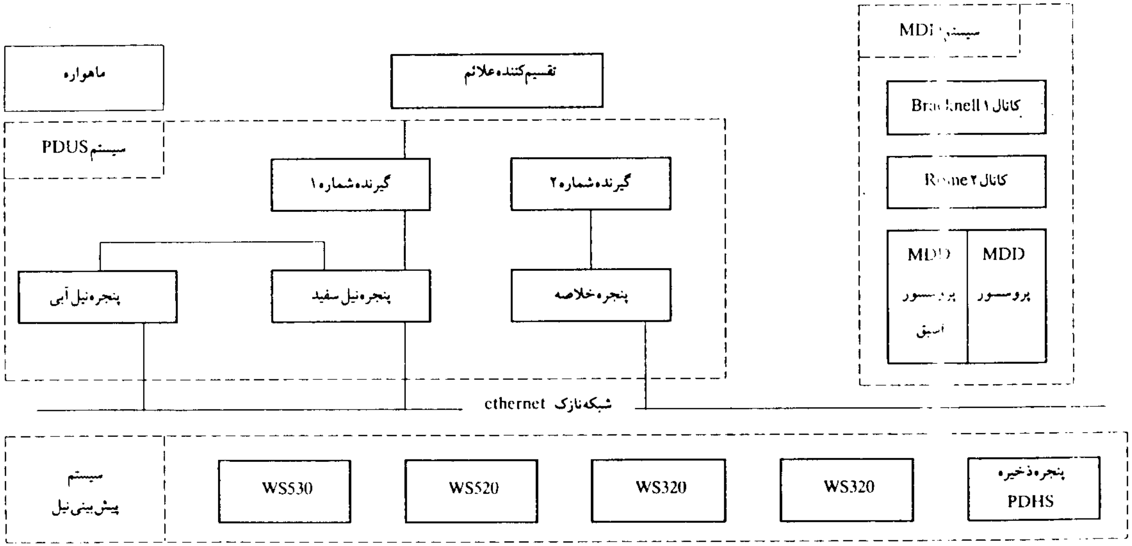
سه سیستم PDUS در مرکز پیش‌بینی هوای نیل مستقر گردیده که برای دریافت، پردازش و ذخیره تصاویر از سه پنجره مختلف، آبی نیل، سفید نیل و پنجره سینوپتیک که تمام افریقا و بخشی از اروپا را پوشش می‌دهد استفاده می‌شود. (شکل ۱)

پنجره آبی و سفید برای دریافت و پردازش تصاویر مادون‌قرمز است که هر نیم ساعت یک‌بار زمانی که تصویر قابل رویت دریافت می‌شود. تصویر اخذ شده، پردازش و ذخیره می‌شود. در هر نیم ساعت در طول روز (از ساعت ۶/۳۰ صبح الی ۶ بعد از ظهر) پنجره سینوپتیک به منظور پردازش تصویر مادون‌قرمز در هر ساعت تنظیم گردیده و تصویر مرئی قابل رویت در هر یک ساعت پردازش می‌گردد. در طول روز تصویر تبخیر آب نیز در هر سه ساعت یکبار دریافت می‌گردد.

تمام تصاویر دریافتی به‌طور معمولی از سیستم مقدماتی به ایستگاه کاری (Workstations) انتقال یافته و در آنجا ذخیره موقت می‌گردد و به‌عنوان داده‌های سیستم پیش‌بینی هوای نیل برای آینده مورد استفاده قرار می‌گیرد. این داده‌ها برای پردازش بیشتر و آرشیو دائمی روی نوارهای مغناطیسی ۸ میلی‌متری ذخیره می‌شود. مجموعه اطلاعات و تصاویری که ذخیره گشته و روی نوار بایگانی می‌شود به طور معمولی ۱۰۹/۲ مگابایت در روز است.

---

[1] 1- Local Area Network


ماهواره
تقسیم‌کننده علائم
سیستم PDUS
گیرنده شماره ۱
گیرنده شماره ۲
پنجره نیل آبی
پنجره نیل سفید
پنجره خلاصه
سیستم MDD
کانال ۱ Bracknell
کانال ۲ Rome
MDD
پروسسور
MDD
پروسسور
اسبق
ethernet شبکه نازک
سیستم
پیش‌بینی نیل
WS530
WS520
WS320
WS320
پنجره ذخیره
PDHS

شکل شماره ۱- MDD; PDUS و NFS مربوط به مرکز پیش‌بینی نیل براساس آخرین وضعیت

سیستم توزیع داده‌های هواشناسی (MDD)[1]

توزیع داده‌های هواشناسی سیستم جدیدی است برای پخش و انتشار داده‌های نظاره شده و خام هواشناسی و نیز تجزیه و تحلیل وضعیت آب و هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیستم توسط EUMETSAT و سازمان جهانی هواشناسی WMO معرفی و شروع به‌کار نموده‌است. این سیستم از داده‌های خام هواشناسی و پیش‌بینی هوا که از طریق سیستم جهانی ارتباطات (GTS) سازمان جهانی هواشناسی تهیه می‌شود استفاده می‌کند و بین کاربران آن در افریقا که از ماهواره METEOSAT برای ارتباط استفاده می‌کنند توزیع می‌شود.

سیستم MDD در مرکز پیش‌بینی هوای نیل از اوایل ۱۹۹۲ شروع به‌کار نموده است و نقش بسیار مهمی در تأمین هم‌زمان اطلاعات نزولات و سایر اطلاعات خام هواشناسی که از دیگر ایستگاه‌های سینوپتیک در حوزه رودخانه جمع‌آوری شده‌است دارد و خدمات قابل توجهی به‌عنوان یک منبع قابل اعتماد پیش‌بینی هوا و سایر تولیدات هواشناسی ارائه می‌دهد.

این تولیدات برای افریقا در فرم‌هایی به صورت نمابر و چارت نقشه‌ها می‌باشد که به مرکز هواشناسی و پیش‌بینی هوا در اروپا به انگلستان و سایر مراکز هواشناسی شامل فرانسه و آلمان نیز ارسال می‌گردد. سیستم توزیع اطلاعات هواشناسی در مرکز پیش‌بینی هواشناسی نیل شامل دو گیرنده می‌باشد:

یک گیرنده پیام‌های سینوپتیک با اطلاعات خام هواشناسی که از طریق سیستم جهانی مخابرات سازمان ملی هواشناسی است دریافت می‌کند که متصل به ایستگاه رم در ایتالیا می‌باشد و دیگری برای تولیدات پیش‌بینی هواست که به صورت نمابر به ایستگاه براکنل انگلستان متصل می‌باشد و از دو دستگاه رایانه کوچک و آنتن بشقابی PDUS استفاده می‌کند.

نرم‌افزار اصلی MDD جهت گرفتن اطلاعات هواشناسی است که تولیدات ماهواره هواشناسی را ذخیره و چاپ می‌نماید. به علاوه با استقرار سیستم در شبکه کاربران می‌تواند با سایر مراکز پردازش و ایستگاه‌های کاری از طریق شبکه محلی ارتباط برقرار نماید.

1- Meteorological Data Distribution System

سیستم پیش‌بینی هوای نیل (NFS)[1]

NFS اولین نرم‌افزاری است که نسخه‌ای از آن توسط سازمان NOAA/NWS برای حوزه رودخانه نیل روی رایانه‌های ایستگاه‌کاری در ماه ژوئن ۱۹۹۲ مستقر گردید. درست در زمان سیلابی شدن رودخانه در سال ۱۹۹۲، این نرم‌افزار پس از آزمایش به نگارش دوم تبدیل گردید و در ۱۹۹۳ نسخه سوم آن روی سیستم‌ها نصب شد.

در حال حاضر مرکز پیش‌بینی هوای نیل مجهز به سیستمی است که قادر است جریان توسعه یافته آب رودخانه نیل را در ماه‌های سیلابی پیش‌بینی نماید. نسخه شماره ۲ این نرم‌افزار طوری تنظیم شده که قادر خواهد بود جریان آب را پیش‌بینی و مدل‌سازی نموده و احتمالات طولانی مدت را در مسیر رودخانه اصلی تعیین نماید.

سیستم پیش‌بینی هواشناسی نیل (NFS) شامل ۵ قسمت اصلی است. که در شکل ۲ نمایش داده شده‌است.

* بخش دریافت هم‌زمان داده‌های خام مادون‌قرمز ماهواره‌ای و بخش مرئی تصویر و تبخیر آب که از طریق سیستم اولیه داده‌ها اخذ شده است.

PDUS علاوه بر دریافت داده‌های خام هواشناسی مشاهده شده و آنالیز آب و هوا از طریق سیستم MDD نیز دریافت می‌شود.

* بخش آب و هوایی و جغرافیایی که براساس اطلاعات پایه GIS می‌باشد.

تخمین بارندگی براساس تصاویر مادون‌قرمز ماهواره‌ای.

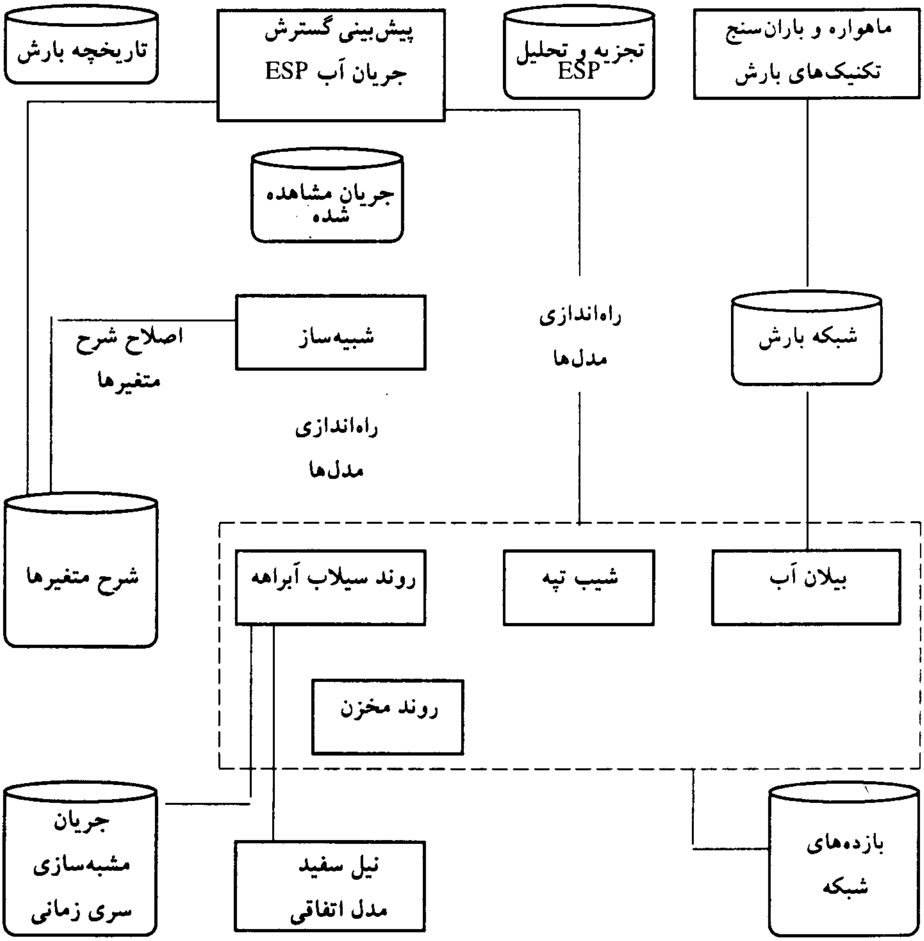
* بخش مدل‌سازی و پیش‌بینی برای نیل آبی، آتبارا و نیل اصلی که با روش ساده، و مدل مارکف برای نیل سفید در مالاکال استفاده می‌گردد.

* بخش پیش‌بینی زیاد شدن جریان آب (سیلابی شدن).

سیستم یکسان‌سازی اطلاعات و بهنگام‌سازی اجزاء مختلف.

---

[1] Nile Forecasting System


تاریخچه بارش
پیش‌بینی گسترش
جریان آب ESP
تجزیه و تحلیل
ESP
ماهواره و باران‌سنج
تکنیک‌های بارش
جریان مشاهده
شده
اصلاح شرح
متغیرها
شبیه‌ساز
راه‌اندازی
مدل‌ها
راه‌اندازی
مدل‌ها
شبکه بارش
شرح متغیرها
روند سیلاب آبراهه
شیب تپه
بیلان آب
روند مخزن
جریان
مشبه‌سازی
سری زمانی
نیل سفید
مدل اتفاقی
بازده‌های
شبکه

شکل شماره ۲- سیستم پیش‌بینی نیل شرح ویژه شماره ۲

❊ بخش آرشیو نمودن داده‌ها و بخش ارتباط داخلی کاربران.

که نقش واسطه موجود بین کاربران کلیه بخش‌ها یا اجزاء را با یکدیگر تلفیق می‌نماید و یک سری گزینه‌های ساده را برای اجرای وظایف مختلف تهیه می‌نماید. نمایش گرافیکی یا ورود اطلاعات و تولید خروجی‌ها، جزئیات پروژه و توانایی‌های حاضر توسط متخصصینی که در پروژه MFS مشغول کار می‌باشند در اسناد این پروژه درج می‌گردد. راهنمای کامل پروژه MFS در حال تکمیل می‌باشد و موارد به‌دست آمده کنونی در مرکز پیش‌بینی و هواشناسی نیل (از نظر فن‌آوری)، نحوه و چگونگی انجام شدن هم‌زمان یک سری فعالیت و کارها روشن شده‌است. بنابراین این مرکز قادر خواهد بود:

الف: نظارت کامل بر منطقه و حوزه نیل و آتبارا (Atbara) از نظر شرایط آب و هوایی داشته باشد.

ب: راه‌های مختلف مدیریت و پردازش داده‌های به‌دست آمده را بررسی نماید.

ج: خروجی‌های مختلف مرکز نیل، و سیستم پیش‌بینی هوا و توزیع داده‌ها MDD را تجزیه و تحلیل نماید.

د: تهیه و توزیع بولتن داده‌ها و اطلاعات مربوطه و نیز تعیین پیش‌بینی افزایش آب رودخانه در طول رودخانه اصلی نیل را اجرا نماید.

انجام باقیمانده کار

فعالیت‌های اجرایی مرکز پیش‌بینی هوا در حال شتاب گرفتن است و پروژه نظارت و پیش‌بینی و مدل‌سازی مطابق با فاز دوم برنامه کار در حال اجرا می‌باشد.

بعضی از خروجی‌های آتی بستگی دارد به درجه‌بندی مجدد اطلاعات ماهواره‌ای و عواملی دیگر، که عبارتند از: تخمین بارندگی در حوزه رودخانه نیل، درجه‌بندی مدل‌ها و عوامل هیدرولوژیکی و بهبود مدل‌سازی و پیش‌بینی آب رودخانه نیل، بهتر جذب کردن داده‌ها و محاسبات برای بهنگام‌سازی، مدل‌های متغیر، تصحیح نمایش مقدار بارندگی، بهبود سیستم پیش‌بینی و بهبود مدل‌ها و محاسبات پیش‌بینی افزایش جریان آب، توسعه نظارت بر سیستم و فعالیت‌های رودخانه‌ای، پیش‌بینی و مدل‌سازی آب و هواشناسی حوزه، آموزش بیشتر کارکنان هواشناسی مرکز در رشته‌های مختلف تخصصی هواشناسی و هیدرولوژی، توسعه نرم‌افزاری برای پردازش داده‌ها و مدیریت داده‌ها.

هدف مهم آتی این پروژه تقویت همکاری منطقه‌ای بین کشورهای واقع در حوزه رودخانه نیل می‌باشد. و از آن مهم‌تر انتقال تجارب به‌دست آمده و تکنولوژی حاصل به سایر کشورهای منطقه است.

مشکلات و محدودیت‌ها

در حالی که این پروژه درحال پیشرفت است. به‌طور واضح روشن شده که این ابزاری بسیار قوی برای کاهش حدس و احتمالات تغییرات آب و هوایی، میزان بارندگی، جریان آب برای تمام منطقه نیل است. رژیم‌های سیلابی جریان آب برای تمام منطقه نیل است. هم‌چنین این امکان را برای تصمیم‌گیران فراهم می‌سازد تا موارد مختلفی را مورد ملاحظه قرار داده و راه‌حل‌های مناسب را با توجه به وسعت منطقه پیشنهاد نمایند. به‌هرحال توسعه این سیستم و بهبود آن در منطقه مستلزم همکاری با سایر کشورهای حوزه رودخانه نیل است.

به‌عنوان مثال:

- ※ نظارت هم‌زمان وضعیت هیدرولوژی، (بارندگی و جریان رودخانه‌ای) و اطلاعات لازم از اتیوپی و سودان وجود ندارد. این اطلاعات برای مرکز پیش‌بینی هوای رود نیل بسیار ضروری است.
- ※ اخذ سوابق و داده‌های هیدرولوژیکی مخصوصاً در جریان‌های رودخانه‌ای و بارندگی‌ها، توپوگرافی نقشه پوشش خاک و سایر نقشه‌ها مملو از مشکلات می‌باشد.
- ※ سودان یک مرکز پیش‌بینی مانند رود نیل را برای خود تأسیس نموده ولی ارتباطی با مرکز مصر ندارد. وجود این ارتباط می‌تواند کاملاً موثر باشد.
- ※ مرکز هواشناسی نیل توجه بسیاری از سازمان‌های دولتی و خصوصی را به خود جلب نموده‌است. در مجموع این پروژه دارای تجارب و قابلیت‌هایی است که انتظاراتی را در ارتباط با پتانسیل پیش‌بینی موجب می‌گردد. این انتظارات گاهاً غیر واقعی است و به‌علت محدودیت علمی و تکنیکی در این رشته خاص توسعه همکاری مطمئنی را باعث خواهدشد که پروژه نظارت و پیش‌بینی مدل‌سازی نیل با دقت به حداکثر بازدهی خود دست یابد و در مرحله اجرای فاز دوم پروژه انتظارات لازم را برآورده نماید.

بررسی و نظارت آبگیرها (تالاب) در نیجر[1]

سوابق و اهداف

خشک سالی سال‌های زیادی در مناطق ساحلی اتفاق می‌افتد و این سؤال را ایجاد می‌کند که چگونه از آبگیرهای موقت استفاده شود؟

این آبگیرها استخرهای طبیعی هستند که در زمان بارندگی بین ماه‌های (می تا اکتبر) اتفاق می‌افتد و گاهی سطح آن به چند کیلومتر مربع می‌رسد. سرویس‌های احیاء اراضی ناگزیر شده‌اند تا از بین آبگیرها یکی از آن‌ها را که بیشترین پتانسیل آب مصرفی را دارا می‌باشد انتخاب نمایند.

در این بحث به غیر از شناسایی و شمارش این آبگیرها، بهره‌برداری از تالاب‌ها نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است.

شرایط منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه نیجر است و مطالعات با همکاری کمیته هیدرولوژی دانشکده هیدرولوژیک و وزارت هیدرولوژیک و محیط زیست نیجر انجام می‌گیرد. با توجه به تبخیر زیاد، حجم آب قابل استفاده برای آبیاری کم است (کمتر از ۲۰٪ حجم آبگیر). به‌علاوه حجم آب در فصول خشک به‌علت تبخیر، کم می‌شود. از طرفی نفوذ آب و آب قابل شرب در نظر گرفته نمی‌شود. تبخیر انجام شده در کل منطقه به‌طور دقیق قابل اندازه‌گیری است.

توپوگرافی اراضی ساحلی در نیجر شامل فرورفتگی‌های هم شکل و همگن است و در

1- C. Puech and A. Vidal, CEMAGREF-ENGREF Remote Sensing Laboratory Montpellier, France

نتیجه مطالعات اولیه یک رابطه استاندارد بین سطح آبگیر، ارتفاع و حجم است که می‌تواند در آبگیرهای منطقه مورد استفاده قرار گیرد.

روش کار

این روش براساس استفاده از تصاویر ماهواره اسپات است که می‌تواند برای فصول بارندگی برنامه‌ریزی شود. منابع آبی به‌علت پائین بودن طیف انعکاس آن‌ها در باندمادون قرمز به سادگی قابل تشخیص است.

قدرت تفکیک بالا در تصاویر ماهواره‌ای اسپات (۲۰ متر) برای آبگیرهایی با وسعت ۰/۲۵ هکتار قابل استفاده می‌باشد.

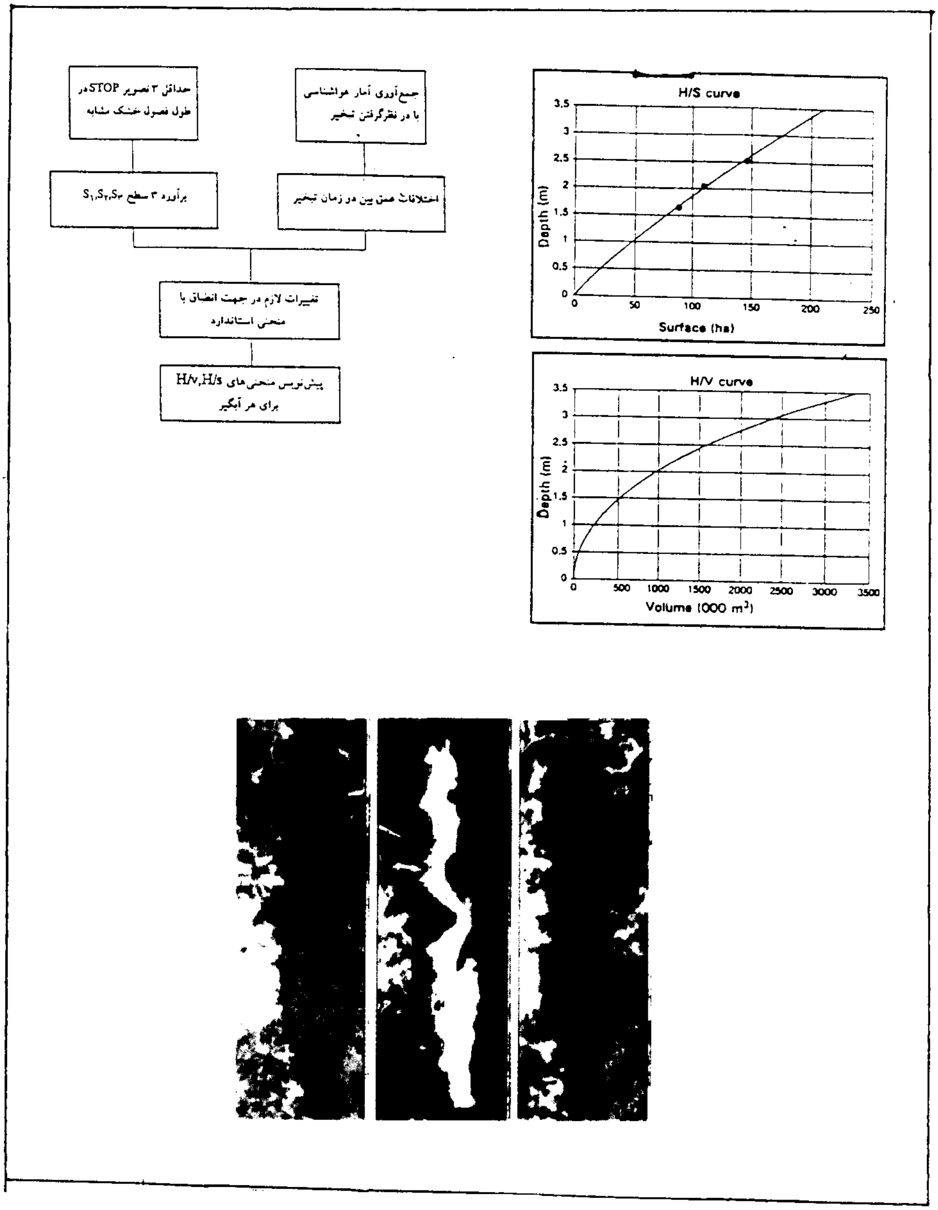
برای سه استخر در شکل سه نوع سطح تخمین زده شده که از ۳ تصویر ماهواره‌ای در تاریخ‌های مختلف استفاده شده و با تغییرات آب و میزان تبخیر مقایسه می‌شود.

چنانچه نیازهای آبی برای هر محصول مشخص باشد ارتباط به‌دست آمده برای تعیین ظرفیت آبیاری قابل استفاده خواهد بود و چنانچه این مقایسه به‌طور دایمی ایجاد شود امکان به کارگیری این روش برای درازمدت نیز عملی خواهد بود و پروژه‌های پوشش خواهد داد.

نتایج فنی و هزینه‌ها

مطالعات انجام شده در نیجر نشان داده‌است که استفاده از سنجش از دور برای ارزیابی و شناسایی موثر است. دقت این روش برای آبگیرها با وسعت بیشتر از ۲۰ هکتار تا ۵ درصد و برای سطوح بزرگتر از ۵۰ هکتار ۲ تا ۳ درصد و برای تعیین حجم آبگیر ۱۵ تا ۳۰ درصد می‌باشد که بستگی به توپوگرافی منطقه دارد. در مقایسه با روش‌های سنتی (بین ۱۰ تا ۵٪ در حجم) کمتر می‌باشد. به هرحال فن سنجش از دور دارای کارآیی بیشتر و تاخیر در پردازش عمل کمتر است (چند هفته در مقابل چند سال) و به همین نسبت

شکل ۱ نحوه اندازه‌گیری عمق و حجم آب را با استفاده از تصاویر ماهواره اسپات نشان می‌دهد.



هزینه‌ها نیز کمتر خواهد بود. در این مطالعه نشان داده‌است که :

- آبگیرهایی را که دارای مساحتی بیشتر از ۴۰ هکتار می‌باشند می‌توان تشخیص داد.
- سطح قابل آبیاری در نیجر (نیامی - تیلری Niami - Tillabery) با استفاده از آبگیرها ۱۰۰۰ هکتار می‌باشد.
- تغییرات سطوح اراضی قابل آبیاری سالانه بین ۲۰ تا ۳۵٪ می‌باشد.
- هزینه استفاده از فن سنجش از دور مساوی ۵٪ افزایش محصول به دست آمده از طریق سیستم آبیاری می‌باشد.

نتیجه گیری

نتیجه گیری اصلی این بررسی استفاده از آبگیرهای موجود به منظور احیاء اراضی اطراف آبگیرهاست. فن سنجش از دور یک آماربرداری کیفی و خوب را ایجاد می‌کند که در سیستم سنتی قابل دستیابی نیست، در حال حاضر استفاده شتاب‌زده از این فن در نیجر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در ارزیابی منابع توسط BRGM[1] (اداره تحقیقات معادن و زمین‌شناسی)

در این مقاله به بررسی چهار پروژه که از طریق اداره تحقیقات معادن و زمین‌شناسی در مورد ارزیابی منابع آب با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای صورت گرفته پرداخته شده است.

اطلاعات و داده‌های دریافت شده از طریق ماهواره و عکس‌های هوایی ابزار مناسبی برای تحقیقات منابع آب می‌باشد و تعداد تصاویر دریافتی همراه با تطبیق آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی و گاهی با ابزارهای دیگر نظیر ژئوفیزیک و ژئوشیمی به‌طور فوق‌العاده‌ای در جنبه‌های مختلف اجرایی پروژه‌ها قابل استفاده خواهد بود.

مثال‌های عنوان شده عبارتست از:

- تعیین محل چاه‌هایی که با کاهش تخلیه آب تولیدی مواجه می‌باشند.
- ارزیابی منابع آبی در لایه‌ها و طبقات رسوبی.
- تعیین موقعیت سدهای خاکی به منظور توسعه کشاورزی.
- تعیین موقعیت ایستگاه‌های کوچک تولید نیرو (هیدرولیکی).

تعیین محل چاه‌های برداشت آب در مناطق دارای شکاف‌های عمیق

اهداف پروژه

- تعیین مناطق مته‌زنی:

۱- در مناطق با شکاف‌های عمیق که چرخه آب چاه در حداکثر بازدهی خود قرار دارد.

---

[1] 1-J.M. Couderty, Bureau de Recharge Geologique et Minere (BRGM) Orlean - France

۲- پشت گسل‌ها یا صفحات زمین‌ساختی که ممکن است باعث شور شدن و آلوده شده آب شود.

۳- نزدیک و در کنار استفاده کنندگان باشد.

۴- قابل دسترس بودن محل‌ها توسط وسایل نقلیه مجهز به مته‌های حفاری.

محیط و منطقه مورد مطالعه

جزیره کالادونیای جدید حدود ۱۹۰۰ کیلومتر مربع مساحت دارد و در اقیانوس آرام در شرق استرالیا و در ۳۰۰ کیلومتری جنوب خط استوا واقع شده‌است. از رشته کوه‌هایی با جهت شمال غربی به جنوب شرقی که حدوداً ۴۰۰ کیلومتر طول و ۲۰ کیلومتر عرض دارد با قله‌های مختلف که حداکثر ارتفاع آن ۱۵۰۰ متر می‌باشد تشکیل گردیده‌است. بخش ساحل شرقی بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر در سال و قسمت غربی برحسب ارتفاع بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر بارندگی سالیانه دارد.

فرم زمین‌شناسی منطقه بیشتر از طبقات آذرین می‌باشد. دارای گسل‌ها و شکستگی‌های دندانه‌دار و در طول ساحل بخش‌های کوچکی شامل آبرفت‌ها و طبقات رسوبی است.

چون منابع آب‌های سطحی تحت تاثیر آب‌های حاصل از بارندگی‌های متغیر سالیانه است بنابراین بهتر است که به منابع آبی نیمه عمیق توجه شود. تولید آب در مناطق ساحلی محدود به‌علت وجود آب دریا و امکان پیشروی آب شور در اثر پمپاژ بالا محدود می‌باشد. بنابراین بهره‌برداری از منابع آب‌های عمیق از شکاف‌ها و یا حفره‌های ایجاد شده در کوهستان‌ها فقط برای روستاهای محلی قابل استفاده می‌باشد.

روش کار

پروژه با سه وظیفه مشخص سازماندهی شده است:

- تشریح تفصیلی تصاویر ماهواره‌ای، از تصاویر ماهواره اسپات با قدرت تفکیک بالا

برای این منظور استفاده شده که امکان کار با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ را در اختیار قرار می‌دهد (مطابق نقشه‌های ۱/۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی). تقریباً ۶ تصویر کامل جزیره را پوشش می‌دهد.

- تفسیر مقدماتی تصاویر براساس وسعت منطقه این امکان را فراهم می‌سازد که نقاط مناسب و مطلوب شناسایی و جدا شده و محدوده‌های غیرقابل استفاده به نقشه درآید.
- یک تحلیل ساختاری مفصل در بعضی از مناطق نمونه از روی تصاویر اسپات انجام شده که ممکن خواهد بود به‌وسیله کنترل‌های زمینی و خط شکستگی‌ها، شکاف‌ها و گسل‌های قابل رویت از روی تصاویر تائید شود.
- در نتیجه، این عملیات باعث انتخاب محل‌های مناسب شده و انتخاب نهایی براساس دسترسی محلی میسر می‌باشد. این انتخاب مستقیماً و یا غیرمستقیم از طریق مطالعه عکس‌های استریوسکپی هوایی امکان‌پذیر خواهد بود.

نتایج فنی

به طور کلی ۱۱۰ محل برای این کار پیشنهاد شد در فاز یک عملیات حفاری و مته‌زنی در ۳۵ محل انجام شد که میزان آبدهی هر چاه بین ۱ تا ۱۴ مترمکعب در ساعت با متوسط ۳/۸ مترمکعب در ساعت می‌باشد، قابلیت شرب آب تولیدی مطابق با استاندارد سازمان بهداشت جهانی است. تقریباً ٪۷۱ از گمانه‌زنی‌ها مطابق با موقعیت‌های حاصل از مطالعات سنجش از دور و استفاده از فن‌ها و تحقیقات هیدرولوژیکی است.

هزینه‌ها

هزینه‌های استفاده از سنجش از دور برای این روش تقریباً ۶۰۰۰۰ فرانک فرانسه یعنی ۲۰ هزار فرانک کمتر از هزینه حفر یک چاه و زمان اجرای پروژه حدود یک سال بوده است.

نتیجه‌گیری

این روش از سال‌های پیش به‌عنوان یک روش شناخته شده توسط اداره تحقیقات معادن و زمین‌شناسی مورد استفاده قرار گرفته و تقریباً سالانه حدود ۱۰۰۰ حلقه چاه آب، بدین طریق حفر و نظارت می‌شود. افزایش نتایج قابل قبول این روش حتی در مورد چاه‌های بزرگ بخودی خود یک روش موفقیت‌آمیز بوده‌است.

ارزیابی تغذیه منابع آبی در حوزه رسوبی

هدف پروژه

در سال‌هایی که بارندگی به صورت استثنایی کم بوده‌است، توجه مقامات بولیوی به حفر چاه‌های آب جلب شده، و در نتیجه اداره تحقیقات زمین‌شناسی با تقاضای بانک جهانی و تامین منابع مالی دولت فرانسه پروژه مطالعه و ارزیابی هیدرولوژیکی بولیوی را در سال ۱۹۹۰ شروع کرد. نتیجه این بررسی نشان داد به غیر از سال‌های استثنایی که میزان بارندگی کم بوده در مجموع تغذیه سفره‌های آبی مثبت بوده‌است. بنابراین صحت تحقیقات، تغذیه سفره‌های آبی، و ظرفیت و توانایی آن‌ها، به اثبات رسیده و به این منظور دو اولویت درنظر گرفته شد.

۱- بررسی تغذیه و یا ورودی آب‌ها و چگونگی وجود یا وابستگی این منابع آبی.

۲- مطالعه و بررسی نحوه تراوش و نیز عوامل اساسی که برای ذخیره و بهره‌برداری آب باید مورد امکان سنجی قرار گیرد. و بالاخره تشخیص ناحیه تراوشی آب (ورودی) و نیز خروج، یا برداشت آب به‌وسیله تصاویر اسپات.

منطقه مطالعه

شهر کوکامبا[1] در مرکز بولیوی قرار گرفته و ارتفاعی معادل با ۲۶۰۰ متر دارد

---

[1] Cochabamba

مورفولوژی منطقه از شمال غربی به جنوب شرقی تشکیل شده از شیست و کوارتز به ارتفاع ۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰ متر که با فرورفتگی‌هایی مثل کوکامبا و پون‌آتا[1] قطع شده است. این اراضی توسط توده‌های یخچالی آورده شده از کوهستان‌ها و دره‌ها پر شده‌است. بیشتر جمعیت در مرکز این فلات و در جایی که بیشترین اراضی کشاورزی را داراست متمرکز است و اخیراً نیز نصب و راه‌اندازی تعدادی کارخانجات صنعتی باعث درخواست بیشتر آب شده است.

روش مطالعه

تجزیه و تحلیل آب‌های ورودی و تمرکز آن: تصاویر ماهواره اسپات و داده‌های مختلف از منابع دیگر و تلفیق آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی بیشترین نقاط تغذیه و ورودی آب را تعیین نمود و از طریق تصاویر اسپات این امکانات قابل دسترسی گردید:

۱- ترسیم نقشه زهکش‌ها که از طریق تفسیر چشمی تصاویر صورت گرفت.

۲- تعریف و ترسیم مرز و زهکش‌های منطقه

از طرفی داده‌هایی از منابع دیگر (خارجی) موجب تکامل اطلاعات تصویری گردید. بنابراین نقشه توزیع بارندگی سالیانه قادر خواهد بود که ورودی زهکش هر حوزه را محاسبه نماید و حداکثر آب ورودی از جهت شمال غربی و شمال شرقی در فلات‌های کوکامباو پون‌آتابه‌دست آید. بنابراین آب به‌طور طبیعی دراین دو فلات منطقه متمرکز شده و با توجه به ویژگی خاص خاک و سنگ‌شناسی منطقه، تغذیه و ورودی آب به حداکثر خواهد رسید.

نتایج فنی

تجزیه و تحلیل این بخش براساس چهار عامل زیر بوده است.

---

[1] 1- Punata

۱- واحدهای اراضی
۲- زهکش‌ها
۳- شبکه آبیاری
۴- شکستگی‌ها در دشت‌های پلیوسن - کواترنر

این اطلاعات با سیستم اطلاعات جغرافیایی ترکیب شده که در بین آن‌ها واحد اراضی (Landscape) مهمترین بخش را تشکیل می‌دهد. از آنجا که اطلاعات اسپات به نقشه تبدیل شده لذا این واحدها مستقیماً برای توصیف پتانسیل نفوذ قابل استفاده است. این نقشه با نقشه گزارش ۱۹۷۸ UNDP-GEOBOL که به طریق سنتی با استفاده از اطلاعات خاک‌شناسی، زمین‌شناسی و آب‌شناسی تهیه شده‌بود مقایسه گردید. این مقایسه مطابقت بالایی را نشان می‌دهد. در ۸۰ درصد اراضی خصوصیات یک نقشه مشابه نقشه دیگر است. از ۲۰ درصد باقیمانده حداقل در نیمی بعد از کنترل صحرایی به نظر می‌رسد که تجزیه و تحلیل انجام شده بر مبنای تصاویر ماهواره‌ای بهتر از روش سنتی است.

زهکش‌ها و شبکه آبیاری

تلفیق نقشه‌های تراوش آب[1] با تراکم کارهای آبیاری این امکان را در محل‌هایی که آب سطحی کمک به تراوش آب می‌کند نشان می‌دهد. به‌علاوه تراوش آب از شبکه کانال‌ها به‌طور طبیعی باعث می‌گردد که تغذیه سفره آب به حداکثر خود برسد.

شکستگی‌ها[2]

وجود خطوط مستقیم امتداد نیافته در روی تصاویر امکان وجود گسل را نشان می‌دهد که روی طبقات رسوبی آب‌دار اثر خواهد داشت. این مشاهدات به‌وسیله کنترل صحرایی تایید شده است. گسل‌های موجود بر روی تصاویر به‌علت ادامه نیافتگی نقش بسیار مهمی

---

[1] Percolation

[2] Fractures

در ساختار عمق زمین بازی می‌کند که با تغییرات حاصله در فرم طبقات رسوبی تصور وجود آب را ایجاد می‌نماید.

برآورد حجم آب ذخیره شده پشت سد

مطالعات تکتونیکی و میکروتکتونیکی و تفصیلی این رشته همراه با تفسیر و آنالیز نقشه‌ها این امکان را فراهم می‌سازد که گسل‌ها از نظر هندسی و طبیعی تعیین شوند، بنابراین سوابق طبقات رسوبی تعیین می‌گردد. وجود داده‌ها و اطلاعات ژئوفیزیک این امکان را می‌دهد که حجم موارد قابل تغذیه در حوزه‌های آبخیز برآورد گردد. بنابراین رسوبات متخلخل اساس روش برآورد متوسط حجم ذخیره منابع می‌باشد.

هزینه‌ها

انجام مطالعه به این روش ۱/۵ سال طول کشید و هزینه تمام شده ۶۰۰۰۰۰ فرانک فرانسه بود. با توجه به درنظر گرفتن ملاحظات محلی، برای چنین پروژه‌ای در همین ابعاد و اندازه قیمتی بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ هزار فرانک فرانسه برآورد می‌شود.

ملاحظات اجرایی

این مطالعه با همکاری و شرکت همکاران بولیویایی[1] انجام شده‌است.

نتیجه گیری

در این مطالعه (تغذیه منابع آبی) اطلاعات استخراج شده از تصاویر ماهواره اسپات همراه با استفاده از کدهای زمین‌شناسی از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی یک دقت

---

[1] 1- Semapa and Geobol

بالایی را نشان داده‌است. هم چنین تعیین و تخمین حجم ورودی آب و تخمین ظرفیت ذخیره آب برای استخراج آب از طریق شکستگی و شکاف‌های موجود نیز معین گردیده است.

تعیین محل سدهای کوچک

هدف پروژه

کشور توس، مخصوصاً بخش‌های جنوبی از مشکل بیابان‌زایی رنج می‌برد و مانند سایر کشورهای مدیترانه‌ای نیاز به مدیریت منابع آبی دارد.

به منظور تامین آب برای کشاورزی، مقامات تونس بر آن شده‌اند نسبت به ساخت سدهای خاکی اقدام نمایند (حدود ۱۰۰۰ سد خاکی).

بیجا[1] (منطقه‌ای در تونس) به‌عنوان یک پروژه پایلوت برای احداث سدهای خاکی انتخاب گردید. کاربری این سدها بستگی به سه عامل دارد.

۱- امکان ذخیره‌سازی آب

۲- افزایش عمر مفید سدها

۳- قرار داشتن در داخل حوزه

سدها قرار است در جایی استقرار یابند که شرایط از نظر توپوگرافی منطقه مناسب باشد. ضمن اینکه زمین‌شناسی و کشاورزی منطقه‌ای نیز مورد ملاحظه قرار گرفت که دارای حداقل فرسایش و شوری خاک باشد.

اولین مرحله کار پیاده‌سازی کلیه اطلاعات فضایی و مشتقات آن روی نقشه‌های منطقه (بیجا) بوده که تشکیل یک پایگاه اطلاعات را داده است. سپس مدل ارتفاعی ۱/۵۰۰۰۰ رقومی منطقه با تصاویر ماهواره اسپات (برجسته) به صورت استریو و مطابق با نقشه و سیستم مختصات جغرافیایی که بتوان آن را کنترل نمود، تشکیل گردید.

---

[1] 1- Beja

محیط و منطقه مطالعه

منطقه بیجا در زمان‌های قدیم انبار غله رم بوده و کلاً برای تولید غلات مورد استفاده قرار می‌گرفته است. این منطقه در غرب تونس و شمال تل جایی که دارای آب و هوای مدیترانه‌ای و فاقد کوهستان است قرار دارد و دارای هوای نیمه مرطوب با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های معتدل با متوسط بارندگی سالیانه ۹۷۰ میلی‌متر در شمال تا ۴۳۰ میلی‌متر در جنوب است. حدود ۲۰٪ از بارندگی‌های تابستانه همراه با طوفان و باد بوده و باعث فرسایش می‌شود به خصوص در مناطقی که دارای خاک ضعیف با پوشش کم باشد. در منطقه تحت مطالعه روان‌آب نقش بسیار مهمی دارد و نهرها دارای مسیرهای پر پیچ و خم هستند. رخنمون‌های سنگی بیشتر از نوع صخره‌های رسوبی و اکثراً غیرقابل نفوذ و از خاک‌های رسی و حساس به فرسایش است که اغلب به‌وسیله شکستگی‌هایی پوشیده شده‌اند.

روش مطالعه

با کاربرد داده‌های مختلف ماهواره‌ای در غالب نقشه‌ها، همراه با سیستم اطلاعات جغرافیایی، سه نوع نقشه موضوعی تهیه گردید. نقشه زمین‌شناسی شامل مناطق صخره و تشکیلات سولفوریک، نقشه پوشش گیاهی و کاربری اراضی و بالاخره نقشه میزان بارندگی.

نتایج فنی

نقشه‌های موضوعی تهیه شده براساس تصمیمات گرفته شده مطابق اطلاعات زیر بوده‌است:

ارتفاعات : تولید نقشه‌های شیب.
شبکه زهکشی : نقشه تراکم آبراهه‌ها.
پوشش گیاهی: نقشه پوشش گیاهی و کاربری اراضی.

شرایط سطحی: نقشه خاک‌شناسی و سنگ‌شناسی.

این نقشه‌ها ۱۶ کلاس موضوعی را نشان می‌دهد که مشتق از چهار نقشه و داده‌های مجزا می‌باشند. ادامه تصمیم‌گیری براساس قوانینی که توسط کارشناسان در رشته‌های مختلف ارائه شده انجام می‌گیرد براساس این که تلفیقات جدید می‌توانند بر روی نقشه‌ها اثر داشته و آسیب‌پذیری در کدام سطح وجود دارد در قالب چهار گروه طبقه‌بندی شده و قابل خواندن می‌گردند. این روند می‌تواند به تصمیم‌گیری کمک نماید.

هزینه‌ها

تأسیس و شروع این روش کار حدود دو سال طول خواهد کشید، و قیمت کامل آن یک میلیون فرانک فرانسه برآورد شده، ولی این قیمت در مناطق نیمه صنعتی بین ۵۰ تا ۱۰۰ فرانک فرانسه در کیلومتر مربع می‌باشد.

ملاحظات اجرایی

این مطالعه به‌وسیله جانشینان تونسی انجام شده است که در آینده مسؤل تعیین محل ۱۰۰۰ سدی خواهند بود که در انتهای این قرن شروع خواهد شد.

نتیجه‌گیری

کنترل صحرایی در ۱۰۴ نقطه و ایستگاه نشان داده که در ۹ مورد از ۱۰ مورد نقشه‌های محاسباتی فرسایش محاسبه شده با واقعیت تطبیق دارد. این ارزش نه فقط براساس نقشه‌های ترکیبی است بلکه انتخاب یک روش است که اطلاعات اخذ شده از تصاویر ماهواره‌ای اساس کار آن است و با داده‌های چندگانه دیگر مثل سیستم اطلاعات جغرافیایی قابل استفاده خواهد بود. هم چنین این نتایج نشان می‌دهد این قوانین و مراحل اجرایی در کشورهای نیمه گرمسیری که با این مشکل مواجه هستند قابل اعتماد می‌باشد.

تعیین محل برای نیروگاه‌های کوچک برق آبی

اهداف پروژه

برق آبی یا نیروگاه‌های هیدرولوژیکی یکی از منابع تجدید شونده آبی است. کشورهای صنعتی به مقدار قابل ملاحظه از این انرژی استفاده می‌کنند که از نظر مشکلات زیست‌محیطی نیز دارای حداقل زیان است.

تولید برق آبی از طریق ژنراتورهای کوچک دارای خصوصیات ویژه‌ای است:

- تولید نیرو و استفاده از آن در محل.
- تجهیزات و ابزارآلات ساده و استاندارد قابل قبول.
- دارای سازه‌های محدود.
- نگهداری حداقل.

با آنکه تعداد این ایستگاه‌ها زیاد است ولی توسعه و تکمیل آن‌ها باید از نظر نصب اقتصادی باشد و اصولاً به ارتفاع آبشار یا ریزش آب و همچنین به نحوه بارندگی و میزان تخلیه آب، زمین‌شناسی، ارتفاعات و بالاخره نیاز کاربران بستگی دارد.

عملیات اجرایی پروژه توسط سازمان یا آژانس محیط زیست تامین اجتماعی فرانسه ADEME[1] پشتیبانی مالی گردیده است. به منظور بررسی و نشان دادن امکانات و پتانسیل استوار چنین محل‌هایی از نقشه‌های متوسط مقیاس هیدرولیکی و تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای استفاده شده است. این متدولوژی و روش کار برای کشورهای در حال توسعه که نقشه‌های کارتوگرافی موجود آن‌ها ضعیف است و یا اصلاً وجود ندارد قابل استفاده است.

منطقه مطالعه

به دلایل متعدد به منظور اعتبار بخشیدن به این پروژه، دو منطقه از فرانسه که به دلیل شرایط زمین‌شناسی و آب و هوایی دارای تعداد زیادی ایستگاه‌های کوچک تولید انرژی

---

[1] Agence de L'Environment et de la Maitrise de Energie

در نقاط مختلف هستند انتخاب شد.

اولین آزمایش در منطقه لودو[1] که دارای عوارض زمین‌شناسی رسوبی غالب می‌باشد و دومین آزمایش در منطقه تپه‌ای وس‌گس[2] که دارای عوارض گرانیتی است در نظر گرفته شد.

روش مطالعه

اولین اقدام تهیه نقشه مقدماتی از ارتفاعات و توان هیدرولیکی منطقه است. تصاویر ماهواره‌ای نیز در ارتباط با تهیه نقشه ارتفاعی زمین‌شناسی و شکل‌شناسی زمین به کمک گرفته شده است.

ارتفاعات تقریبی منطقه از طریق رسم آبراهه‌ها و تعیین آبشارها به‌طور خودکار ترسیم می‌شود. همین‌طور ارتفاع آبشار و نیز میزان تخلیه آب معین می‌گردد. این موارد توسط یک نرم‌افزار تخصصی که قادر است مدل ارتفاعی را بسازد (DEM)[3] انجام می‌شود. تعیین حوزه و آبراهه‌ها و نیز تعیین محل آبشارها از خصوصیات دیگر این نرم‌افزار است که با ترسیم نقشه انجام خواهد شد.

در اولین برآورد فرض می‌شود که میزان تخلیه آب متناسب است با سطح تعیین شده آب که (S) نامیده می‌شود.

بدین منظور فرمول تقریبی با ضریب ثابت ۱ برای کل سطح آب و آبراهه‌های حوزه آبریز با ملاحظه عوامل زیر درنظر گرفته شده:

- داده‌های هواشناسی.
- تعیین کاربری اراضی و یکنواخت‌سازی مزارع با ضریب تعیین شده.
- زمین‌شناسی و شکل‌شناسی زمین که بتواند ویژگی‌های تشکیل سنگ نظیر نفوذپذیری و غیرقابل نفوذ بودن را تعیین نماید.

آب ذخیره شده توسط رنگ روشن در محیط‌های قابل نفوذ روی نقشه معین می‌شود.

---

[1] Lodeve

[2] Vosges

[3] Digital Elevation Model

که نماینده مقدار و توان اولیه آب است. با نمایش این نقاط توان بالقوه آب تعیین می‌گردد.

نتایج فنی

روش آزمایش شده در لانژودوک روزلیون[۱] و تپه وس‌گاس[۲] توانست نقشه‌های هیدرولیکی در مقیاس‌های ۱/۵۰۰۰۰ و ۱/۱۰۰۰۰۰ و ۱/۲۰۰۰۰۰ که توان هیدرولوژیکی منطقه را نشان می‌دهد تهیه نماید.

این نقشه‌ها با استفاده از داده‌های رقومی اسپات و مدل ارتفاعی و همین‌طور عکس نقشه تهیه شده است. عکس‌های سیاه و سفید (پانکروماتیک) و عکس‌های قائم چندباندی برای محل اول، و سه زوج تصویر و سه تصویر XS برای محل دوم انتخاب شده‌اند.

نقشه محل مناسب آبشارها و نقطه توان تخلیه آب و ارتفاع آبشارها از طریق نرم‌افزارهای مختلفی که روی رایانه‌های قابل حمل نصب گردیده، به‌دست می‌آید که قابل انتقال به محل‌های دیگر منطقه مورد مطالعه است. به هرحال به منظور تطبیق با واقعیت، نقشه تولید شده نیاز به یک ارزیابی دارد که از طریق نرم‌افزارهای سیستم PC (رایانه‌های کوچک) به‌دست می‌آید.

این فرآیند با در نظر گرفتن شرایطی نظیر نفوذپذیری، تبخیر و میزان بارندگی انجام می‌گیرد. این سه عامل از طریق کاربری اراضی که به‌طور مستقیم از تصاویر چندباندی اسپات قابل استخراج است برآورد می‌شود. به‌علاوه مواردی چون سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی و اطلاعات اضافی نظیر هواشناسی در این مورد تهیه می‌شود.

روش‌های محاسباتی براساس شش مطالعه انجام شده در حوزه‌ها قادر خواهد بود که عوامل مختلف مورد نیاز را در نظر بگیرد. نتایج حاصله نشان داده که استفاده از این روش برای تعیین محل‌های استقرار نیروگاه‌های هیدروالکتریکی در مناطق مطالعه مناسب می‌باشد.

1- Languedoc - Roussillon

2- Vosges

هزینه‌ها

هزینه‌های این نوع مطالعه در منطقه‌ای به وسعت ۳۰۰۰ کیلومتر مربع (حدود یک تصویر اسپات) شامل مدل ارتفاعی رقومی، تصاویر تصحیح شده با تشکیل فایل‌های رقومی به‌علاوه کنترل‌های زمینی در حدود ۲۵۰۰۰۰ فرانک فرانسه خواهد بود که کمتر از ۱۰۰ فرانک برای هر کیلو مترمربع می‌باشد. زمان این مطالعه در حدود ۶ ماه خواهد بود.

ملاحظات عملیات

منابع مالی این پروژه توسط آژانس محیط زیست تامین انرژی تامین گردیده و توسط دو سازمان ISTRA و BRGM انجام شده‌است.

نتیجه‌گیری

این روش مطالعه در دو محل موقتی آزمایش گردیده و به تجربه بیشتر در شرایط آب و هوایی متفاوت نیاز دارد. در حال حاضر اقدامات مختلفی می‌توان انجام داد که به اطلاعات بیشتری غیر از داده‌های ماهواره نیاز دارد. این جنبه‌های مختلف ابزاری را فراهم می‌نماید که مستقیماً در سایر کشورهای در حال توسعه قابل بهره‌برداری است.

نتیجه‌گیری کلی

مطالعه و تحقیق برای استفاده بهینه از آب، رشته‌ای است که در آن علم سنجش از دور نتایج مثبتی را نشان داده است. مخصوصاً زمانی که با اطلاعات دیگری نظیر سیستم اطلاعات جغرافیایی و سایر منابع تلفیق می‌گردد.

اطلاعات و داده‌ها وظایف آب‌شناسان و آب شناسی را برای مدیریت پروژه‌ها تسهیل و برنامه‌ریزی‌های آن را اقتصادی‌تر می‌نمایند.

تحقیق درباره آب زیرزمینی از طریق سنجش از دور مثال‌های مربوط به کشورهای یمن و فیلیپین

یمن

در چارچوب پروژه مشورتی فائو (سازمان خواربار جهانی) در زمینه برنامه‌های سنجش از دور برای شناسایی اراضی و آب در یمن، یک منطقه جهت مطالعه در «Bayhan Al Qasad» انتخاب گردید تا با استفاده از تکنیک و فن رسم درز و ترک‌های دارای پوشش گیاهی به‌منظور شناسایی توان و ظرفیت سفره‌های آب زیرزمینی برای افزایش محصول کشاورزی و نیز آبیاری اراضی مورد بررسی قرار گیرد. عوارض خطی از روی تصاویر MSS لندست تجزیه و تحلیل گردیده و مناطق صخره‌ای کریستالی شبیه گرانیت‌ها سنگ آتش‌زا (Gabbra) و سنگ چخماق (Diorite) و نیز تیپ‌های مختلف شیست‌ها (متامورفیک) معین می‌شوند. تصاویر بدون ابر با کیفیت خوب (باند MSSV) انتخاب می‌شود تا عوارض خطی در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰۰ تعیین گردد. همین‌طور تصاویر رنگی کاذب از زمان‌های مختلف انتخاب می‌شوند تا رشد گیاهان را نشان دهد و تراکم پوشش گیاهان و نیز رشد آن را بررسی نماید.

نتایج آنالیز عوارض خطی در نهایت با اطلاعات زمین‌شناسی و نقشه‌های مربوطه مقایسه می‌گردند تا شاهدی برای مقابله خط واژه‌های اصلی و تکتونیک منطقه باشند.

تفسیر سنجش از دور از طریق آنالیز چشمی در عدن انجام شد که نتایج حاصله بلافاصله با توجه به فرض‌های تفسیر تحت کنترل صحرایی قرار گرفت. در مناطق صخره‌ای کریستالی به‌خصوص در شکستگی‌ها و شکاف‌ها آب زیرزمینی وجود دارد. بنابراین مطالعه جامع تکتونیکی یکی از کلیدهای تعیین کننده موقعیت آب می‌باشد.

محاسبه خطوط شکستگی و کنترل آنها با مطالعات صحرایی مربوطه در جهت اصلی زمین، بافت و سوابق اطلاعات زمین‌شناسی می‌توانند کشش و فرورفتگی شکاف‌ها و شکستگی‌ها را معین نماید. شبیه ذخیره و انتقال آب زیرزمینی در عوارض کریستالی زمین.

به هرحال مطالعات و داده‌های اطلاعات زمین‌شناختی در عدن وبالاخره محاسبه دستی شکستگی‌ها با این روش امکان‌پذیر نمی‌باشد و وقت زیادی را طلب می‌نماید. بنابراین روش دیگری باید اتخاذ گردد. در مناطقی که میزان بارندگی کم یا پراکنده می‌باشد مانند منطقه مورد مطالعه، پوشش گیاهی حاصله در نزدیک خطوط شکستگی و در جایی که آب زیرزمینی بالا است با رسم خطوط شکستگی روی نقشه و انداختن آن روی مناطقی که تخریب شده و فاقد پوشش می‌باشد بلافاصله این فکر را به وجود خواهد آورد که یک رابطه‌ای بین رشد پوشش گیاهی و بعضی از خطوط شکستگی‌ها وجود دارد. به عبارت دیگر شکستگی‌های باز به صورت معابر آب‌های زیرزمینی عمل می‌کند و مقدار قابل ملاحظه‌ای از بارندگی‌ها در ارتفاعات را در خود ذخیره می‌نماید. و به مناطق پایین‌دست که بارندگی کمتری دارد هدایت و انتقال می‌دهد. افزایش رطوبت خاک نیز در طول خطوط شکستگی باعث رشد گیاهان پایدار دائمی می‌گردد. بهترین مثال آن در شمال منطقه مطالعه می‌باشد که پوشش گیاهی قابل ملاحظه‌ای در مناطق بیابانی روی گسل‌ها ایجاد شده که توسط شن پوشیده شده است.

با استفاده از این راه‌کار، چهار منطقه که دارای ظرفیت و پتانسیل آب‌های زیرزمینی است تعیین شدند و مطالعات تفصیلی‌تری در یکی از مناطق که دارای اولویت بود با انجام عملیات زمینی و جمع‌آوری اطلاعات لازم که بیانگر وجود آب زیرزمینی با کیفیت خوب می‌باشد صورت گرفت. در این مورد مقاومت جان‌پناه‌ها، عرض و عمق شکستگی‌ها به‌طور دقیق مورد نیاز است، این اطلاعات به‌منظور تعیین محل چاه‌های آزمایشی مورد نیاز است، چون معمولاً شکاف‌ها و شکستگی‌ها توسط مواد آبرفتی پنهان می‌شود. در نتیجه چاه‌های حفر شده که با همکاری اهالی صورت گرفته از موقعیت بهتری برخوردار است.

به غیر از سفارش تصاویر ماهواره‌ای که از طریق سازمان خواربار جهانی در رم انجام شده کلیه فعالیت‌ها و اقدامات انجام شده در مطالعه یمن سه هفته به طول انجامیده است. آنچه که باید اضافه شود زمان دریافت تصاویر ماهواره‌ای (تقریباً ۴۰ روز) و تکمیل نقشه و گزارش فنی می‌باشد.

هزینه این مطالعه تقریباً ۱۹۰۰۰ دلار شد که به غیر از ماموریت‌ها و عملیات صحرایی و

مشاوره‌های بین‌المللی و نیز خرید تصاویر بوده‌است، به طور کلی این مطالعه با هزینه‌ای بیش از یک دلار در هر کیلومتر مربع برآورد گردید. فن ترسیم خطوط شکستگی همراه با شاخص‌های پوشش گیاهی نتایج خوبی را از وجود آب زیرزمینی در بخش‌های صخره‌ای زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک نشان می‌دهد، مخصوصاً در مناطقی که اطلاعات زمین‌شناسی کم است و اجازه محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری شکستگی‌ها را نمی‌دهد.

فیلیپین

اهداف پروژه

دولت فیلیپین از طریق مرکز مدیریت منابع طبیعی از سازمان خواروبار جهانی (FAO) درخواست نمود تا در مورد اجرای یک پروژه آب‌شناسی از طریق سنجش از دور همکاری نماید.

بنابراین پروژه استفاده از سنجش از دور در بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی با هدف تدوین یک متدلوژی اتخاذ تصمیم در یک منطقه از فیلیپین انتخاب و اجرا گردید.

با درخواست فائو استان جزیره‌ای بوهل[1] به عنوان منطقه نمونه توسط وزارت منابع طبیعی انتخاب گردید تا مطالعات لازم برای استفاده از سنجش از دور در بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی صورت گیرد. این منطقه به دلایل زیر انتخاب شد.

۱- نیاز فوری به آب زیرزمینی برای آبیاری و تهیه آب در محل.

۲- وجود پروژه توسعه همه جانبه بوهل (که نتایج آن بلافاصله در پروژه استفاده خواهد شد).

۳- وجود کارست‌های توسعه یافته در منطقه گرمسیری که قسمت بزرگی از جزیره را می‌پوشاند.

---

[1] 1- Bohol

میزان بارندگی در بوهل به صورت متغیر است و متوسط آن سالیانه ۲۱۰۰ میلی‌متر و در مناطق بالادست و ارتفاعات گاهی به ۳۵۰۰ میلی‌متر در سال می‌رسد.

به علت وجود عوارض کارست، آب در جزیره کم می‌باشد. در حالی که چشمه‌های فراوان در سواحل جنوبی جزیره جایی که آب چندان ارزشی ندارد، مشاهده می‌شود.

هدف این پروژه تعیین محل راه‌های آبی کارست‌های مقدم بود همان‌طور که به وسیله سنجش از دور به نقشه درآمده بیشتر در طول گسله‌ها ظاهر می‌شوند و امکان استفاده از آن‌ها قبل از راه یافتن به دریا باید بررسی شود.

با توجه به نیاز و توسعه آب زیرزمینی در بخش شمال شرقی جزیره که به وسیله صخره‌های متامورفیک و آذرین مشخص شده، آب زیرزمینی برای مصارف محلی در شکاف‌هایی که به وسیله سنجش از دور شناسایی و مشخص شده‌اند یافت گردیده است.

اهداف پروژه را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود.

۱- تجزیه و آزمایش فن سنجش از دور برای بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در کارست‌های محیط گرمسیری و هم‌چنین شامل مناطقی که صخره آذرین وجود دارد.

۲- تهیه یک راهنما به‌منظور کمک به NRMC برای مطالعات و برنامه‌ریزی و استفاده از سنجش از دور برای بهبود و توسعه آب زیرزمینی.

تشریح منطقه

استان Bohol در مرکز Visayas قرار گرفته که شامل جزیره بوهل و سایر جزایر کوچکی است که تقریباً ۴۱۰۰ کیلومترمربع وسعت دارد.

شکل زمین‌ساختی این جزیره در نتیجه کارست‌های گرمسیری است و عوارض کارستی آن زیاد و به خوبی توسعه یافته است و دارای اشکال مختلفی می‌باشند، مثل خصوصیات بسترها و طبقات ضخیمی از سنگ‌های آهکی (Limestone) و یا با درصدی از (Limestone, marl) به صورت مطبق و شکاف دار.

این مناطق کارستیک به تپه‌های شکلاتی (Chocolate Hill) معروفند که موردتوجه توریست‌هاست. این مناطق به صورت مخروطی با شیب‌های جانبی تنداز مناطق مسطح شروع شده و تا ارتفاع ۷۰ تا ۸۰ متری ادامه دارد. مناطق مسطح اطراف آنها از خاک‌های رسی پوشیده شده که معمولاً برنج‌کاری می‌شود، زیرا قابلیت نگهداری آب در این نوع خاک‌ها بالا و تعدادی چشمه کوچک نیز در این مناطق وجود دارد.

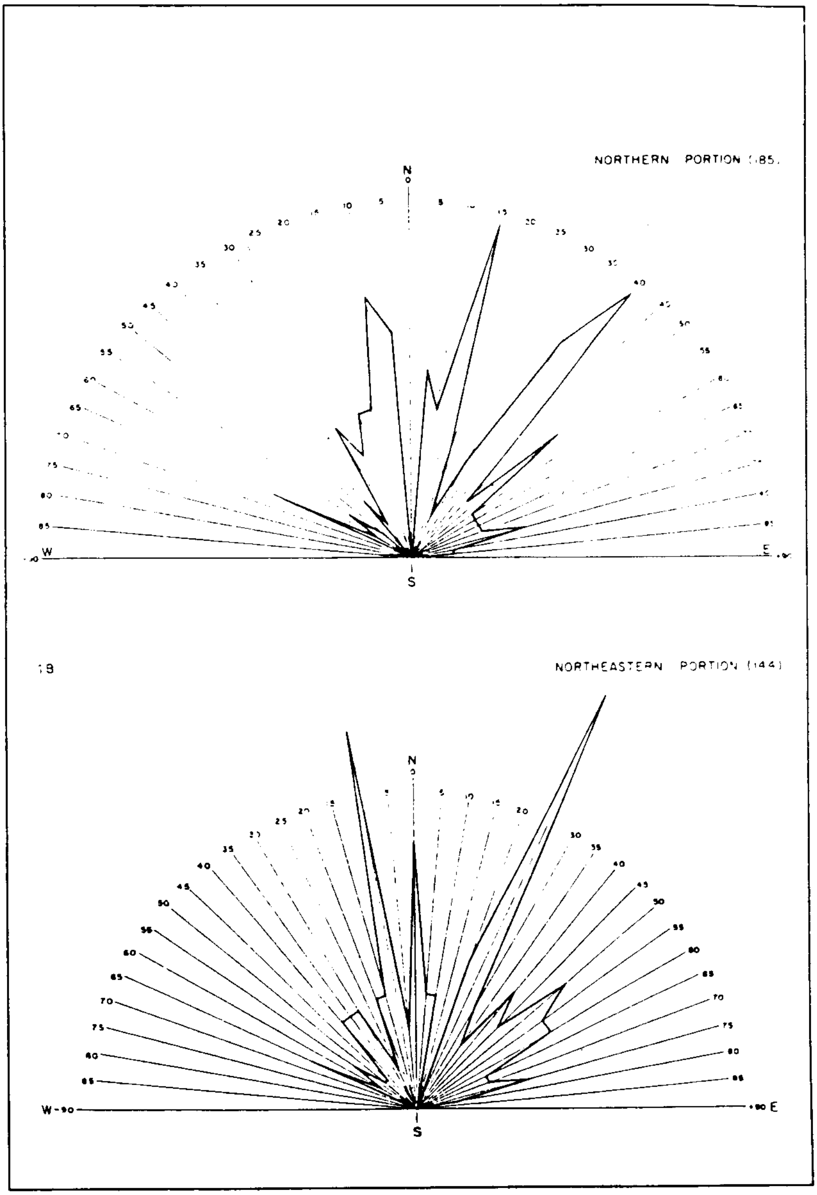
تپه‌های شکلاتی در محل‌های مناسبی که در نتیجه شکستگی‌های متراکم و در اثر افزایش تجزیه سنگ‌های آهکی است، قرار دارند و تپه‌های واقع در یک ردیف باقی مانده فلات کارست می‌باشد. یک هماهنگی بالایی بین خطوط نقشه شده و تپه‌های موجود به چشم می‌خورد که در حقیقت بیان‌کننده شواهد فوق می‌باشد. دولاین‌ها (Dolines) که در اثر انحلال سنگ‌های آهکی یا فرو ریختن غارهای زیرین ایجاد می‌گردند عمومیت دارد، آن‌ها معمولاً دارای مقاطع مستطیل شکل ناقص با دیواره‌های پست و کف هموار می‌باشند. آن‌ها دایره شکل یا بیضی می‌باشند بعضی از آنها باریک و در جهت شکستگی کشیده شده‌اند.

روش‌ها و داده‌های به کار برده شده

روش‌هایی که در این مطالعه به کار گرفته شده‌است شامل تجزیه و تحلیل عوارض خطی از تصاویر MSS لندست، همین‌طور استفاده از فیلم مثبت و نیز اطلاعات آشکار شده رقومی به علاوه عکس‌های هوایی سیاه و سفید تصحیح شده و بالاخره کنترل‌های زمینی است که به‌منظور تطبیق اطلاعات جمع‌آوری شده با واقعیت موجود مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تجزیه و تحلیل عوارض خطی (شکستگی‌های بزرگ) از طریق تفسیر چشمی و با کمک Ronchi Gratings و نیز خروجی‌های حاصله از آشکارسازی اطلاعات رقومی انجام شد. در انجام این کار از کشیدگی خطی باندهای ۴ و ۵ و ۷ تصویر MSS به سمت لبه‌ها و هم‌چنین به‌کارگیری فیلتر در باند ۷ تصویر MSS استفاده به عمل آمد.

(شکل ۱ هیستوگرام فراوانی عوارض خطی)



در تکمیل تجزیه و تحلیل عوارض خطی، کلیه این عوارض روی نقشه پایه ۱/۲۵۰۰۰۰ ترسیم گردید. و تمام خطوط از نظر شکستگی و طول از طریق یک رایانه شخصی IBMXT تجزیه و تحلیل گردید تا گروه‌های مختلف عوارض خطی دسته‌بندی شوند.

آماربرداری و یا شمارش چشمه‌های موجود به‌منظور تعیین ارتباط بین عوارض خطی و چشمی صورت گرفت و نشان داد که چشمه‌های بزرگ در طول قسمت جنوبی ساحل Bohol قرار گرفته در جهت عوارض خطی نقشه شده از طریق تصاویر ماهواره‌ای و چشمه‌های داخلی سنگ‌های رسوبی به طور معمولی در جهت شمال جنوب یا شمال و شرق قرار دارند هم‌چنین این بررسی نشان داد که هماهنگی زیادی بین عوارض خطی و چشمه‌ها وجود دارد.

نتایج

تجزیه و تحلیل آماری و محاسبات لازم عوارض برای تمام جزیره و سه منطقه کوچک دیگر به صورتی به کار گرفته شد که کاملاً با سنگ‌های آهکی منطقه همبستگی دارد. کاربردهای این روش در مرکز شمالی منطقه با صخره‌های آذرین و نیز در قسمت‌های شرقی با صخره‌های دگرگونی (Metamorphic) بررسی گردید. هیستوگرام قسمت مرکزی جنوب غربی نشان دهنده تفاوت عوارض خطی گرایش به سمت غرب خط و ارتباط تقریبی با Inabanga, Carmen, Dureo و غیره است. آن بخش از جزیره بوهل که به وسیله سنگ‌های آهکی Sierra Bullones و مارن Sevilla و سنگ‌های آهکی Maribojoc شناخته شده‌است.

بیشترین عوارض خطی شکستگی دراطراف N2OW, N1OE, N3OE, N55E می‌باشد. از آنجا که شکستگی‌ها باعث افزایش تجزیه سنگ‌های آهکی می‌گردد، بنابراین از نظر تئوری ضرورتی برای ایجاد مجاری جهت حرکت آب‌های زیرزمینی از میان عوارض خطی وجود ندارد.

اساس انتخاب مناطق دارای سنگ‌های آهکی به عنوان نقاط مناسب برای توسعه و بهره‌برداری آب زیرزمینی، شامل تحقیقات صحرایی در مورد وجود سنگ‌های آهکی

مشخص و معین می‌باشد که توپوگرافی آن با توجه به دستیابی به آب موردنیاز اجازه این انتخاب بدهد.

به هرحال با مشاهدات صحرایی مشخص شده که بیشتر چشمه‌ها روی شکستگی‌هایی که گرایش آن‌ها به سمت N1OE, N3OE, N5O-55E می‌باشد متمرکزند. در نتیجه مناسبترین روش برای بهبود و توسعه آب زیرزمینی انتخاب نقاطی در امتداد این مناطق و انجام مطالعات صحرایی می‌باشد.

در صخره‌های آذرین یا دگرگونی بوهل همان‌طوری که در نمودارهای 1A و 1B نشان داده شده توصیه گردیده که بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی باید در طول شکستگی‌هایی متمرکز باشد که گرایش آن به سمت N1OW و N15-25 است.

گسل‌های کششی آب زیرزمینی بیشتری نسبت به سایر گسل‌ها ذخیره و انتقال می‌دهند. این‌گونه شکستگی‌ها در جهت اثر فشار و گسیختگی کمترین میزان ذخیره آب و انتقال آب زیرزمینی را دارد.

در چاه San Jose که آب شهر Talibon را تامین می‌کند این نکته قابل توجه است که میزان آبدهی بالاتر از حد متوسط در قسمت شکستگی N15E می‌باشد.

این مطالعه ۴ ماه طول کشید و از امکانات NRMC در مانیل با این هدف که فن‌آوری انتقال باید مورد استفاده قرار گیرد. آشکارسازی رقومی در مرکز سنجش از دور FAO صورت گرفته است و کارهای صحرایی گسترده آن در بوهل به‌منظور تطبیق با واقعیت‌های موجود صورت پذیرفته است.

یک گروه از متخصصین بین‌المللی سنجش از دور با سابقه هیدرولوژی به مدت ۴ ماه و یک نفر کارشناس هیدرولوژی (یک ماه) برای تهیه مدل آب زیرزمینی کار کرده‌اند، همین‌طور سه نفر از کارشناسان NRMC در این پروژه در تمام مراحل همکاری داشته‌اند. در تکمیل این پروژه کلیه مراحل قدم به قدم به صورت راهنما نوشته شده که در سایر محیط‌های مشابه قابل استفاده می‌باشد.

کاربرد داده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا و عکس‌های هوایی نمونه برای پروژه ارزیابی ظرفیت آبیاری در چاد

هدف مطالعه

اهداف این مطالعه که درچاد انجام شده ارائه نتایج استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالاو نیز عکس‌های هوایی نمونه برای مطالعات و بررسی اراضی می‌باشد. مطالعه و آماربرداری از اراضی معمولاً در مرحله شناسایی و به‌منظور تهیه پروژه‌های مختلف توسعه که برای کشاورزی یا جنگل‌داری برنامه‌ریزی می‌شود انجام می‌گیرد.

این عملیات می‌تواند در پایان یا در نیمه راه انجام پروژه به منظور ارزیابی میزان دسترسی به اهداف انجام گیرد.

تمام مراحل فنی این پروژه تحت عنوان ارزیابی "Wadis Kanem" که هدف آن بررسی مکانات توسعه آبیاری در Sahelian می‌باشد نشان داده شده‌است.

منطقه مطالعه

منطقه مطالعه در نزدیکی Kanem در شمال دریاچه چاد قرار دارد و ۴۴۰۰۰ کیلومترمربع وسعت دارد که از شن‌های کوارتزی قدیمی با ۷۰-۸۰ متر عمق که در روی طبقات رسوبی در اثر پس روی سطح دریاچه چاد ته‌نشین شده تشکیل گردیده است.

آب و هوای این منطقه ساحلی و صحرایی با ۱۰۰-۲۰۰ میلی‌متر بارندگی سالیانه و سرمای فصلی از ماه نوامبر تا فوریه همراه است و پوشش گیاهی آن پوشش کاذب می‌باشد.

روش مطالعه

روش پیشنهادی شامل ارزیابی مناطق بزرگ در مرحله اول و تقسیم اراضی به مناطق

همگن با استفاده از تحلیل تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد این مناطق در مرحله دوم به صورت تفصیلی و در نقاط نمونه براساس مطالعات زمینی و عکس‌های هوایی که توسط هواپیماهای سبک عکس‌برداری گردیده تجزیه و تحلیل می‌گردد.

با توجه به سطح وسیع منطقه از ۵ تصویر ماهواره‌ای لندست که آن‌را پوشش می‌داد استفاده شد. تجزیه و تحلیل توسط تفسیر چشمی داده‌های رقومی آشکارسازی شده صورت گرفت. از این رو تصاویر ۱۸ نقطه به عنوان نمونه انتخاب گردید که هر کدام ۲۳۰ کیلومتر مربع (۱۱×۲۱ کیلومتر) وسعت دارد. به‌منظور بررسی ویژگی‌های واحد فیزیوگرافی که توسط تفسیر چشمی از روی تصویر به دست آمده، عکس‌های هوایی به مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ توسط دوربین عکاسی Hasselblad با ابعاد ۶×۶ سانتی‌متر از مناطق نمونه گرفته شد. سیستم ناوبری توسط GPS انجام گردید.

بازدید زمینی از دو منطقه Wadis (وادی‌ها) و در جمع از ۳۶ وادی انجام گردید و بقیه وادی‌ها با استفاده از تفسیر عکس نقشه شده‌اند که در مجموع ۱۲۰ وادی می‌باشند.

نتایج فنی

مرحله ۱ - طبقه‌بندی

طبقه‌بندی عمومی و تحلیلی

در پروژه چاد سطح منطقه مورد مطالعه ۴۴۰۰۰ کیلومترمربع است دراین منطقه وادی‌ها (Wadis) با تصاویر مجازی لندست در مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ به ۱۷ طبقه یا واحد فیزیوگرافی تقسیم شدند (شکل، تراکم و اندازه). در مناطق دیگر با توجه به بالا بودن قدرت تفکیک داده‌های ماهواره‌ای ممکن است ضوابط و معیار طبقه‌بندی فرق کند، مانند مناطق کشاورزی و سایر موارد. در عمل در طول مراحل طبقه‌بندی استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ممکن است شکل‌های مختلف کاربری اراضی را نشان دهد زیرا که این طبقه‌بندی پایه و اساس اطلاع و دانسته‌ها برای تجزیه و تحلیل منطقه می‌باشد. در منطقه مور مطالعه در چاد ۵ طبقه تشخیص داده شد و روی تصویر دسته‌بندی گردید.

- پوشش گیاهی طبیعی : مناطق مرتعی خشبی و نخلستان‌های داخل و کف وادی‌ها

مناطق مختلف مرتعی که براساس تراکم و میزان رطوبت آن دسته‌بندی شدند.

- محصولات : مناطق کشت شده با تراکم بالا و پایین که براساس ساختار اراضی قابل تشخیص می‌باشند.
- خاک‌ها : ۸ عارضه مختلف خاکی با کمک علوم خاکشناسی و برش یا پروفیل ایجاد شده تشخیص و تعیین گردید. (شامل رسوبات دریاچه‌ای، خاک‌های شور، تراس‌های کاذب و شن و ماسه و غیره). پیشرفت و حرکت شن در سه مرحله تشخیص داده شد (زیاد، متوسط، هیچ).
- روستاها و جاده‌ها: که بعضی از آنها روی تصویر ماهواره قابل تشخیص بوده است.

بررسی و تجزیه و تحلیل عوارض موجود از روی نقشه کاربری اراضی، مشورت و مراجعه به گزارشات موجود منابع آب، خصوصیات و ویژگی‌های هر یک از واحدهای فیزیوگرافی را با شش نوع از انواع محدودیت‌ها برای توسعه آبیاری روشن نمود.

- راه‌های دستیابی باریک (فاصله تا روستا، و داشتن جاده) در سه مرحله.
- تجمع و ذخیره (اندازه شن‌ها و توپوگرافی منطقه) در سه مرحله.
- حرکت شن در سه سطح.
- جمعیت و تراکم آن در سه سطح.
- عمق آب‌های زیرزمینی.
- تیپ خاک‌های، رسی شنی، نمکی، شور و غیر شور.

بعضی از واحدهای فیزیوگرافیک مجدداً به زیر واحد تقسیم شده به علت آنکه تغییرات بعضی از محدودیت‌ها در واحدها وجود دارد.

مرحله ۲- جمع‌آوری نمونه‌ها

از هر طبقه یک یا دو نمونه به ابعاد ۲۱×۱۱ کیلومتر انتخاب و آنالیز گردید که نماینده ۹درصد نمونه‌ها است. تعداد و ابعاد سطوح نمونه‌برداری شده براساس شکل و نوع اراضی متفاوت می‌باشد. در مطالعات کشور چاد از کل منطقه تحت آزمایش که نیمی از آن با استفاده از استروسکوپ انجام گرفت عکس‌های هوایی تهیه شد و به کمک تصاویر تهیه شده امکان تهیه نقشه ۱/۱۳۰۰۰ از وادی‌ها فراهم گردید. شکل زمین (تراس‌ها، رسوبات

دریاچه‌ای، آبگیرها و مناطق شور) و پوشش گیاهی طبیعی مختلف (درختان و محصولات مزارع مشخص) باعث گردید که اراضی مناسب برای گسترش شبکه آبیاری در وادی‌ها تعریف و مشخص گردند.

با عملیات صحرایی انجام شده در منطقه وادی‌ها، نمونه اطلاعات تفسیر شده از روی عکس‌های هوایی مورد تایید قرار گرفت. به علاوه با تجزیه و تحلیل خاک‌های جمع‌آوری شده از وادی‌ها، و نیز عملیات آزمایشگاهی از خاک‌های نمونه، ویژگی‌های خاص هر وادی (یا مسیل) برای آبیاری بهتر نشان داده شد.

مرحله ۳- اسناد نهایی

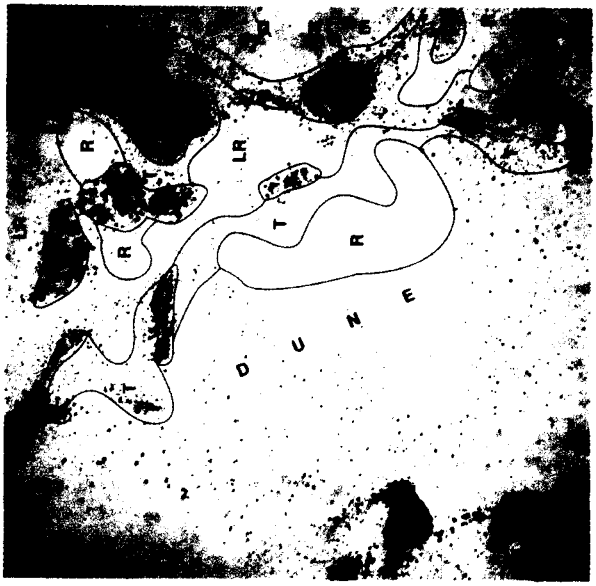
راه‌کار روش چند منظوره امکان تولید انواع مختلف نقشه‌ها که فهرست و مقیاس آنها به شرح زیر می‌باشد را فراهم می‌سازد.

▣ **نقشه سینتتیک**(Synthetic)در مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰۰ یا ۱/۵۰۰۰۰۰ که‌نشان دهنده محدودیت‌ها و توسعه می‌باشد و باعث می‌شود اولویت‌های پروژه به سرعت تعیین گردد.

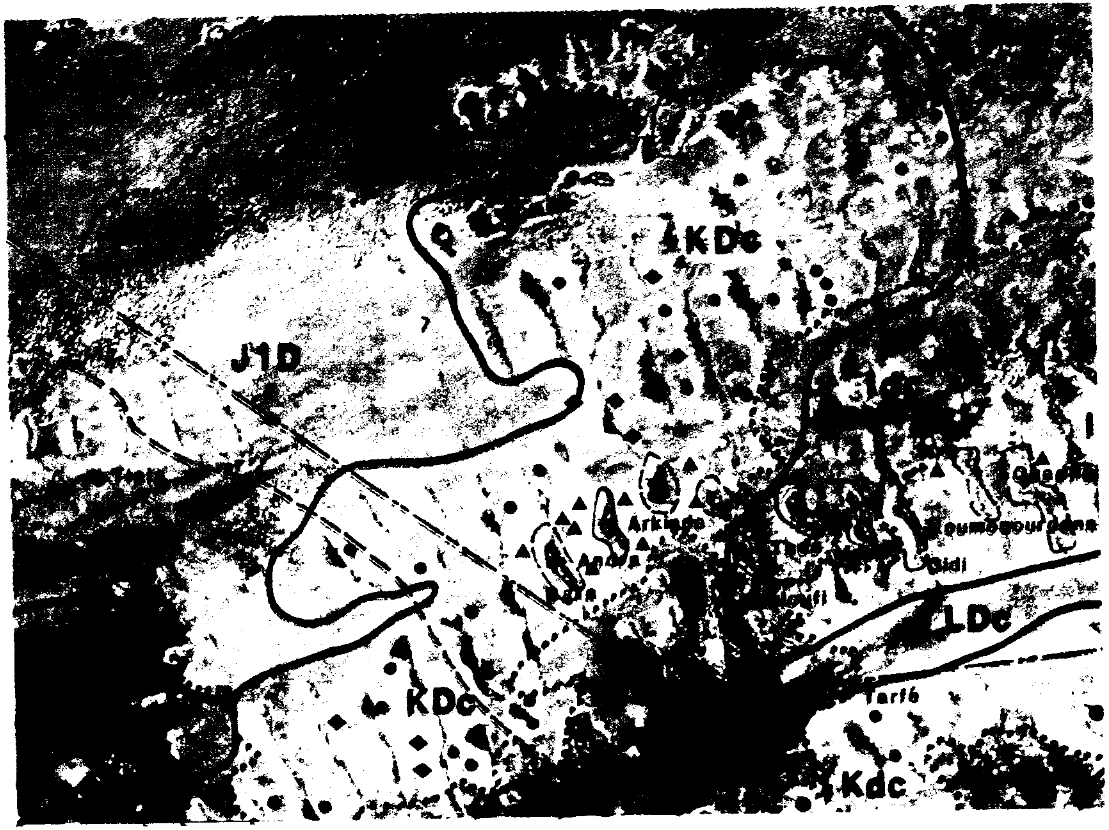
در مطالعه چاد واحدهای فیزیوگرافی و زیر واحدها مجدداً به شش گروه بزرگ وادی‌ها دسته‌بندی گردیدند. این دسته‌بندی مجدد با توجه به اندازه و میزان سرمایه‌گذاری که برای طرح آبیاری موردنیاز بوده انجام شده است.

▣ **عکس نقشه** : عکس نقشه‌ای که در مقیاس ۱/۲۰۰۰۰۰ تمام منطقه مورد مطالعه را پوشش می‌دهد مستقیماً از تصاویر ماهواره‌ای استنتاج شده است. به عنوان سابقه برای یک نقشه مطابقت داشته و کلیه اطلاعات مختلف نظیر (جاده‌ها، روستاها) فیزیوگرافی (در ۱۷ واحد که در بالا اشاره شد) و کاربری اراضی (حرکت شن‌ها، وضعیت محصولات موجود) روی این عکس نقشه جاگذاری گردید.

این عکس نقشه طوری نام‌گذاری و حروف گذاری شده‌است که برای انطباق با نقشه‌های توپوگرافی از نظر موزائیک کردن و تصحیحات هندسی مشکلی ندارد، و مشکلات ناشی از محدودیت‌ها و تیرگی تصاویر و روشن نبودن آنها توسط پردازش‌های رقومی انجام شده و تصاویر آشکارتر را ارائه نمود. این عکس نقشه‌ها به تعداد زیاد قابل تکثیر می‌باشند و اطلاعات بسیاری را در جهت تکمیل نقشه‌های توپوگرافی و نیز بهنگام‌سازی نقشه‌ها ارائه می‌کند که قابل استفاده خواهد بود.


R
LR
R
T
R
DUNE
T
2

VI1
VI2
A
358
K
VI1
VI3
VI3
VI3
343
VI3
VI3
VI4
324


KDc
J1D
Arkingo
Tadi
Gidi
Koumogouroudene
LDc
Tarfé
KDc
Kdc

▣ **نقشه‌های تفصیلی** نقشه‌ها در مقیاس ۱/۱۳۰۰۰ از عکس‌های هوایی تفسیر شده، مطابق نمونه به دست آمد. این نقشه‌ها مناطق گسترش پروژه، برنامه‌ریزی برای اعتبار موردنیاز و عملیات اجرایی روی زمین را به خوبی روشن می‌کند.

جنبه‌های اقتصادی این روش

جنبه‌های اقتصادی این روش و مزایای آن‌که ترکیبی از تصاویر ماهواره‌ای با عکس‌های هوایی در مناطق نمونه می‌باشد در مقایسه با روش‌های سنتی نشان می‌دهد که این روش $\frac{1}{3}$ قیمت روش سنتی است. دقت آن بسیار خوب و سرعت انجام عملیات اجرایی آن دو برابر سریعتر از روش‌های سنتی است. متوسط هزینه تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی در نقاط نمونه از ۵ دلار تا ۷ دلار در هر کیلومتر مربع متغیر می‌باشد. در این روش ۳۳ درصد هزینه تصاویر ماهواره‌ای، ۱۳ درصد هزینه عکس‌های هوایی و ۴۲ درصد هزینه‌های مشاهده‌ای و کارشناسی و ۱۲ درصد بقیهٔ هزینه‌های چاپ و تهیه گزارش نهایی می‌باشد.

ملاحظات اجرایی

جنبه فنی و اجرایی پرواز در نقاط نمونه

پرواز هوایی روی مناطق نمونه یک فن جدید است که تاکنون استفاده نشده و اطلاعات کمی در این مورد موجود است. مخصوصاً در حالتی که با تصاویر ماهواره ترکیب می‌شود. در انجام این کار نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

* **هواپیما :** هواپیمای سبک دو موتوره برای این کار مناسب‌تر است، به علاوه دوربین عکاسی با قطر ۱۵×۱۰ سانتی‌متر قطر که بتوان بر روی هواپیما نصب نمود. این دوربین باید روی پایه سبک چوبی نصب شود تا از ضربه‌های ناگهانی و تکان‌های شدید مصون

بماند. بعد از انجام عملیات عکاسی دوربین به راحتی قابل انتقال بوده و هواپیما به حالت اولیه باز گردد.

* **سیستم ناوبری :** به‌منظور عکاسی نقاط نمونه ناوبری دقیق شامل ارتفاع دقیق پرواز و تعیین مختصات دقیق موردنیاز است. دسترسی به این منظور با انواع GPS که اخیراً وارد بازار شده عملی است. GPS (سیستم کنترل زمینی) چند هزار دلار (۲-۳ هزار دلار) قیمت دارد که مختصات طول و عرض جغرافیایی و هم‌چنین ارتفاع هواپیما را با دقت ۳۰ درصد در هر ثانیه یک بار نشان می‌دهد و بسیار مناسب می‌باشد.

* **دوربین :** دوربین عکاسی Hosselblad (۶×۶cm) با ظرفیت ۷۰ فیلم و موتور عکاسی یک دقیقه‌ای برای این کار مناسب است. همین‌طور فیلم عکاسی با حساسیت ASA ۲۰۰ که از انواع فیلم‌های حرفه‌ای است، مورد نیاز می‌باشد. کلیه ابزارآلات خریداری شده برای این ماموریت کمتر از ۱۰۰۰۰ دلار ارزش دارد.

* **پرواز :** عملیات پرواز در ماموریت‌های هوایی بستگی به رعایت بعضی از نکات از جمله موارد زیر دارد: تنظیم کردن دیافراگم، شاتر با سرعت ۱/۵۰۰ ثانیه و تعویض فیلم هماهنگ با سرعت و ارتفاع پرواز که در این مقاله به طور مشروح توضیح داده شده‌است.

نتایج

راه‌کار استفاده از روش چند منظوره در این مطالعه بسیار جدید می‌باشد و هر چند برای کنترل مناطق آبیاری به صورت کلی قابل استفاده است ولی در مورد چاد به سادگی قابل اجرا نمی‌باشد. همین‌طور این روش برای ارزیابی میزان تخریب مزارع کشاورزی و تولید محصولات مناسب است. روش استفاده از هواپیمای سبک در این مطالعه برای برنامه‌ریزی و آبیاری و نیز برای بررسی خسارات وارده در اراضی آبی به علت رویدادهای طبیعی قابل استفاده می‌باشد.

اثرات اقتصادی آبیاری در کشت مزارع

بررسی همبستگی منابع آبی با نیازهای متفاوت برای مصارف مختلف آب مدیریتی قوی را طلب می‌نماید. به این معنی که در طراحی یک سیستم آبیاری باید نیازهای کشاورزان، منابع مالی، فنی و محدودیت‌های اکولوژیکی درنظر گرفته شود. متوسط آب موردنیاز کشاورزی باید مشخص و روشن گردد. در سنجش آبیاری CEMAGREF روش پیشنهادی براساس کشت یک‌پارچه در اراضی با مساحت ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ هکتار می‌باشد. ویژگی این مدل شبیه‌سازی رفتارهای متفاوت کشاورزان به‌منظور تخصصی بودن نتایج به‌دست آمده، هم‌چنین تاکید بر روی نکات و مسایلی نظیر ارزیابی کشاورزی در دوره‌های کوتاه و میان مدت است و برخورد اقتصادی با معرفی محصولات جدید و نیز تعیین آب موردنیاز محصول می‌باشد. این مدل با استفاده از جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات به‌دست آمده از مزارع می‌باشد.

این مدل برای اراضی بالای ۱۰۰۰۰ هکتار مفید نیست و برای آن روش‌های دیگری که در زیر خلاصه شده مناسب است.

در فرانسه به‌منظور کشاورزی در ابعاد کوچک مطالعات متعددی انجام شده و داده‌های مختلفی در دسترس می‌باشد: نظیر آمار عمومی کشاورزی، نیازهای خاص، نقشه‌های خاک، تامین آب، قابلیت اراضی، و کاربری اراضی که از طریق سنجش از دور مورد بررسی قرار گرفته‌است. این داده‌ها با توجه به سطوح مختلف تجمع، (نظیر مزرعه کوچک، مزرعه بزرگ، برنامه آبیاری و منطقه) با سیستم اطلاعات جغرافیایی تلفیق شده‌است.

در این مقاله این روش در جهت تعمیم در چند مزرعه نمونه و شاهد به منظور شبیه‌سازی و تامین کشاورزی منطقه ارائه شده است.

کاربری سنجش از دور در این پروژه قادر است اطلاعات مکانی را با حداقل هزینه تامین و زمان مناسب و محدودیت‌های آن را نشان می‌دهد و استفاده از GIS نیز باید همراه با انتقال دانش و تجربه در مزارع شاهد و نمونه به مناطق بزرگ‌تر باشد. این روش در جلگه‌ای به نام Herautt در جنوب فرانسه تجربه شده است.

منطقه مطالعه و زمینه اقتصادی اجتماعی

منطقه Herault در جنوب فرانسه در حوزه مدیترانه‌ای قرار گرفته‌است. از بخش‌های میانی دو منطقه Herault, orb رودخانه‌هایی می‌گذرد که سطح زیر کشت اراضی کشاورزی در آن حدود ۴۷۰۰۰ هکتار می‌باشد. به طورکلی ۸۰ درصد آن را تاکستان‌ها تشکیل می‌دهد (بیشتر دیم است) و ۲۰ درصد بقیه شامل اراضی است که دارای ابزار و تجهیزات آبیاری می‌باشد.

کشت انگور، کشت غالب منطقه می‌باشد که دارای ارزش اقتصادی بوده و اکثر تولیدات مزارع برای انواع مختلف بهره‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در بین سال‌های ۱۹۸۸-۱۹۷۹، بحران ایجاد شده در مزارع کشت انگور باعث گردید تا ۷۵۰۰ هکتار از این مزارع پاک‌سازی و محصولی دیگر جایگزین شود. با آن که محصول جدید با استفاده از سیستم‌های آبیاری و با توجه به نوع آب و هوا و خاک انتخاب شده‌بودند بعضی از مزارع به صورت آیش رها شده‌اند.

این توسعه محدود و تغییر محصول با توجه به ساختار مزارع و فرم ارتباطی آن با تولید انگور قابل توجیه می‌باشد. هم‌چنین مسایل اقتصادی و اجتماعی که با کشت انگور در ارتباط می‌باشد قابل بررسی است، به علاوه سیستم تجاری منطقه فاقد سازمان مناسب برای بازاریابی محصول جدید است زیرا که تمام سیستم قبلی در جهت تولید فراورده‌های مختلف از انگور بوده است.

اثرات اقتصادی آبیاری در مقیاس طرح

این روش براساس تجزیه و تحلیل‌های به‌دست آمده از سیاست‌گزاری مزارع اجرا شده و روش آن براساس برنامه‌ریزی خطی است. این روش در مقیاس طرح و برنامه قابلیت اجرا دارد. (۲۰۰ مزرعه ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ هکتاری) و مراحل آن به شرح زیر است.

- ❊ شناسایی کامل مزارع.
- ❊ شناسایی و شناخت روش‌های اجرایی کشاورزی.

* شناسایی نوع مدیریت مزرعه و سیاست‌گزاری و اعتبار آن.
* مدل‌سازی با مدیریت و سیاست‌گزاری هر مزرعه.
* هماهنگی، تجمع کلیه مدل‌ها در مقیاس برنامه.
* شبیه‌سازی گزینه‌های توسعه.

مطالعه و شناسایی هر مزرعه شامل کشت سطحی، ابزارآلات، تجهیزات (تراکتور بذرپاش، ماشین آلات، قطعات یدکی)، منابع انسانی (سن کشاورز، کارگران فصلی و دایمی و غیره)، و اطلاعات دیگری از مزرعه (شامل: سطح کشت، خاک و نحوه کشت) می‌باشد. هر مزرعه بر روی نقشه کاداستر مشخص است که بعداً به صورت دیجیتال درمی‌آید و کلیه اطلاعات در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ذخیره می‌شود.

فن کشت و کار در هر مزرعه تجزیه و تحلیل و محاسبه می‌شود. این عمل به منظور تعیین نوع عملیات و نیز روش هایی است که به عنوان منابع در مزارع به کار گرفته می‌شود.

به منظور تعریف و تعیین مدیریت یک مزرعه نمونه، بررسی و شناسایی مزارع دسته‌بندی می‌شود. روش دسته‌بندی شامل موارد اجرایی برای تهیه محصول و ساختار مزرعه می‌باشد. درهر مزرعه نمونه‌ها دارای ویژگی‌هایی است که به وسیله ترکیبی از متغیرها توسط CEMAGREF در جدول ۱ مشخص گردیده‌است.

سیاست و مدیریت هر مزرعه به وسیله یک مدل منفرد نمایش داده می‌شود و دو مزرعه برای تحقیق بیشتر و تشریح تفصیلی به عنوان نمونه انتخاب می‌شوند.

یک برنامه‌ریزی خطی رفتارهای کشاورزان را نشان می‌دهد که خروجی‌های آن شامل کشت محصول و روش انتخاب شده اجباری برای حداکثر درآمد می‌باشد.

وجود فشار و اجبار امکان دسترسی به کشت طبیعی، آبیاری سطح و ظرفیت خاک، منابع انسانی نظیر کارگران، ماشین آلات، بازاریابی و سهمیه تولید را ترسیم و مجسم می‌کند.

یک ضریب فنی ماتریسی چگونگی و کیفیت منابع مورنیاز برای تولید محصول را محاسبه و اندازه‌گیری می‌نماید و روش کشت را معین می‌کند.

متغیرهای اقتصادی (هزینه‌ها، قیمت‌های ورودی و خروجی) اجازه می‌دهد درآمد کشاورزان محاسبه شود. در زمینه اقتصادی اجتماعی حداکثر درآمد کشاورزان به عنوان یک هدف اصلی انتخاب گردیده‌است.

جدول ۱- مشخصات انواع مزار ۴

محصولات تحت کشت	کارگران	ابعاد (هکتار)			
		۱۵<	۱۵-۲۰	۲۰-۳۵	۳۵<
غلات + سبزیجات + بذر	دائمی، >=۲			T_1	T_1
تاکستان + باغ میوه	دائمی، <=۲		T_2	T_2	
تاکستان + یک نوع محصول متغیر	خانواده، <=۳ (دائمی+فصلی) کارگران، >=۲		T_4	T_3 T_4	T_3
تنها تاکستان	دائمی، >=۲ خانواده < ۲	T_{8-9}	T_{8-9}	T_5 T_5 T_6	
تاکستان + سبزیجات + باغ میوه + انگور خوراکی	دائمی، <=۲	T_7			

خطی بودن مدل انفرادی اجازه می‌دهد که تجمع آن ساده و راحت باشد و در مراحل شناسایی کامل مزارع اطلاعات کافی در اختیار می‌گذارد. تراکم برای تمام مزارع در مرحله اول یک شکل نشان داده می‌شود. این تراکم، و تجمع توسط یک ضریب یکسان فنی به صورت ماتریس تشریح و توضیح داده می‌شود. سپس مدل محلی تمام روش‌ها و سیاست‌های دیگر را جمع‌آوری و توسط ضریب فنی ماتریس و زمان محدودیت‌های محلی را روشن می‌کند (روش‌های متداول بین انواع مزارع).

موارد مختلف اقتصادی و آبیاری ممکن است با معرفی منابع مختلف (آبیاری سطحی و محصولات جدید و غیره) و عملیات دیگر کشاورزی برای مدل معرفی شود. هم‌چنین اجازه می‌دهد که آزمایشات مختلف فنی طرح برای ارزیابی و اثرات اقتصادی مدل انجام شود.

در نتیجه : چندین نکته مهم برای انتقال این روش در منطقه در دست بررسی است:

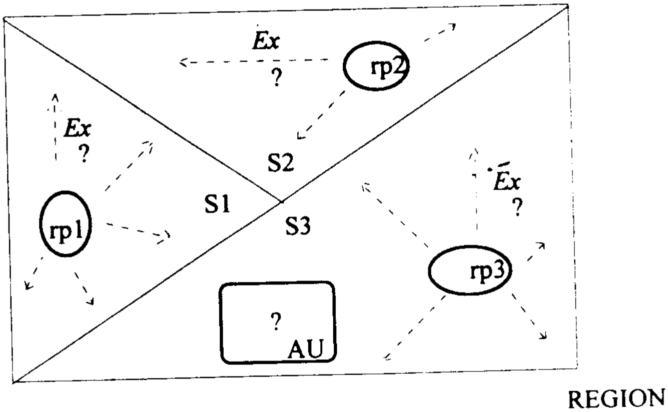
- مدل تراکمی باید نماینده مدیریت‌های گوناگون کشاورزی باشد : هیچ مزرعه نباید دراین مورد فراموش و یا از قلم بیفتد.
- یک مطالعه کامل و تفصیلی به‌منظور تعیین مدل ساختاری باید انجام شود (ضریب فنی

ماتریس، و شناسایی محدودیت‌های منابع)

- شناسایی و تعیین مزرعه نمونه یک نقطه شروع است. دقت مدل بستگی به ارزیابی منابع و محدودیت و موانع آن برای هر مزرعه نمونه دارد. بنابراین متغیرها موقعی می‌توانند محاسبه و درنظر گرفته شوند که توزیع مکانی مزارع کاملاً شناخته شده‌باشد.

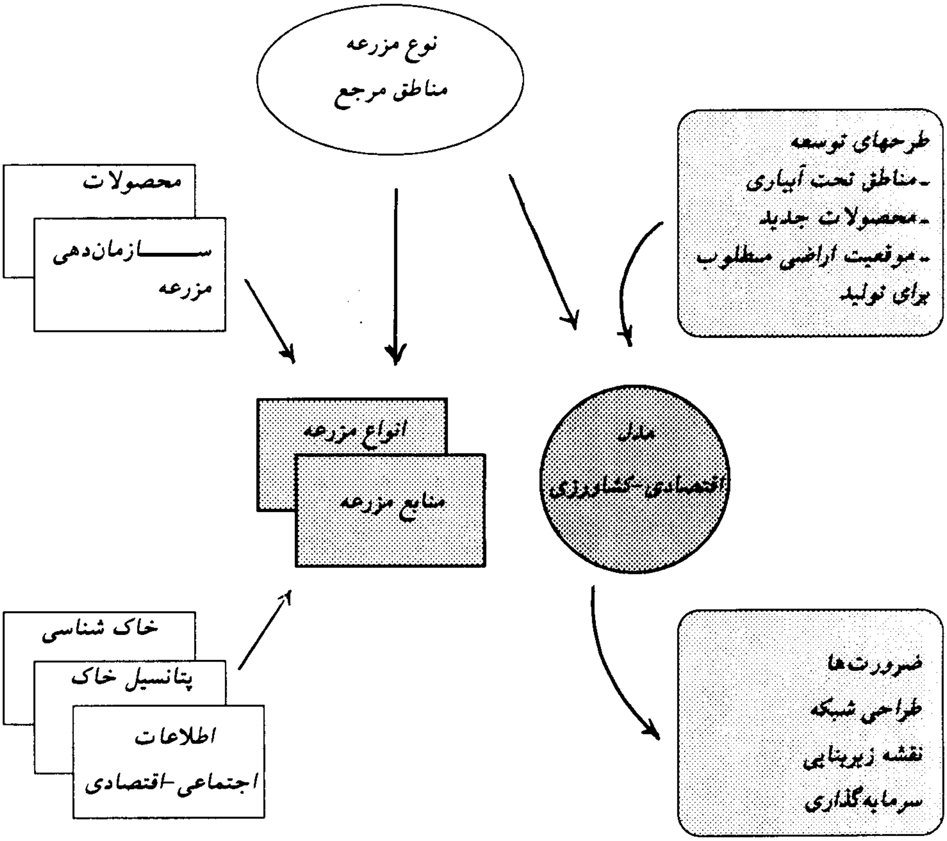
روش تعمیم و گسترش

برای "سطوح کشاورزی" (کمتر از ۱۰۰۰۰ هکتار) سماگراف یک روش براساس تعمیم مدل‌ها پیشنهاد نمو ده‌است.



شکل ۱- قیاس مدل‌های ساده شده (EX) براساس ۳ ناحیه نمونه (rp) در جهت منطقه یا هر واحد محلی (AU) در درون منطقه

اطلاعات جزیی و کاملی را باید در مورد اراضی محدودی که معرف منطقه در رابطه با مدیریت استراتژی هر مزرعه باشد و بتوان ضرایب فنی هر ماتریس خالص را محاسبه کرد جمع‌آوری نمود. از تعمیم این اطلاعات به وسیله تحلیل فضایی مدل منطقه‌ای نتیجه می‌شود.


نوع مزرعه
مناطق مرجع
طرحهای توسعه
- مناطق تحت آبیاری
- محصولات جدید
- موقعیت اراضی مطلوب برای تولید
محصولات
سازماندهی مزرعه
انواع مزرعه
منابع مزرعه
مدل
اقتصادی-کشاورزی
خاک شناسی
پتانسیل خاک
اطلاعات
اجتماعی-اقتصادی
ضرورت‌ها
طراحی شبکه
نقشه زیربنایی
سرمایه‌گذاری

شکل ۲- روش مدل‌سازی منطقه‌ای

انتخاب قطعات نمونه

قطعات نمونه باید نماینده تولید محصولات گوناگون باشند و انتخاب آنها براساس متغیرهای اقتصادی اجتماعی و نیز سطح کلی منطقه باشد.

داده‌های اقتصادی اجتماعی از طریق آمار عمومی کشاورزی تجزیه و آنالیز شده تا نوع (Communes) نواحی شناخته و ساخته شود. (بنابراین واحدها براساس نواحی می‌باشند که باید شناخته و در GIS ذخیره شوند).

اطلاعات جمع‌آوری شده شامل مزارعی می‌باشد که در داخل نواحی قرار گرفته‌باشد (مجموع سطوح، سطوح آبیاری، محصولات، سن کشاورزان، دورنمای موفقیت، سیستم تجارت، تعداد کارگران دائمی و غیره) و از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی ذخیره می‌شود و براساس آن ۵ ناحیه با مشخصات فوق تشخیص داده می‌شود.

این منطقه براساس چشم‌انداز اراضی نیز تقسیم می‌شود. تحلیل چشمی با استفاده از تصویر رنگی xs ماهواره‌ای Spot متعلق به آوریل ۱۹۹۲ مزارع گوناگون و محصولات مختلف را نشان می‌دهد و همین‌طور ساختار مزارع را از نظر شکل و اندازه بررسی می‌نماید.

هفت نوع یا تیپ اراضی چشم‌انداز مشخص می‌شود که به‌کمک نقشه ترکیبی خاک در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ در واحدهای معین شده ترسیم و نقشه می‌شوند.

از این طریق با توافق تکنسین‌های کشاورزی ۵ ناحیه به عنوان منطقه آموزشی انتخاب می‌شوند. این ۵ ناحیه نماینده وضعیت اقتصادی و اجتماعی و نمونه اراضی منطقه می‌باشند.

مدل‌سازی قطعات نمونه

مدل‌های تراکمی (حجمی) و قطعات نمونه و متغیرهای مرتبط با آن از طریق روش فوق به‌دست می‌آید.

گسترش و تعمیم در منطقه

این روش در دره (Herault) در ده ناحیه آزمایش شده و اقدامات آسان آن به‌منظور تعمیم و گسترش در این جا ارائه شده‌است.

تصور می‌شود که متغیرهای اقتصادی و فنی در منطقه به صورت مستقل می‌باشند، از طرف دیگر پراکنش مزارع با مزارع تیپ (نمونه) و وجود منابع در مناطق آزمایشی و دیگر نقاط مختلف است.

همبستگی و تطبیق بین نقشه‌های مزرعه نمونه در مرحله طرح شناخته شده و داده‌های موجود در سطح منطقه مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته‌است. این تطابق به وسیله آمارهای مکانی و تجزیه و تحلیل قوانین با توجه به منطقه بیان شده و از آن به‌منظور ساختن یک مدل جامع در منطقه استفاده شده‌است.

هم چنین تصور شده‌است که بعضی از داده‌های مخصوص در سطح منطقه باید تایید گردد. این عمل یا از طریق سنجش از دور و یا از طریق اطلاعات و داده‌های موجود صورت گرفته‌است. ساختار و اساس سنجش از دور از منابع اطلاعات شامل متغیرهای فیزیکی زیر می‌باشد:

* کاربری اراضی: نقشه محصولات کشاورزی از طریق طبقه‌بندی نظارت شده با دو نوع تصویر.

* ساختار مکانی مزارع، این نقشه‌ها از طریق فرآیند و پردازش تصاویر پانکروماتیک ماهواره اسپات به دست می‌آید.

* سیستم اطلاعات جغرافیایی، امکان ذخیره‌سازی، بازنگری، و تکثیر نقشه‌ها را در موارد زیر فراهم می‌سازد.

- تهیه نقشه ظرفیت خاک‌ها.
- نقشه مناطق آبیاری.
- داده‌های اقتصادی اجتماعی هر ناحیه.

سیستم اطلاعات جغرافیایی قادر است که کلیه اطلاعات و داده‌ها از سطح ناحیه و منطقه را حتی به واحدهای اراضی انتقال دهد و با استفاده از آن می‌توان هر نوع اطلاعات ترکیبی را در منطقه به دست آورد (در نقاط کوچک، در اراضی و نواحی یکپارچه و در منطقه به تنهایی).

اولین مرحله : انتخاب متغیرهای (شاخص‌ها) ترکیبی است که قادر می‌سازد بهترین مزارع نمونه را انتخاب نمود. این عمل توسط محاسبات آماری نقاط نمونه به‌دست می‌آید.

دومین اقدام: برقراری ارتباط بین بهترین شاخص‌ها و توزیع یا پراکنش مزارع نمونه است.

سومین اقدام : بررسی و شناسایی منابع هر گروه از مزارع نمونه است. این داده‌ها از طبقه‌بندی اراضی به‌دست می‌آید.

آخرین اقدام : شبیه‌سازی و مدل‌سازی گزینه‌های مختلف می‌باشد.

انتقال این روش به کشورهای در حال توسعه

این روش هنوز در کشورهای درحال توسعه آزمایش نشده‌است. سماگراف به کمک موسسه مدیریت بین‌المللی آبیاری (Chohin, 1992)در حال فعالیت در پاکستان می‌باشد. یک سری مطالعات خاص نیز در مکزیک درحال انجام است. انتقال این روش کار به سایر نقاط باید با ظرافت خاص صورت گیرد. زیرا:

- اولاً : این روش نیازمند داشتن اطلاعات و فعالیت در سه بخش زیر می‌باشد.

۱- سنجش از دور (یا تفسیر عکس‌های هوایی)
۲- سیستم اطلاعات جغرافیایی
۳- مدل‌سازی اقتصادی

بنابراین مطالعه دقیق از طریق یک تیم مرتبط داخلی قابل اجرا بوده ولی نیاز به تجهیزات خاصی دارد.

هم‌چنین روش مطالعه و نیز نرم‌افزار تلفیقی باید موجود باشد تا نسبت به کنترل داده‌ها و پردازش آنها مطمئن بود این موارد توسط ICID در دستور کار قرار دارد.

- ثانیاً : وجود داده‌های مختلف نظیر، داده‌های اطلاعات جغرافیایی، اقتصادی اجتماعی ضروری است. هم‌چنین وجود داده‌های ماهواره‌ای باید درنظر گرفته شود. به عنوان مثال در مناطق مدیترانه‌ای وجود دائمی ابر یکی از مشکلات تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد که اخذ تصاویر بدون ابر را به زمان‌های خاص محدود می‌سازد بنابراین استفاده از تصاویر رادار نیز باید مورد تجربه و بررسی قرار گیرد.

مسئله دیگر فقدان اطلاعات تفصیلی، تشریحی و اقتصادی و اجتماعی است نظیر آنچه که در فرانسه موجود می‌باشد و در اغلب کشورهای در حال توسعه وجود ندارد. در نتیجه نوع دیگری از شناسایی و مطالعه سریع باید برای این کشورها درنظر گرفته شود. به علاوه

وجود کارشناسان با تجربه نیز از مواردی است که باید مدنظر باشد.

- ثالثاً: مورد دیگر به‌طور خاص مربوط به خود منطقه می‌باشد و بستگی به اندازه و ویژگی‌های جغرافیایی آن دارد. دقت در این مورد و مطابقت آن با واقعیت‌ها بستگی به قدرت تفکیک ماهواره‌ها دارد. در مراکش (HassanII 1990 IAV) (CEMAGREF ORMVGA) استفاده از تصاویر برای تهیه نقشه کاربری اراضی تائید شده‌است.

در پاکستان و مکزیک نیز مطالعات مشابهی در دست اقدام می‌باشد. در مطالعات خاص نظیر شوری (Cases 1993) متغیرهایی مستقیماً از تصاویر قابل اخذ می‌باشد. به هرحال ارتباط بین کاربری اراضی و واحدهای اراضی و همین‌طور سیستم تولید در مناطق می‌باشند که به سادگی به‌دست می‌آید ولی عینیت ندارد.

البته هر چقدر مغایرت در سیستم تولید بیشتر باشد انتظار استخراج اطلاعات بیشتری از پردازش تصاویر وجود دارد بنابراین حتی روابط بین استراتژی‌های کشت و تصاویر به تفصیل باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و آنها را در مناطق نمونه کوچک قبل از اجرا و تعمیم در مناطق وسیع مورد آزمایش قرار داد. به هرحال می‌توان چنین گفت:

این روش برای نقاط کوچک در کشورهای در حال توسعه عملی است که البته مستلزم مقداری کوشش است ولی هنوز در گسترش و تعمیم آن عجله نیست و کارهای بیشتری قبل از اجرای واقعی باید صورت گیرد.

نتیجه گیری

انتظار می‌رود که در مناطق نمونه کوچک کشاورزی از سیستم اطلاعات جغرافیایی با به کارگیری اطلاعات جمع‌آوری شده به‌منظور ایجاد یک مدل رسمی اقتصادی مکانی استفاده شود.

سنجش از دور نیز اطلاعات قابل توجه و جالبی را در مزارع نمونه جنوب فرانسه ایجاد نموده است. و باقیمانده آن باید در کشورهای در حال توسعه آزمایش و بررسی شود. در ترکیب این فنون باید یک روش اقتصادی برای مناطق کوچک کشاورزی ایجاد نمود.

هم‌چنین این روش باید ابزار مناسبی را برای ارگان‌های برنامه‌ریزی کشاورزی تهیه کند تا اولویت‌های اجرایی در پروژه‌های آبیاری را با کاربری اراضی هماهنگ نماید.

منابع و مآخذ:

Casas, S. 1993. *Salinity Assessment Based on Combined Use of Remote Sensing and GIS*. Proceedings of "Use of remote sensing techniques in irrigation and drainage", Invited Experts Workshop, Montpellier, France, 2-4 November 1993. Session 3. CEMAGREF-FAO.

Citeau, J.M., Gleizes, G. and Rieu, T. 1993. *Etude économique préalable à la conception d'un réseau d'irrigation et évaluation de la demande en eau*. 15th International Congress on Irrigation and Drainage. The Hague, The Netherlands, 1993. Transactions/Actes. Vol 1-C. Question 44, R.91, pp. 1151-1166.

CEMAGREF Irrigation Division. 1993. *Etude technico-économique et développement des exploitations agricoles. Secteur de références irrigation de la plaine viticole biterroise*. Rapport d'étape.

Chohin, A. 1992. *Analyse des systèmes agraires dans le projet "Crop-Based Irrigation Operations". North-West Frontier Province. Pakistan*. ENGREF.

Lam, N.S.N. 1989. Spatial interpolation methods: a review. *The American Cartographer* **10**(2): 129-149.

ORMVAG - CEMAGREF - IAV HASSAN II. 1990. *Remote sensing applied to management of large irrigation project*.

برنامه‌ریزی و تعیین ظرفیت آبیاری

هدف از این مقاله شناخت مطالعات مورد نیاز برای ارزیابی ظرفیت آبیاری در یک منطقه مشخص است که بتواند در توسعه آینده آن مفید باشد.

مقیاس مطالعه

در مرحله اول باید مقیاس کار مورد توجه قرار گیرد زیرا اصولاً مطالعات در مقیاس منطقه‌ای یا ملی است، و بیشتر مواقع توسعه و گسترش آبیاری یکی از عوامل اصلی مطالعه مخصوصاً در مناطق بیابانی و خشک می‌باشد. بنابراین عوامل مورد استفاده باید با مقیاس کار مطابقت داشته‌باشد.

زمانی که خط مشی توسعه منابع آب و طرح‌های آبیاری به علل مختلف (نظیر خودکفایی، اسکان عشایر، و ایجاد تغییرات اقتصادی در مسایل مختلف) مشخص گردید، دولت ممکن است از خدمات فنی خود و یا از بخش خصوصی درخواست نماید تا به عنوان دولت پروژه‌هایی را اجرا نمایند.

در این رابطه اطلاعات زیادی که بیشتر آنها اطلاعات جغرافیایی هستند باید با دقت کافی و مطابق با محل جمع‌آوری شوند. این اطلاعات باید برای کار و اهداف موردنظر مناسب بوده و جمع‌آوری آن نیز به سادگی صورت گیرد.

اطلاعات جغرافیایی

اطلاعات اساسی و پایه‌ای که معمولاً برای توسعه و بهبود یک برنامه آبیاری موردنیاز است به شرح زیر می‌باشد.

عوامل فیزیوگرافی

- خاک شناسی (زمین‌شناسی و خاک شناسی به منظور ساخت سد و سایر سازه‌های موردنیاز).
- شناسایی و بررسی پستی و بلندی (توپوگرافی زمین).
- بررسی و شناخت ژئومرفولوژی حوزه رودخانه.
- شناسایی کاربری اراضی.
- بررسی سیستم کشت.
- پوشش طبیعی منطقه.
- فعالیت‌های انسانی و مسکن.

مطالعات شبکه راه‌ها:

- نقشه شبکه راه‌ها
- نقشه شبکه نیرو و انرژی

تشریح عملیات و توانایی‌ها برای منابع آب :

- آب‌های سطحی و هیدرولوژی
- وجود آب‌های زیرزمینی و امکانات

برای ارزیابی ظرفیت و امکانات آبیاری :

- قابلیت اراضی و خاک، مناسب بودن خاک
- انتخاب سیستم آبیاری و سیستم کشت
- توازن و تعادل آب
- ارزیابی و شناسایی موارد دیگر و انتخاب و اولویت در منطقه

جمع‌آوری داده‌ها

در بیشتر اوقات موارد اشاره شده فوق با هزینه‌ای کم به‌راحتی قابل دسترسی خواهد بود در این مورد فن سنجش از دور در شناسایی مستقیم عوامل فیزیکی بسیار کمک می‌نماید زیرا برای شناسایی مناطق همگن و یک‌دست نظیر خاک شناسی کلی به خوبی قابل استفاده می‌باشد و برای برنامه‌ریزی و توسعه در آینده قابل استفاده خواهد بود.

کمپانی BRL برای پیش مطالعه یک طرح آبیاری با وجود محدودیت از نظر تفسیر شکل و شناسایی محصولات‌از عکس‌های هوایی استفاده نموده و با استفاده از سیستم رقومی، جمع‌آوری اطلاعات از طریق عکس‌های هوایی کامل گردید.

پردازش هم‌زمان عکس‌های هوایی و عملیات زمینی هنگامی که سطح وسیعی برای پروژه باید مطالعه شود، محدودیت‌های اساسی را ایجاد می‌نماید. (به عنوان مثال مطالعه تعیین فرسایش در یک حوزه بزرگ) در این هنگام استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دارای ارجحیت می‌باشد.

مخصوصاً در مواقعی که پرواز کردن روی یک منطقه مستلزم اخذ مجوز باشد و یا منطقه موردنظر فاقد عکس‌های هوایی باشد.

البته استفاده از فن سنجش از دور باید همراه با عملیات زمینی باشد و ارائه نتایج معمولاً به صورت نقشه خواهد بود.

نزدیکی اطلاعات جغرافیایی و اطلاعات آبیاری برای مطالعه کننده ایده‌ها و اطلاعات کلی از برنامه و از اطراف آن فراهم می‌آورد. نقشه نمونه این اطلاعات معمولاً با استفاده از مرزهای سیاسی کشور صورت می‌گیرد. در این حالت مطالعات و تحقیقات جمع‌آوری شده باید تکمیل شود. به‌منظور دریافت اطلاعات خروجی سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS یک سیستم مناسب را پیشنهاد می‌کند.

به هرحال دراین مرحله باید جمع‌آوری اطلاعات و آمار مدنظر قرار گیرد که مهمترین و هزینه‌سازترین قسمت سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد و زمانی که این مرحله به انجام رسید مطالعه‌کننده قادر خواهد بود اطلاعات مختلف و متغیرهای متفاوت را با

یکدیگر مقایسه و نسبت به انتخاب آن تعداد موردنظر اقدام نماید.

سازگاری و یکسان‌سازی داده‌ها

بیشتر مواقع داده‌ها و اطلاعات به صورت یکسان و با یک مقیاس وجود ندارد. مخصوصاً مواقعی که پروژه‌های منطقه‌ای درنظر می‌باشد (در بعضی مواقع مطالعات نیمه تفصیلی و حتی مواقعی که اطلاعات تفصیلی وجود دارد). بنابراین کنترل و نظارت بر داده‌ها ضرورت دارد و برای اطمینان و دقت بیشتر در عملیات مخصوصاً در پروژه‌های آبیاری لازم است کلیه داده‌ها هم مقیاس و یکسان شوند تا درجه دقت آنها نیز یکسان گردد.

در کشورهای در حال توسعه نیز این موارد به چشم می‌خورد، چون معمولاً با استانداردهای متفاوت داده‌ها و از منابع مختلف جمع‌آوری می‌شوند که یکسان‌سازی آنها باید قبل از جمع‌آوری اطلاعات صورت گیرد.

این اطلاعات به صورت سنتی جمع‌آوری می‌شود، تبدیل آن به فایل‌های کامپیوتری دارای اشکالاتی می‌باشد.

نحوه استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در شناسایی ظرفیت سیستم‌های آبیاری

برای مطالعه شناسایی با سیستم اطلاعات جغرافیایی نیازها قبلاً لیست شده‌است پیشنهاد می‌شود که از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شود ولی چگونه مفید خواهد بود، جای سؤال می‌باشد!

در سال ۱۹۹۵ کمپانی BRL بنابه درخواست دولت یک پروژه آبیاری را در منطقه Longuedoc-Roussillon شروع کرد که سطحی معادل ۱۴۰۰۰۰ هکتار را پوشش می‌داد این پروژه به‌منظور طراحی و ساخت شبکه آبیاری در منطقه فوق طراحی گردید.

مطالعات خاک‌شناسی و تهیه نقشه خاک به طور کامل تهیه شد. از سال ۱۹۸۵ نسبت به

تهیه نرم‌افزاری بنام INCA برای سیستم کامپیوتری میکرو برای تکمیل کلیه اطلاعات خاک‌شناسی اقدام و کل اطلاعات شبکه آبیاری در این سیستم گنجانده شده است. توسعه نرم‌افزار INCA بسیاری از مسایل مربوط به استفاده از نقشه‌ها را شامل می‌گردد. امروزه اطلاعات پایه برای کل منطقه Languedoc Roussillon شامل رقومی شده نقشه‌های جغرافیایی با اشل ۱/۲۵۰۰۰ در دسترس می‌باشد.

مواردی که امروزه اطلاعات پایه بهنگام شده را شامل می‌شوند عبارتند از :

- مرزهای اجرایی
- شبکه جاده‌ای
- شبکه راه‌آهن
- رودخانه‌ها و محدوده حوزه آنها
- آبگیرهای مناطق روستایی و شهرها
- تاکستان‌های نمونه
- کانال‌ها و زیربنای سازه‌های هیدرولیکی
- آب‌های زیرزمینی (بخشی از آن)
- پوشش جنگلی (بخشی از آن)
- طرح‌های آبیاری
- ارزیابی تولیدات کشاورزی
- کاربری اراضی

به منظور امکان‌پذیر ساختن استفاده از اطلاعات جدید (مانند داده‌های ماهواره‌ای) و پیشرفت تکنولوژی، BRL اینک سیستم نرم‌افزاری جدید APIC را در ایستگاه کاری معرفی نموده و در این راستا این امکان فراهم شده‌است که بخش عظیمی از داده‌های رقمی هم‌اکنون توسط شرکت به صورت اطلاعات طبقه‌بندی شده در آمده‌است.

با وجود این، پاره‌ای از محدودیت‌های اجرایی GIS عبارتست از :

- هزینه اطلاعات رقومی

به خاطر هزینه بالای این‌گونه اطلاعات نیاز به همیاری بخش دولتی در تامین هزینه‌ها به صورتی که اطلاعات با هزینه کمتری در دسترس مصرف کنندگان واقعی قرار گیرد.

- امکان استفاده مکرر

برای مثال : برای مدیریت یا بهره‌برداری - نگهداری به منظور برگشت سرمایه

- فن استفاده از روش سنجش از دور برای محیط زیست

این سئوال مطرح است که آیا استفاده از GIS برای کشورهای در حال توسعه با درنظر گرفتن کلیه مسایل از جمله نگهداری وسایل و تجهیزات، آموزش، کیفیت و حمایت از اطلاعات و غیره مناسب می‌باشد؟

این سؤال همچنان باقی می‌ماند که آیا GIS برای شناخت جامع آبیاری مناسبت دارد؟ شاید به توان بدان جواب مثبت داده ولی پیشنهاد اجرای چنین سیستمی داده نمی‌شود، مگر اینکه پس از شناخت عملیات اجرایی و مدیریت کامل شبکه آبیاری لحاظ گردد. در غیر این صورت بازگشت سرمایه توجیه‌کننده سرمایه‌گذاری نخواهد بود.

بخش دوم

مدیریت سیستم‌های آبیاری

* * *

کاربرد سنجش از دور برای مدیریت آبیاری در آسیا

سابقه

درجه‌بندی و سلسله مراتب کیفی اطلاعات مختلف در شبکه‌های آبیاری و کانال‌ها از موارد مهمی است که در مدیریت حوزه‌های منابع آب موثر می‌باشد.

میزان تصمیم‌گیری مدیریت سیستم برای کانال‌های اصلی و برنامه توزیع آب در سطح مزرعه و نیز انتخاب متغیرهای مختلف و مناسب در اجرا بسیار مهم می‌باشد.

در سطح بخش با توجه به زمان مناسب در تصمیم‌گیری اساس و شالوده هدایت و سرپرستی، کسب درآمد، تخمین تولید ناخالص، احیاء یا بهبود شبکه ارتباطات و تضمین یارانه می‌باشد.

به هر حال از دیدگاه مدیران سیستم‌های آبیاری، اختلافات اجرایی در سیستم ناشی از داده‌های اولیه نظیر تراکم درکشت از نظر کیفی و کمی، سفره آبی و توسعه شوری ثانویه است که باعث تخریب شدید شده و مرتبط با منافع سیستم خواهد بود.

برای نظام‌هایی که توسعه درکشت را به تراکم درکشت ترجیح می‌دهند(در سیستم‌های بسته و سیستم مرتبط) ایجاد تعادل در نسبت عرضه و تقاضا به تدریج مشکل می‌شود.

استفاده از روش اجرایی مدیریت آبیاری مدل‌های آبی و آب‌شناسی در حال افزایش می‌باشند (Belmans et al., 1983. Feddes et al., 1978) و روش‌هایی نیز موجود است که در مورد تصمیم‌گیری یک قدم فراتر از روش‌های مناسب گذاشته‌اند. در این ارتباط روش‌های نظارتی به منظور تایید مدل نهایی استفاده می‌شود

(Nieuwenhuis, 1985) . نظارت مستقیم از طریق تصاویر رادار و ماهواره براساس سنجش از دور به‌طور فزاینده‌ای افزایش یافته و بیشتر برای مدیریت منابع طبیعی است و از طرفی باعث تسهیل و بهبود نتایج می‌گردد. استفاده از تصاویر ماهواره چند باندی در بخش طیف‌های مرئی و مادون قرمز و حرارتی با تغییرات استفاده از آن شامل: کاربری اراضی و پوشش گیاهی اراضی که مستقیماً با مدل شبیه‌سازی شده هیدرولوژیکی در ارتباط می‌باشند، همگام است. با تصویرهای حرارتی بررسی خسارت‌های ناشی از خشک‌سالی و آفات محصول و نیز تهیه نقشه تبخیر و تهیه مدل شبیه‌سازی شده هیدرولوژیکی امکان‌پذیر می‌باشد. علاوه بر آن با علم به نیازهای آبی محصول و نوع کشت براساس مکان تصاویر می‌توان توسعه آبیاری را برای نظام‌های مختلف کشت و نیز حجم آب موردنیاز را تخمین زد. ارائه علمی این مسایل شاید بیشتر جنبه کاربردی سنجش از دور در زمینه آبیاری و مدیریت داشته باشد. این داده‌ها مخصوصاً در جاهایی که اطلاعات و گزارشات کشاورزی برای تعیین موقعیت آب مشکل باشد پایه و اساس ارزیابی طرح‌های آبیاری است.

دیدگاه‌های آسیایی

به‌طورکلی کاربرد سنجش از دور برای مدیریت آبیاری و زهکشی مخصوصاً در جنوب آسیا تاکید بر تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و نشان دادن محصولات دارد، و حتی با تحقیقاتی که در سایر کشورها صورت گرفته است کاربرد و استفاده از این فن و نتایج آن برای سطوح بزرگ مدیریت آبیاری تعیین شده است. با اینکه در کشورهای فقیر در جنوب آسیا در جایی که بیش از ۵۰ هزار هکتار سالیانه اراضی زیرکشت آبیاری را مدیریت می‌کند، تأکید بیشتر به اثرات اقتصادی این روش است تا پردازش و کاربرد سنجش از دور در مدیریت آبیاری زهکشی، در واقع تصاویر بسیار گران تمام خواهد شد چه برای واحدهای مشروح (با جزییات) و چه برای واحد در سیستم یکسره (کلی) با کانال‌های بزرگ که دارای ویژگی‌های خاص می‌باشند. علاوه بر آن منابع نرم‌افزاری و سخت افزاری برای ادامه کار محدود می‌باشد لذا شواهد کمی وجود دارد که مؤسسات تحقیقاتی در

زمینه استفاده از این فن نتایجی را ارائه داده باشند.

این موارد شامل ملاحظاتی در زمینه بهبود نیازها و بهبود جامع به منظور بهره‌برداری کمتر از سیستم‌های بزرگ آبیاری در منطقه می‌باشد بدین معنی که باید بر مسایل موجود غلبه یافته و کمبودهای واقعی هیدرولوژیکی را بهبود بخشند و آمار و اطلاعات کشاورزی برای ارائه و آنالیز و ارزیابی بیشتر را مورد توجه قرار دهند.

برآورد هزینه‌ها در زمان جمع‌آوری اطلاعات و منابع و پردازش با کیفیت اطلاعات موردنیاز در سطح بهره‌برداری که مورد توجه کاربران در سنجش از دور می‌باشد، مرتبط است. به عنوان مثال، اگر تجزیه و تحلیل آنالوگ (چشمی) تصاویر ماهواره در سیستم‌های آبیاری صورت گیرد، ارزانتر تمام خواهد شد تا اینکه نیروی انسانی مازاد به جمع‌آوری اطلاعات مشغول باشند.

اگر چنانچه هدف، ارزیابی مجدد محصولات آبی باشد، هزینه پردازش رقومی تصاویر برای تهیه مجموعه گیاهی موجود کمتر از آنچه که در حال حاضر به کار برده می‌شود خواهد بود.

از طرف دیگر چنانچه هدف گسترش، بهینه‌سازی شبکه زهکش‌ها باشد تشکیل مدل ارتفاعی رقومی DEM[1] ارزانتر تمام خواهد شد تا عملیات تهیه نقشه‌های توپوگرافی، البته نه در تمام موارد، زیرا هنوز هزینه کارگر نسبتاً پایین است.

بهبود سیستم مدیریت آبیاری : تحقیقات و اجرا

در سطح وسیع، بهبود مدیریت سیستم‌های آبیاری منوط به یکی از اهداف یا هر دو هدف زیر می‌باشد.

- تناسب (قابل تعادل، متناسب، براساس نیاز) در تامین و توزیع آب سطحی (جاری) و زیرزمینی.
- پایداری ظرفیت تولید آب برای کاربری اراضی (نظیر کاهش یا اجتناب از آبیاری مازاد

---

[1] - Digital Elevation Model

بر نیاز به منظور جلوگیری از تخریب اراضی).

اهداف اجرایی مستلزم ایجاد عملیات در سطوح مختلف به منظور پشتیبانی از اهداف می‌باشد. به منظور دانستن اینکه آیا امکان دسترسی به اهداف خواهد بود یا نه، مدیران نیاز به شاخص‌های مناسبی دارند. به منظور نظارت دوره‌ای و ارزیابی اقدامات انجام شده باید اطلاعات و داده‌هایی برای نمایش این شاخص جمع‌آوری نمایند.

چنانچه ارزیابی‌ها نسبتاً تلفیق شده باشد می‌تواند در مقیاس‌های مختلف مکانی مورد ملاحظه و در ارتباط با اهداف باشد. مدیر می‌تواند تغییراتی را متناسب با عملیات اجرایی سیستم اعمال نماید تا به اهداف خود برسد.

درکشورهای در حال توسعه آسیایی نظیر پاکستان، در دو دهه گذشته عدم تحقیقات و تعهد موسسات اجرایی در اجرای اهداف موردنظر اثرات مخربی به بخش منابع عمومی در جهت بهبود سیستم آبیاری وارد نموده است. در نتیجه قابلیت تولید به طور نسبی کاهش یافته و یا متوقف شده است. ادامه این روند در درازمدت سبب تخریب زمین خواهد شد. شواهدی در دست می‌باشد که در پاکستان میزان آب موجود در هر هکتار برای اراضی، تعادل خود را از دست داده یا در حال کاهش است (Byerlee and Husain 1992) این مسئله در سایر مناطق مخصوصاً در مناطق نیمه‌خشک آسیا، حتی در مناطق مرطوب‌تر آسیا نیز رسوخ پیدا کرده است.

رقابت در دریافت آب برای کشت آبی در ارتباط با افزایش جمعیت هم چنان ادامه دارد. این گرایش سئوالاتی جدی را درباره توانایی سیستم موجود آبیاری مطرح می‌کند از جمله اینکه آیا این سیستم قادر است وضع موجود تولید را حفظ نماید!

بنابراین مدیران سیستم‌ها و ارگان‌های اجرایی باید در مدیریت خود مؤثرتر باشند و این را به عنوان سومین هدف به اهداف قبلی اضافه نمایند.

- فراهم کردن تسهیلات و امکانات با استفاده بهینه از آب برای آبیاری، به منظور دسترسی به این اهداف، پشتیبانی بیشتر و بهتر از طرف موسسات تحقیقاتی در مورد کشت آبی و توجه به حل مسایل آن موردنیاز است.

در جنوب آسیا درکشورهای زیر قاره‌ای آن هنوز شاخه‌های گسترده حوضه‌های رودخانه گنگ برهماپوترا (Ganges - Brahmaputra) و هند (Indus) و هم‌چنین

رودخانه‌های کوچک‌تر در مقیاس معیشتی جریان دارند.

یک شکل بودن و هم‌جنس بودن آنها قابل تشخیص می‌باشد. تحقیقاتی باید در مورد حل مسایل آشکار اقتصادی میلیون‌ها کشاورز و خانواده‌شان در زمینه تولید بهتر کشاورزی و آبیاری پایدار اراضی و کاربرد آب و نیز کاهش تخریب زمین صورت گیرد. در این مقاله سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور کاربرد این سیستم بدون محدودیت و پشتیبان تحقیقات در مدیریت آبیاری خواهد بود.

نظارت بر تخریب اراضی

کشت آبی و شناسایی آن به وسیله داده‌های سنجش از دور ماهواره‌های مختلف می‌باشد که برای اراضی سنتی به وسیله دانش غربی تامین می‌شود. بخش‌هایی از مطالب چاپ شده تاکید بر شناسایی کاربری اراضی دارد و در مشخص نمودن سطح توسعه (Manchanda and Iyer, 1983, Toetia et.al, 1980; Makin, 1986) در پنجاب پاکستان از تصاویر xs و پانکروماتیک Spot برای شناسایی و تهیه نقشه اراضی ماندابی و شور استفاده شده است.

این تصاویر به‌صورت چشمی تفسیر شده و در منطقه دره قازی خان عمل شده است. این مطالعه کاربری تصاویر و تفسیر چشمی را برای کسانی که دارای سوابق و دانش قبلی از منطقه باشند تأیید می‌کند.

مطالعه انجام شده به‌صورت رقومی و تصویری در یک منطقه بزرگ که به‌صورت پروژه آزمایشی انجام شده قادر بوده‌است تا اراضی شور و نیمه شور را با دقت قابل قبول شناسایی کند.(Forooq & Nur, ud Din 1980 WAPAD, 1984) در این تحقیقات تصاویر مختلف خریداری شده تا تشکیل نمک در فصول مختلف و همچنین اثرات آن را روی پوشش گیاهی مناطق بررسی نمایند. ماه مناسب برای تشخیص این شوری ماه‌های ژانویه و ژوئن می‌باشد. مطالعات دیگری توسط تفسیر چشمی در پنجاب پاکستان انجام گرفته که با استفاده از باندهای تصاویر MSS تخریب اراضی نشان داده است (Karale et. al., 1978) این مطالعات نشان داده است که استفاده از این روش در سطح

مطالعات شناسایی حدود ۱۰ برابر مناسب‌تر از روش‌های قبلی است. همین‌طور تصاویر سیاه و سفید لندست گفته شده در اوقات مختلف (باندهای ۲ و ۴) و باندهای رنگی کاذب (۱ و ۲ و ۳) نشان از اسیدی شدن خاک، شور شدن و ماندابی شدن و حتی سیلابی شدن اراضی دارد (Sehgal & Sharma, 1988). تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات انجام شده حاکی از نشان دادن فرسایش بادی، فرسایش آبی و همین‌طور مناطق ماندابی است. دقت بیشتر در مطالعات در منطقه هاریانا (Haryana) اسیدی شدن خاک‌ها را در روی نقشه‌های یک میلیونیم قابل تشخیص کرد. این عمل با چهار برابر بزرگی تصاویر و در چند باند تهیه گردیده است. اسیدی شدن خاک‌ها در تصاویر ماهواره‌ای لندست ۴ به‌خوبی قابل نشان دادن است، زیرا خاک‌های نرمال که روی آن کشاورزی انجام شده قابل مقایسه و تشخیص است.

(Sharma & Bhargava 1988) به علاوه تصاویر رنگی کاذب و باند ۲ حتی بهتر از باند مادون قرمز تضاد خوبی را نشان می‌دهد. ممکن است بهترین زمان تهیه تصویر در ماه نوامبر باشد که پوشش گیاهی در حداقل می‌باشد.

کاربری نظارت بر محصولات

هدف از نظارت بر محصول از طریق سنجش از دور در شرایط آبیاری محصولات با تشخیص رشد طبیعی گیاه در مناطق وسیع فرق دارد و بیشتر برای دریافت اطلاعات در زمینه‌هایی که با کمبود اطلاعات نظیر خاک، آب، هواشناسی موجود می‌باشد، به کار می‌رود.

اطلاعات در سطح مناطق کشت شده زمانی مناسب خواهد بود که مدیریت سیستم مطابق با نتایج تصاویر طبقه‌بندی شده‌باشد و حداقل جانشین یا چاره‌ای باشد برای مناطق بزرگتر (Wolters & Bos 1990) در این مورد استفاده از موارد زیر ضروری به‌نظر می‌رسد.

- موجود بودن تصویر در فصول مختلف
- اطلاعات و دانش کافی در مورد علت کاهش پوشش تاج

- انعطاف سیستم برای تطبیق آن با مشاهدات و بهبود وضعیت کشت

در هندوستان سنجش از دور برای آمارگیری (دریافت اطلاعات) از نوع محصول یا قیمت‌های آبیاری است و همچنین شناسایی حوادث و بحران‌های محصولات در جاهایی که کشت محصولات غذایی مجاز نیست از طریق این سیستم هزینه‌های آبیاری، توسعه و کشت محصول قابل تشخیص و محاسبه می‌باشد.

به هر حال تهیه نقشه‌های مفصل و جزیی از اراضی کوچک و پراکنده کار مشکلی خواهد بود. مقدار زمین‌های آیش برای اینکار بسیار مفید خواهد بود. ولی پراکنش آنها و تعداد موردنیاز برای اطلاعات بسیار محدود می‌باشد و این شاخص برای نظارت بر مشکلات محدود است، این شاخص‌ها شامل تغییر در عملیات سیستم، تفسیر در شکل و فرم کشت محصول و احتمالاً تفسیر در نوع ساخت و سازها باید باشد.

با تفسیر مستقیم از روی شکل کشت می‌توان به نیاز حجم آبیاری پی‌برد، نقش داده‌های سنجش از دور از نظر مکانی هماهنگ با نقش کشت‌ها می‌باشد که می‌تواند عامل شناسایی از درجه ET باشد که در مرحله دوم شناسایی است.

به همین منظور تهیه نقشه باید با دقت در تفسیر انجام شده و پردازش تصاویر متناسب با سطح منطقه باشد. در آسیا استفاده از تصاویر در زمانی مشکل خواهد شد که ترکیبی از مزارع کوچک باشد، عدم همگنی کشت در مزارع، رشد متفاوت گیاهان، شکل و پوشش محصولات، میزان آب مورد نیاز و سایر موارد می‌تواند کمک خوبی برای تعیین دوره‌های آبیاری محصولات باشد.

در این مورد تصاویر ماهواره‌ای به مدیریت کمک می‌نمایند تا در سطح منطقه فضای خالی و عدم ارتباط فصول را تعیین نماید. بازنگری ۱۶ تا ۱۸ روزه بین گذرهای ماهواره‌ای و عدم اطمینان در پوشش ابری و نظاره کامل، بخشی از مدیریت روزانه سیستم‌های آبیاری است.

روش بررسی فضایی و مطالعات و آمارگیری از محصولات، بیشتر برای مطالعات شناسایی در حد بلندمدت و میان مدت به کار می‌رود. به هر حال زمانی که امکانات دیگری به غیر از داده‌های سنجش از دور وجود دارد، استفاده از این روش کاهش می‌یابد مانند برنامه‌ریزی آبیاری در تایلند که از گزارشات هفتگی توسط نیروهای صحرایی برای

تأمین آب و آبیاری استفاده می‌شود (Wolters & Bos 1990).

تفسیر گرافیکی

باندهای مختلف ماهواره‌ها به‌صورت گرافیکی در بعضی مواقع بیشتر قابل درک بوده و کارآیی مناسب‌تری به جای تصاویر رقومی و محاسبات ترکیبی دارند. این مدل‌ها به‌صورت انفرادی در ارتباط با سنسورها و آنچه سنجیده شده درنظر گرفته می‌شود. و مخصوصاً در همجنس و یک شکل بودن تاکید می‌شود. بعضی از مزایای این مدل (رقومی گرافیکی) شامل، شبیه‌سازی (همانند بودن) قابل شمارش بودن، مغایرت‌ها و تعاریف پارامترهای فضایی، به‌صورت ساده اصول جداسازی باندهای ماهواره‌ای ارزش‌هایی برای استفاده از مجموع پارامترها و حذف چیزهای غیرلازم است. در پروژه گال اویا (Gal Oya) در بنگلادش ۶۲ کلاس از روی تصاویر ماهواره MSS تشخیص داده شد (به طریق غیر نظارتی) و با استفاده از باند ۲-۴ به ۵ کلاس تقسیم گردید. براساس رسم پراکنش در دو بند از تصویر ماهواره‌ای این پراکندگی‌ها از نتیجه اختلاف بین گیاهان، حجم و پوشش تاج و عمق آبیاری در مزرعه صورت گرفته (Jayasekera & Walker, 1990). از آنجا که شرایط این گیاهان و طبقه‌بندی آنها زمان کشت را تعیین می‌کند. بنابراین دانش کافی از سطوح مزرعه می‌تواند در شناسایی پوشش گیاهی موثر باشد.

در سطح بالاتری از تفسیر، تهیه پروفیل از دو باند ماهواره اسپات، HRV و Landsat TM می‌تواند برای یکنواختی اراضی آبی استفاده شود (Rehman & Shaikh, 1992). این مدل برای ۳۵۰۰ کیلومترمربع از اراضی آبی شمال غربی مرز صحرای کولیستان (Cholistan Desert) پاکستان استفاده شده، تفسیر و شناسایی انجام شده پوشش گیاهی و ارتباط متغیرها، شن‌های روان و اراضی آیش را مورد بررسی قرار داده است. از تقسیم درصد هم‌پوشانی هر متغیر در محدوده باند گیاهی به انحراف معیار مطلق، ضریب همبستگی شیب دامنه به دست می‌آید که به همین درجه استعداد آن به تغییرات و یا شاخص تغییرات می‌باشد. به طورکلی شیب کمتر از یک

نشانگر تجمع پایدار پوشش محصولات زراعی در اراضی آیش و زمین‌های سیلتی بوده در حالی که شیب بیشتر از یک نشان دهنده اثرات آبیاری جدید، فعالیت‌های زراعی و شهری می‌باشد. در ارتباط با پوشش گیاهی ضریب رگرسیون علاوه بر تشریح تغییرات دامنه ناشی از یک متغیر، باندهای بهینه جهت مطالعات پوشش گیاهی را نیز آشکار می‌کند.

برای تفسیرهای تک باندی در قسمت مرئی، انتخاب باند(NIR) مادون قرمز برای پوشش گیاهان طبیعی مناسب‌تر است. زیرا پدیده‌ها در پروفیل بازتاب باند آبی و سبز قسمت مرئی زیاد قوی نیست و به‌طور کلی در ماهواره لندست TM باند (NIR) مادون قرمز برای شناسایی اراضی کشاورزی با سطوح ملایم مناسب است و برای اراضی بزرگتر و کشاورزی متراکم باندهای ۲ و ۳ مناسب‌تر خواهند بود.

مدل‌سازی گرافیکی داده‌های ماهواره‌ای ابزار مفیدی در تکمیل طبقه‌بندی‌های کاربری اراضی می‌باشد که دربرگیرنده جزییات مربوط به ارزیابی اراضی است. بخصوص مدل‌سازی گرافیکی، هم‌شکلی انواع کاربری اراضی را در زمین‌های تحت آبیاری در مقیاس‌های بزرگ نظیر ۱:۲۰۰۰۰ (اسپات تک‌باندی و چندباندی) نشان می‌دهد. سپس با اطلاعات ناشی از تغییرات مؤثر بر یکسانی کاربردی اراضی (مثال آبگیرهای سطحی، شوره‌زار)، طبقه‌بندی اولیه اراضی جهت درجه‌بندی اراضی از نقطه‌نظر استعداد آبیاری بالفعل می‌تواند جزییات انواع واحدهای اراضی (الگوهای کاربری اراضی) را در قلمرو آبیاری مشخص نماید.

در مقایسه قدرت تفکیک‌های پایین‌تر، تفسیر در پوشش گیاهی در مناطق گسترده تحت آبیاری از طریق ماهواره NOAA, AVHRR به خوبی قابل دسترسی است. که به وسیله نظارت بر سبزینگی محصولات گیاهی انجام می‌گیرد. یک ارتباط بین خاک، آب، کلروفیل، تولید بیوماس، پوشش تاج و شاخص پوشش گیاهی موجود می‌باشد. بنابراین تخمین دوره رشد گیاه امکان‌پذیر می‌باشد (Dirgahayu, 1992)، نشان داده است که با دانستن اثرات بارندگی و آب در خاک، میزان رطوبت (MI) را می‌توان به شاخص پوشش گیاهی که در ارتباط با طول دوره رشد است مرتبط نمود.

ملاحظات اجرایی آینده

به‌طور خلاصه همان طوری که گفته شد سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای در مدیریت آبیاری آسیا کاربردهای مختلفی داشته است. همچنین نکات مهمی از کاربرد این فن روشن شده است که به منظور استفاده‌های محلی توسط ارگان‌های آبیاری تفسیر و تعبیر گشته‌است. با برقراری ایستگاه‌های گیرنده ماهواره امروز دیگر کمبود اطلاعات مانند دهه‌های گذشته وجود ندارد.

به هر حال مجموعه‌ای پویا از کاربری اراضی در قسمت‌هایی که تأمین آب کشاورزی توسط دولت کنترل می‌شود و مسئله مدیریت پایدار اراضی آبی از جمله عملیاتی است که احتمالاً استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تفسیر آنها برای آینده قابل پیش‌بینی می‌باشد.

بیشتر کارهای گذشته منحصر به تفسیر و تهیه نقشه کاربری اراضی است که مشخص کننده گسترش فضایی قابل فهم است که به هر حال سیستم‌های بزرگ آبیاری که چه از نظر آبیاری و چه از نظر تخریب اراضی تغییراتی در آنها ایجاد می‌شود مورد بررسی قرار گیرند.

به هر حال با نقصان تامین آب و مشکلات قابل ملاحظه در توزیع که باعث افزایش محدودیت‌های مدیریت آبیاری می‌گردد، طبقه‌بندی اراضی از طریق سنجش از دور بخشی از اقدامات برای کمک به مسئولین خواهد بود. هزینه‌های ارائه شده برای سنسورها و نیز پردازش رقومی تصاویر و گستردگی چند منظوره بودن لایه‌ها و نیز تکرار آنها این امکان راایجاد می‌نماید که از فصلی به فصل دیگر استفاده شود با تصور اینکه بین مسئولین سیستم‌های آبیاری توافقی وجود داشته باشد تا از تصاویر با داده‌های سنجش از دور قابل تفسیر در یک موضوع خاص استفاده شود. اقدام بعدی ایجاد یک ارتباط پایدار و یک متدولوژی است که مستقیماً نظارت بر سیستم آبیاری را امکانپذیر سازد و قابل اندازه‌گیری باشد. تحقیقلت گذشته مقدار زیادی اطلاعات در سه سطح نشان داده است. که به سادگی می‌تواند جمع‌آوری و از طریق پردازش تصاویر مثل داده‌های اسپات و لندست TM نظیر تراکم کشت، اختلاف بین تولید ناخالص و محصول، رطوبت خاک، ضریب ثابت محصولات دارای یک نوع پوشش تاجی، تخمین ET برای خشکسالی، استخرهای سطحی تجمع نمک خوانده شود. به عنوان یک داده به GIS با داشتن نقشه

کامل عوارض زمین، نتایج حاصله از تصویر می‌تواند به سیستم تصمیم‌گیری با افزایش بازدهی و تخصیص آب که اصولاً توسط مدیران آب کشاورزی اجرا می‌گردد تبدیل و مطابقت داشته باشد. برای سیستم‌های آبیاری که براساس توزیع آب‌های سطحی می‌باشد، ناکافی بودن سیستم بعلت فقدان تناسب تقسیم آب و عدم وجود مکانیزمی برای اطلاعات قابل اعتبار که در دوره‌های فصلی موجود است و با کنترل تراکم کشت از طریق تفسیر تصاویر می‌توان به یک نتیجه‌گیری غیرمستقیم برای کارهای سه‌گانه و غیرمتناسب در تامین آب سطحی دست یافت. سرانجام مشکل پرداخت هزینه آب را می‌توان با تخمین ناخالص کشت مناسب محصولات به منظور جبران عدم دقت کافی در تعبیر و تفسیر مرتبط نمود.

منابع

Belmans, C., Wesseling, J.G. and Feddes, R.A. 1983. Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE. *Journal of Hydrology* **63**: 271-286.

Byerlee, D. and Husain, T. 1992. *Farming Systems of Pakistan: Diagnostic Priorities for Agricultural Research*. Vanguard, Lahore. pp. 313-314.

Dirgahayu, D. 1992. The use of NOAA AVHRR data for determining the growing period of rice in Subang, West Java (Indonesia). *Asian-Pacific Remote Sensing Journal* 4(2).

Euroconsult. 1988. Zoutkartering met behulp van SPOT-beelden in the Punjab, Pakistan. *BCRS Report No. 88-3*, Beleidscommissie remote sensing, The Netherlands.

Farooq, M. and Nur ud Din. 1980. *Application of Multitemporal Landsat Data in the Identification of Salinity in the Khairpur Pilot Project, Pakistan*. National Seminar on Application of Remote Sensing Techniques in Water Resources Development and Management, Lahore, Pakistan

Feddes, R.A., Kowalik, P.J. and Zaradny, H. 1978. *Simulation of Field Water Use and Crop Yield*. Simulation monographs. Pudoc, Wageningen. 189 p.

Jayasekera, A.A. and Walker, W.R. 1990. Remotely sensed data and geographic information systems: for management and appraisal of large scale irrigation projects in the developing countries. *Sustainable Irrigation*. pp. 453-461.

Karale, R.L., Seshagiri Rao, K.V. and Singh, A.N. 1978. *Evaluation of Landsat Imagery for Reconnaissance Soil Mapping*. Unpublished contribution to A.P. Appreciation Seminar, New Delhi.

Makin, I.W. 1986. Applications of remotely sensed multispectral data in monitoring saline soils. *Technical Note 19*, Hydraulics Research, Wallingford/Irrigation and Power Research Institute, Amritsar, India.

Manchanda, M.L. and Iyer, H.S. 1983. Use of Landsat Imagery and aerial photographs for delineation and categorization of salt affected soils of part of NW India. *Journal of Indian Society of Soil Science* **31**(1): 263-271.

Nieuwenhuis, G.J.A. 1985. *Integration of Remote Sensing with a Soil Water Balance Simulation Model (SWATRE)*. Proceedings International Workshop on Hydrologic Applications of Space Technology, Cocoa Beach, Florida, 18-23 August 1986.

Rehman, G. and Shaikh, A.F. 1992. Near reconnaissance level zone of influence interpretations for the vegetated space. *Asian-Pacific Remote Sensing Journal* **4**(2).

Sehgal, J.L. and Sharma, P.K. 1988. An inventory of degraded soils of Punjab (India) Using Remote Sensing Technique. *Soil Survey and Land Evaluation* **8**: 166-175.

Sharma, R.C. and Bhargava, G.P. 1988. Assessment and monitoring of alkali soils in Haryana, India, using satellite imagery. *Soil Survey and Land Evaluation* **8**: 86-93.

Toetia, H.S., Hoore, J.D. and Gombeer, R. 1980. Soil and land use distribution over a part of north plains (Indo Gangetic plains) of India based on the optical interpretation of Landsat 2 multispectral satellite imagery. *Pedologie* **30**: 10-42.

WAPDA. 1984. Applicability of Landsat imagery for monitoring soil salinity trends. Directorate of Reclamation and Investigation Organization. *Publication No. 529*, Lahore, Pakistan.

Wolters, W. and Bos, M.G. 1990. *Satellite Remote Sensing as a Tool for Irrigation System Managers*. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.

استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا برای مدیریت آبیاری و نظارت (مطالعه نمونه در اندونزی) [1]

اهداف

اهداف این مطالعه که از ماه جولای ۱۹۸۸ تا ماه اکتبر ۱۹۸۹ انجام شده ارزیابی و بررسی اقتصادی و فنی داده‌های ماهواره اسپات با قدرت تفکیک بالا برای بهبود و مدیریت برنامه‌های آبیاری در اندونزی بوده‌است.

منطقه مطالعه

منطقه مطالعه حدود ۵۰ هزار هکتار وسعت دارد که در غرب منطقه تاروم (Tarum) قرار گرفته است و در بخش غربی منطقه‌ای به وسعت ۲۴۰ هزار هکتار (Jatiluhur) و دارای سیستم آبیاری است. این منطقه در شرق جاکارتا واقع شده است. جاوه یکی از بهترین زمین‌های غنی جهت کشت برنج در منطقه است. آب و هوای این منطقه گرمسیری با متوسط درجه حرارت ۲۶ و بارندگی سالیانه ۱۸۰۰ میلیمتر می‌باشد. ۷۵٪ این بارندگی در ماه‌های نوامبر تا آوریل می‌بارد. خاک منطقه از رسوب‌های آبرفتی تشکیل شده که از کوه‌های آتشفشان است.

شیب‌های این منطقه بین ۱ تا ۲٪ می‌باشد. علاوه بر اطلاعات موجود اطلاعات دیگری از این منطقه پر جمعیت وجود دارد. تجزیه و تحلیل اولیه نیازها نشان می‌دهد که تصاویر ماهواره اسپات قادر خواهد بود اطلاعات دقیق‌تری را جمع‌آوری نماید و اطلاعات موجود را تصحیح کند.

1- Lantieri, Remote Sensing Center, FAO, Rome Italy

روش کار و نتایج

مزایای استفاده از چهار تصویر ماهواره اسپات دراین پروژه به شرح زیر ارائه شده است.

تولید ۱ - تهیه نقشه زیرساخت‌ها

بهنگام نمودن نقشه مناطق شهری و شبکه راه‌ها در سطوح مختلف. این نقشه در مقیاس ۱/۶۰۰۰۰ با کمک کامپیوتر از روی تصاویر پانکروماتیک ماهواره اسپات تهیه گردید. این تصویر در فصل خشک سال اخذ شده بود و کار با آن از طریق آشکارسازی رقومی انجام گرفت.

اطلاعات تکمیلی از ترکیب باندهای رنگی چند طیفی تصاویر استخراج می‌شود که در اوایل فصل رشد و پایان فصل کشت محصول اخذ شده است.

با اینکه بهنگام سازی نقشه‌ها با محدودیت‌هایی در پدیده‌های اصلی روبرو است ولی به‌نظر می‌رسد برای نشان دادن تغییرات سریع برنامه‌های آبیاری بسیار مناسب باشد مخصوصاً در جایی که اطلاعات مدیریت اجرایی با همکاری کشاورزان دریافت می‌گردد.

تولید ۲ - بهنگام‌سازی مرحله سوم نقشه‌ها

این نقشه‌ها ارزیابی و با نقشه ۱/۵۰۰۰ مرحله سوم مقایسه گردید که کانال‌ها و زهکش‌های درجه سوم و چهارم را نشان می‌دهد. آنالیز چشمی تصاویر ماهواره اسپات پانکروماتیک تصاویر اخذ شده در فصول خشک سال‌های مختلف که آن تشخیص بزرگترین پدیده سازه‌ها در مرحله سوم و بهنگام نمودن محدودیت‌ها می‌باشد.

تولید ۳ - تخمین و برآورد اراضی قابل آبیاری

نتایج تولید سوم به کمک کامپیوتر، و تفسیر عکس از اولین محصول استخراج گردید و با ارقام برآورد شده با برنامه آبیاری که توسط مسئولین و براساس شبکه سنتی تهیه شده بود، مقایسه گردید. تفاوت‌هایی بین دو تیپ اطلاعات مشاهده شد که بین ۹-٪ تا ۳۳+٪ بود.

محاسبات انجام شده براساس نتایج به دست آمده از منطقه نمونه نشان داد که

برنامه‌ریزی آب و پیش‌بینی برداشت بالاتر از تخمین بوده‌است، در مجموع ۹۲۵۰ هکتار بیشتر از جمع کل (۴۳۶۸۱ هکتار) برنامه‌ریزی شده است.

تولید ۴ - نقشه مدیریت آبیاری

تولید چهارم از آنالیز چشمی رنگهای مرکب سه تصویر پوشش گیاهی که در تاریخهای مختلف گرفته شده‌بود به دست آمد، در ماه دسامبر (قسمت اول فصل بارانی) ماه ژوئن (قسمت اول فصل خشک) و در ماه اوت (قسمت دوم از فصل خشک). در نتیجه از ترکیب سه باند ۸ رنگ به دست آمد که بترتیب قرمز، سبز، آبی، زرد، آسمانی، ارغوانی، سفید و سیاه می‌باشند که در ارتباط با رشد مراحل برنج (در حالت فعال و غیرفعال) است.

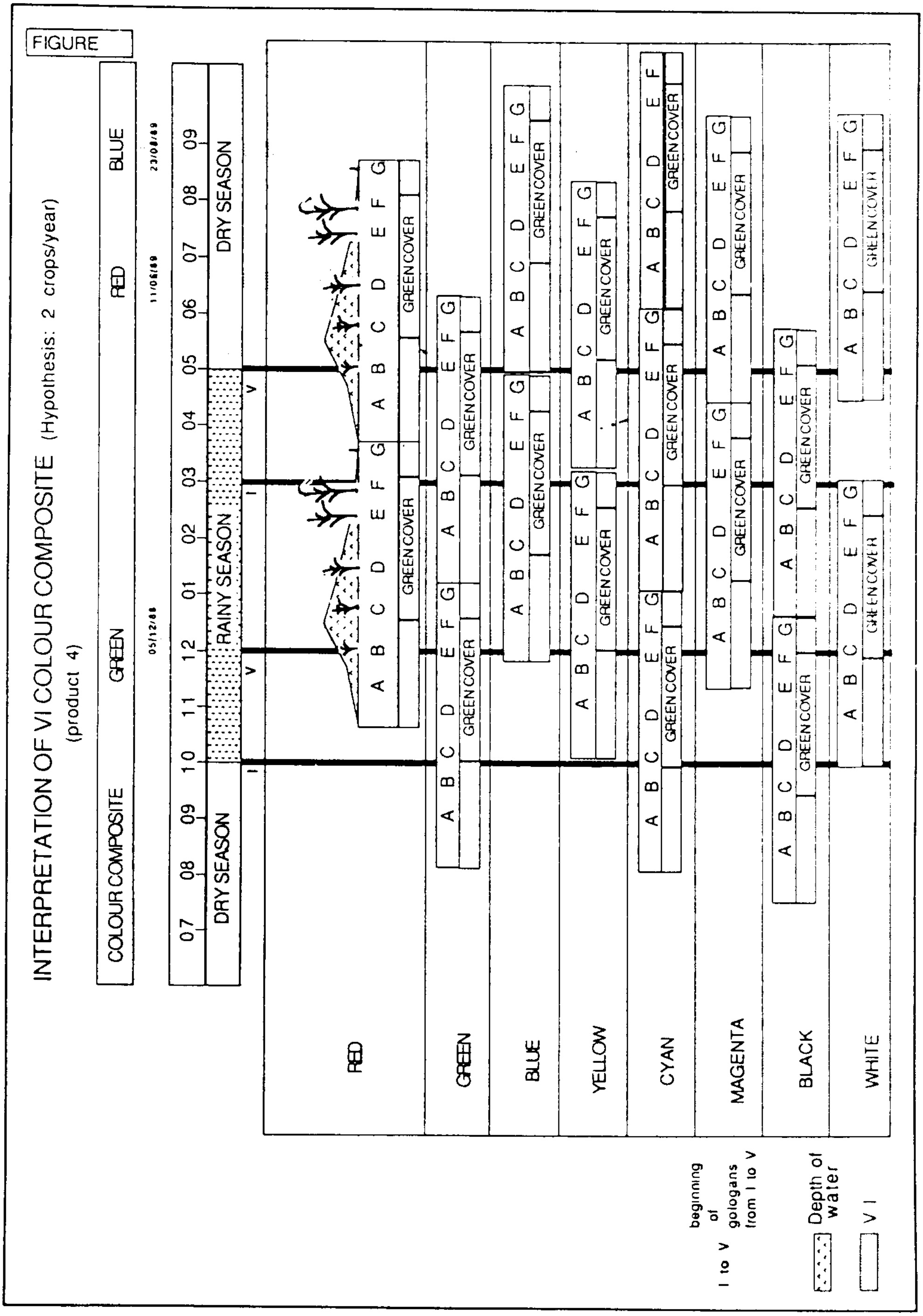
ارتباط بین رنگ تصویر و رشد برنج از دیاگرام ساخته شده به دست آمد. و فرضیه‌های مختلف کشت برنج در تقویم زراعی با تاریخ اخذ تصویر اسپات مقایسه گردید.

آنالیز ترکیب رنگها اجازه تهیه نقشه توسعه برنج را داد. بنابراین نقشه توزیع آب سالیانه در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ و ۱/۱۰۰۰۰۰ تهیه گردید. ضمناً نتیجه‌گیری شد که سیستم آبیاری آن طور که انتظار میرفته مدیریت نشده است.

یک تضاد بزرگ در گروه آبیاری و تامین آب یا (gologans) قابل ملاحظه می‌باشد بنابراین به نظر رسید تامین آب بیشتر بستگی به فاصله از کانال اصلی دارد تا کانال‌های دیگر، بعضی از مشکلات اساسی از جمله اینکه نباید در بعضی مناطق برنج کاشته شود شناسایی گردید. دلیل این شکست (فقدان آب) باید روی زمین کنترل شود.

از دیدگاه فنی

از نقطه‌نظر فنی لازم به ذکر است که تفسیر تصاویر به کمک آنالیز کامپیوتری با استفاده از تکنیک آشکارسازی و همچنین سایر امکانات نرم‌افزارهای پردازش رقومی تصاویر بسیار کارآمد می‌باشد. بهترین نتایج جهت شناسایی تأسیسات زیربنایی از تحلیل تصاویر تک‌باندی اسپات اخذ شده در فصل خشک خواهد بود. اما جهت نظارت و مدیریت شبکه‌های آبیاری، شاخص پوشش گیاهی حاصل از تصاویر جنبه باندی اسپات و داده‌های چند زمانی آن کارآیی بالایی دارد.



FIGURE

INTERPRETATION OF VI COLOUR COMPOSITE (Hypothesis: 2 crops/year)
(product 4)

COLOUR COMPOSITE
GREEN
RED
BLUE
05/12/88
11/06/89
23/08/89
07
08
09
10
11
12
01
02
03
04
05
06
07
08
09
DRY SEASON
RAINY SEASON
DRY SEASON
I
V
I
V
RED
GREEN
BLUE
YELLOW
CYAN
MAGENTA
BLACK
WHITE
A
B
C
D
E
F
G
GREEN COVER
I to V
beginning of gologans from I to V
Depth of water
V I

هزینه‌ها و مزایا

ارزیابی عملیات کاربرد اطلاعات ماهواره اسپات در توجیه اقتصادی این مطالعه با اطلاعات حاصل از عملیات سنتی مانند عکس‌های هوایی و کار متراکم عملیات شناسایی دو تیپ تولیدات مورد ارزیابی قرار گرفت.

الف)- نقشه سازه‌ها و آمار اراضی قابل آبیاری (مطابق تولیدات ۱و۲و ۳) که بیشتر توسط اسپات پانکروماتیک آنالیز شده است.

ب)- نظارت بر آبیاری (تولید ۴) که به وسیله اسپات XS رنگی مرکب تهیه شده است.

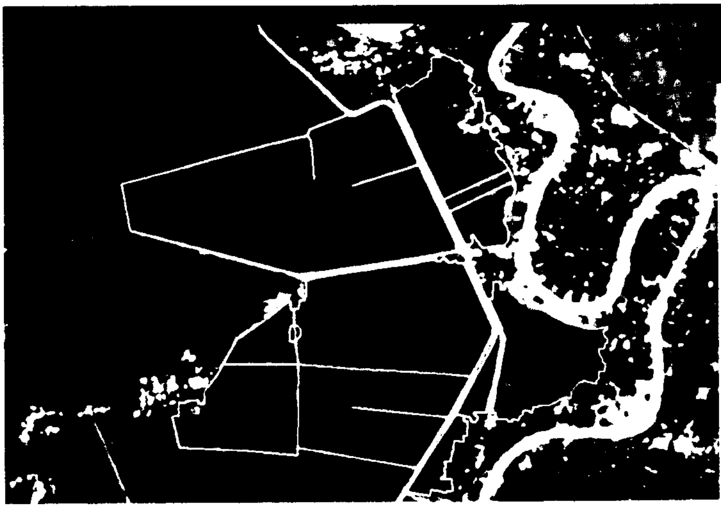
از دیدگاه هزینه‌ها ... هم تهیه نقشه سازه‌ها و هم نظارت آبیاری هر دو تولید زمانی که از تصاویر اسپات تهیه شود نسبت به عکس‌های هوایی، سه تا چهار برابر ارزانتر خواهد بود به عبارت دیگر استفاده از داده‌های اسپات ارزان‌تر از عکس‌های هوایی خواهد بود.

در ارتباط با کاربری و نوع مشاوره (ملی یا بین‌المللی) در نظارت بر سیستم‌های آبیاری هزینه‌های استفاده از تصاویر داده‌های اسپات از ۸/۲ دلار در کیلومتر مربع در سطح ملی تا ۱۲/۷ دلار در کیلومتر مربع (در سطح بین‌المللی) متغیر است و برای تهیه نقشه سازه‌ها و اخذ آمار محاسبه رقم هزینه از ۱۲/۲۵ دلار در کیلومتر مربع تا ۲۵/۲۵ دلار در هر کیلومتر مربع (در سطح بین المللی) در تغییر است.

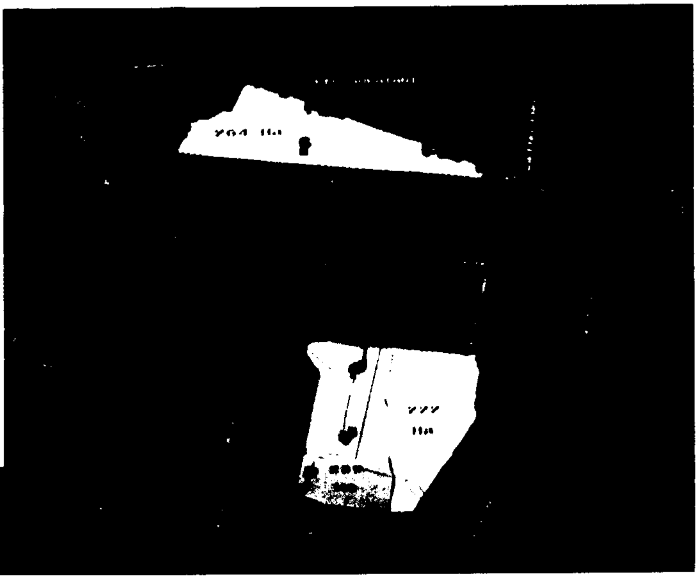
محاسبه این هزینهٔ براساس نرخ پروژه‌های فائو انجام گردیده است.

منافع یا مزایا

اطلاعات تهیه شده براساس دقت در داده‌های اسپات و عکس‌های هوایی است. بنظر می‌رسد که در عکس‌های هوایی دقت بیشتر است (بین ٪۹۵ - ٪۹۸) در صورتی که در داده‌های اسپات متوسط دقت بین (٪۷۵ تا ٪۹۰) برحسب موضوع به غیر از نقشه کردن پدیده‌های کوچک است.



Tertiary unit map showing bounds visually interpreted from SPOT colour composite (straight white lines). ▇ area corresponds to one field ▇ [illegible] to villages.



SPOT-derived map showing acreage of irrigable land for each group of tertiary units. These data are useful for planning water requirements.

ملاحظات اجرایی

در این مطالعه نتیجه‌گیری شد که داده‌های استخراج شده از اسپات در بیشتر کاربردها اقتصادی‌تر می‌باشد، و در ارتباط با بهنگام‌سازی و نظارت در مقیاس‌های کوچک در سیستم‌های آبیاری برنج موثرتر است. به هر حال لازم است که هر ۱۰ تا ۱۵ نقشه کل شبکه‌های درجه سه و چهار از طریق شناسایی هوایی کامل شود.

هزینه کلی و کامل سنجش از دور و تهیه نقشه و برنامه‌ریزی: شامل، اخذ و تفسیر عکس‌های هوایی داده‌های اسپات، تولید نقشه‌ها و آمار تشریح شده فوق، تهیه گزارش، انتقال تکنولوژی (آموزش، نظارت بین‌المللی، خرید یا بهنگام نمودن ابزارهای محلی) در حدود ۱۸ دلار در هر کیلومتر مربع در سال برآورد گردید. این هزینه بنظر قابل قبول می‌رسد. و حتی کمتر نیز می‌باشد. مثلاً در مقایسه با برنامه‌های آبیاری (۳۰۰ هزار دلار در کیلومتر مربع) یا نگهداری آن که (۵۰۰۰ دلار در کیلومتر مربع در سال) برای مناطق مرطوب درنظر گرفته شده است. یا در مقایسه با تولید و ارزش برنج (متوسط ۴۵ هزار دلار در کیلومتر مربع در سال).

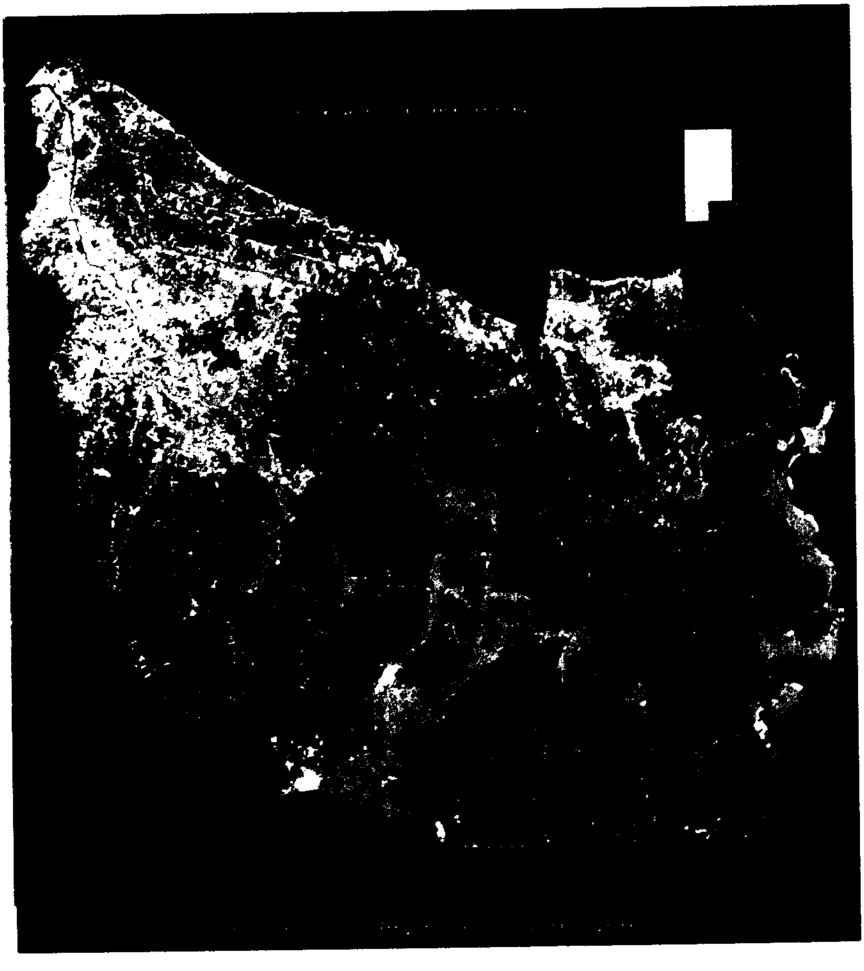
نتیجه افزایش تنها ۰/۰۰۰۵ در تولید برنج است که در اثر استفاده از فن سنجش از دور در سیستم آبیاری به دست آمده و استفاده آنرا اقتصادی نموده است. نتایج این مطالعه نیز نشان داد حتی بیشتر از این حد نیز می‌توان متوقع بود.

توصیه‌ها و نتایج

- به منظور تولید و نظارت بر آبیاری هر ساله اخذ اطلاعات اسپات چند طیفی با توجه به تقویم زراعی حداقل نیاز خواهد بود.
- هر سه سال یک بار اطلاعات از اسپات پانکروماتیک‌ها به منظور تلفیق با اسپات چند طیفی از فصل خشک موردنیاز خواهد بود تا گسترش سریع شهرها و اطراف آنها در بهنگام‌سازی نقشه‌ها مشخص شود.
- هر ۱۵ تا ۱۰۰ سال یک شناسایی هوایی در مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ موردنیاز است که شبکه سوم و چهارم را به نقشه در آورد.

نتایج این مطالعه با آنکه مقدماتی و محدود است ولی نشان می‌دهد که داده‌های

ماهواره با قدرت تفکیک بالا در توسعه مدیریت و نظارت بر سیستم‌های آبیاری (مقیاس کوچک) برنج‌زارهای کشورهای در حال توسعه در منطقه گرمسیری از ارزش بالایی برخوردار می‌باشند. بدون شک مخصوصاً در ترکیب با اطلاعاتی که از قبل یا در حال حاضر از مدل‌های مدیریت آبیاری وجود دارد شبیه آنچه در بخش زمین و توسعه آب سازمان فائو وجود دارد دارای پتانسیل بالایی خواهند بود.



مدیریت برنامه‌های آبیاری در کشورهای[1] دارای آب و هوای خشک

مشکلات عملی سنجش از دور ناشی از عدم اجرای تعهدات ارائه شده نسل اولیه سنجش از دور ماهواره‌ای می‌باشد. به هرحال مثال‌هایی در مورد کاربری‌های خاص وجود دارد که داده‌های ماهواره‌ای دارای قابلیت اجرایی می‌باشند. کاربری اراضی با مقررات خاصی در ارتباط است که نیازهای اطلاعاتی آن به خوبی تعریف شده و غالباً می‌تواند به وسیله داده‌های ماهواره‌ای تامین شود. سیستم آبیاری در سطح وسیع نیز مورد خاصی است که در این نوع طبقه‌بندی ملحوظ می‌گردد.

بعضی مواقع تضاد فرهنگی نقش مهمی را بازی می‌کند. استفاده از داده‌های ماهواره به‌روشنی از فن‌آوری سرچشمه گرفته، و تنها راه دستیابی استفاده از آن فن می‌باشد. برعکس آبیاری بخصوص در مناطق گسترده کاری سنتی است. سازمان‌ها و مدیریت مناطق بزرگ آبیاری به علت طولانی بودن سابقه‌شان کوشش‌های مناسبی در جهت هماهنگ نمودن تضادها و خواست‌های کشاورزان نموده‌اند.

دور از واقعیت است اگر فکر کنیم و انتظار داشته باشیم روش جاری کنار گذارده شده و از فن پیچیده‌ای مانند سنجش از دور استفاده نمایند (Menenti 1990).

این عقیده به صورت مقایسه از ارقامی که حاکی از ویژگی‌های کشاورزی آبی در مناطق مختلف می‌باشد به دست آمده‌است مانند Po plain (در شمال ایتالیا)، Mendoza (در آرژانتین) و لیبی. داده‌ها در شکل نشان داده است که افزایش خشکی سبب کاهش استفاده از سیستم‌های سنتی در واحدهای بزرگ و نیز باعث کاهش ترویج اراضی آبیاری می‌گردد.

این مسئله نشان می‌دهد عملیاتی که مرتبط با توسعه آبیاری در اراضی بیابانی باشد شروع نشده است. در حالی که در آینده جداسازی بین مشکلات فنی و اقتصادی - اجتماعی امکان‌پذیر نمی‌باشد.

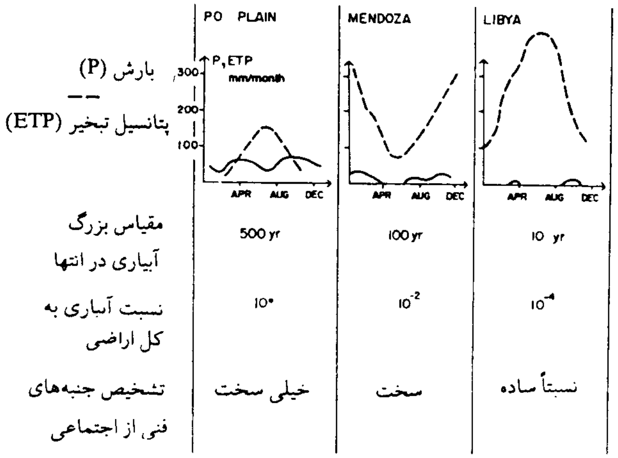
فقدان عملیات اجرایی و در نتیجه ایجاد مقاومت در مقابل تغییرات به خاطر نبود دلایل

1- M. Menenti, Sc-Dlo, Wageningen, the Netherlands

فنی می‌باشد.

برعکس استفاده دراز مدت از سیستم‌های سنتی ممکن است به علت مسایل فنی مانند تخصیص آب که ریشه عمیقی در جامعه روستایی دارد سبب تضادهای اجتماعی گردد. مقاومت در مقابل این تغییرات بسیار حادتر خواهد بود. بنابراین تجزیه و تحلیل روش‌های مدیریت آبیاری همیشه باید در اولویت باشد.

هنگامی که نیازهای اطلاعاتی به تفصیل تعریف می‌گردد، جنبه عملی استفاده از داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند ارزیابی و داده‌های موردنیاز به صورت کامل تولید شود.



شکل ۱- مقایسه خشکی، تاریخچه زمان آبیاری، نسبت اراضی آبی به کل اراضی سه منطقه (ایتالیا، آرژانتین و لیبی) در جایی که آبیاری گسترده می‌باشد، گزارش در مورد امکان تفکیک جنبه‌های فنی و اجتماعی آبیاری که براساس مقایسه موردنظر ترسیم شده است.

از آنجا که اطلاعات موردنیاز نمی‌تواند صرفاً از طریق داده‌های ماهواره‌ای تامین گردد (Menenti et, al., 1989, Bos et, al., 1990). بنابراین این داده‌ها باید با نوع دیگری از داده‌ها ادغام شود و روش‌های محاسباتی مختلفی نیز به کار گرفته شود تا اطلاعات موردنظر به دست آید. این روش بهترین نحوه استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) است.

در این مقاله مثال‌های زیادی از کاربرد داده‌های چند طیفی با قدرت تفکیک بالا به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی و سایر متغیرها ارائه شده است. این مثال‌ها در ارتباط با کاربری‌های زیر است:

- نقشه نیاز آبی محصول در مناطق بزرگ براساس نقشه کاربری اراضی
- نقشه نمایش شاخص‌ها براساس قوانین تخصیص آب
- دسترسی به داده‌های ورودی برای مدل‌های توزیع هیدرولوژیکی برنامه‌های آبیاری

نیاز آبی محصول

چنین به نظر می‌رسد که مدیریت آبیاری به عنوان راهی به سوی اجرای عملیات در سطح مزرعه و تعیین نیاز آبی محصول به عنوان هدف اصلی برای طراحی و مدیریت طرح‌های آبیاری می‌باشد.

اطلاعات دقیق بهنگام از نیازهای آبی محصول و متغیرهای آن در طول برنامه حتی اگر جنبه دیگری توسط مدیریت سیستم مورد ملاحظه قرارگرفته باشد، بسیار مفید است.

تهیه نقشه نیازهای آبی محصول بیشتر روش نقشه کردن محصولات انفرادی (تکی) است. محاسبه روش‌های زراعی و تعیین نوع آب و هوا نیازهای آبی محصول معین می‌گردد. از این روش در دو مطالعه در یک منطقه بزرگ تحت آبیاری در ایتالیا استفاده گردید (Menenti et, al., 1986 Azzali & Menenti et, al., 1989). در مورد درختان میوه و تاکستان‌ها نیازهای آبی بیشتر با وضعیت شاخ و برگ و تاج پوشش آنها مرتبط است تا نوع گیاه، بنابراین استفاده از نقشه محصول برای تهیه نقشه نیازهای آبی محصول کافی نبوده وضعیف می‌باشد.

تانیان Tunuyán

مطالعه موردی در Mendoza آرژانتین نشان داده است که محصولات به صورت تکی به سادگی قابل نقشه شدن نیستند زیرا تغییرات فوق‌العاده‌ای در پوشش خاک، سن محصول، در حال رشد بودن و سایر موارد در آن موثر است (Visser et, al., Meuwissen 1989) روش مناسب و پیدا شده برای تهیه نقشه طبقات محصول، شامل محصولاتی است که دارای نیاز آبی مشابه هستند.

این روش طبقه‌بندی توسط Meuwissen 1989 و Azzali et al 1990 به تفصیل توضیح داده شده است. طبقات همگن با روش طبقه‌بندی اصلاحی نقشه شده‌اند. روش تجزیه الگوریتم خوشه‌ای به عنوان اولین میانگین ارزش طیفی مزارع شامل یکسری آموزش است. نتیجه این اقدام تعریف کلاسه‌های همگن است که برای هر طبقه استفاده می‌شود. حداکثر شبیه‌سازی[1] در مرحله بعدی برای کلاسه‌های همگن استفاده خواهد شد.

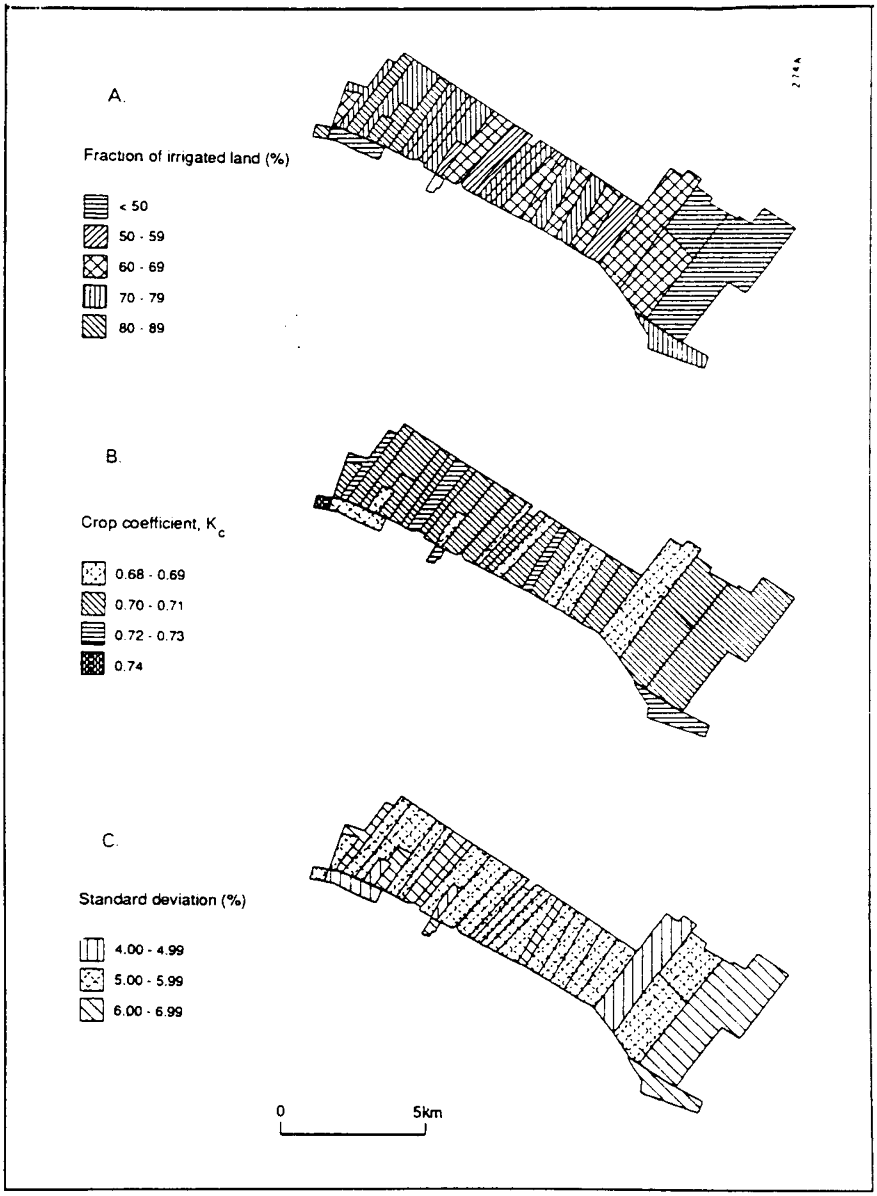
در نتیجه، ضریب محصول برای هر طبقه براساس محصول غالب و یا مشاهدات صحرایی معین خواهد شد. خروجی این روش یکسری نقشه خواهد بود (شکل ۲).

نقشه‌های (A,B) مستقیماً برای تعیین نیاز آبی محصول در واحدهای درجه سه استفاده می‌شود و نقشه (C) آبیاری کم و یا زیاد را در مزارع انفرادی در هر واحد درجه سه تخمین می‌زند. در این مورد نیازهای آبی محصول، همچون ظرفیت تبخیر تعریف شده است و در مورد دیگر باران موثر و آب شویی خاک مورد محاسبه قرار گرفته است، که در مفهوم اصلی تغییری حاصل نخواهد کرد.

ظرفیت تبخیر برای طبقات مختلف محصول در نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از برنامه (CRIWAR و Vos et, al., 1989) محاسبه شده است. این برنامه براساس روش تبدیل شده Penman توسط Doorenbos و Pruitt (FAO 1977) تشریح شده است. نتایج این محاسبات با ارقام توزیع طبقات بهره‌وری از زمین و ضریب محصول در واحدهای درجه سه (Viejo Retamo) با کل آب موردنیاز برای تمامی این واحدها برحسب مترمکعب در ماه ترکیب گردید.

---

[1] Maximum Likelihood


A.
Fraction of irrigated land (%)
▤ < 50
▨ 50 - 59
⊠ 60 - 69
▥ 70 - 79
▧ 80 - 89
B.
Crop coefficient, K_c
⁘ 0.68 - 0.69
▧ 0.70 - 0.71
▤ 0.72 - 0.73
▩ 0.74
C.
Standard deviation (%)
▥ 4.00 - 4.99
⁘ 5.00 - 5.99
▧ 6.00 - 6.99
0
5km

شکل ۲- محاسبه نیاز آبی گیاهان براساس تصویر TMگرفته شده در ۱۸ مارس ۱۹۸۸ واحد ۲ Viejo Retama، طرح آبیاری ریوتیوزیان A: نقشه بخشی از اراضی تحت آبیاری B: نقشه میانگین ضریب محصول C: نقشه استاندارد ارزش‌های ضریب محصول

ریاض (Riyadh)

موسسه بین‌المللی فضایی و علوم زمینی (ITC)[1] در Enschede, the Netherlands و مرکز تحقیقات آب و خاک (DLO) (SC-DLO)[2] در (Wageningen) هلند مطالعه‌ای را به منظور ارزیابی آب مصرفی در منطقه سبز ریاض شروع کردند (Visser 1990) این پروژه از طرف (ADA)[3] اجرا گردید.

مناطق سبز توسط ماهواره‌ها با قدرت تفکیک بالا نقشه گردید. آب موردنیاز برای تمام زیر منطقه هرا (واحدهای اداری عربستان)، در شهرها محاسبه و با حجم آبی که عملاً استفاده می‌شود مقایسه گردید. انتظار می‌رفت که تحقیقات در زمینه آبیاری نشان دهد آیا آبیاری مازاد علت اصلی بالا آمدن آب زیرزمینی است!

منطقه تحت مطالعه (۵۰×۷۰ کیلومتر) شامل شهر ریاض و حومه آن می‌باشد. بیشتر گیاهان کشت شده در این منطقه جنبه زینتی برای مصرف شهری دارد. محصولات کشاورزی فقط در وادی حنیفه کشت می‌شود.

برای دریافت نقشه منطقه از اطلاعات دو ماهواره اسپات و لندست (TM) استفاده شده است. قبلاً از ادغام تصویر چند طیفی با تصویر پانکروماتیک استفاده گردید و با نمونه‌گیری مجدد از تصاویر چند طیفی، تصویر پانکروماتیک با توجه به اندازه پیکسل با قدرت تفکیک ۱۰ متر، تصویری مناسب خواهد بود. به منظور بهره‌گیری بهتر از اطلاعات چند طیفی تصویر e از سه باند اسپات و باند ۵ TM حاصل شده است. از این تصویر برای فرآیند بیشتر استفاده گردید. طبقه‌بندی نظارت شده برای تهیه نقشه مرکب پوشش گیاهی و گیاه غالب در منطقه انجام گرفت.

باید توجه داشت که ترکیبی از چمن، گیاهان گل‌دار و بوته‌ها در مناطق شهری کشت می‌شود و محصولات علوفه‌ای در منطقه کشاورزی. علاوه بر این نوع گیاهان، چهار طبقه کاربری اراضی نیز نقشه شده‌اند. مناطق احیا شده، خاک‌های لخت (بدون پوشش)،

1- International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC)

2- Winand Staring Center for Integrated Land Soil & Water Research

3- Arriyadh Development Authority

جاده‌ها و آب، جز این چهارطبقه می‌باشند. به منظور ارزیابی دقیق نقشه‌های کاربری اراضی تعداد بیشتری از موارد دیگر در مزرعه نقشه شده‌اند.

نتایج حاصله ثابت نمود که منطقه دقیقاً نقشه شده است و لازم به توضیح است که نقشه مناطق سبز به صورت اتوماتیک رسم شده است.

با استفاده از فرمول و مدل Criwar ظرفیت تبخیر دو نوع گیاه تشخیص داده شد و از یکدیگر متمایز گردیدند به علاوه مدل تغییر یافته Jensen Haise, Penman براساس اندازه‌گیری محلی پذیرفته شد. هم چنین روش Salih & Sendil 1984 به کار گرفته شد. آب مصرفی واقعی با تئوری آب موردنیاز طبق دو مدل و روش موجود برای تمام ۶۵۰ زیر منطقه در محدوده مطالعاتی مقایسه گردید. نتایج نهایی تشکیل اطلاعات پایه شامل کاربری اراضی، نیاز آبی محصول، خاک‌شویی، مصرف آب واقعی و آبیاری مازاد در زیر مناطق برحسب ماه و فصل و حتی سال تعیین گردید.

ارزیابی عملکرد آبیاری با داده‌های ماهواره‌ای

به منظور نمایش نحوه استفاده از داده‌های ماهواره در مدیریت آبیاری منطقه (Rio Tunuyan) در بخش Mendoza آرژانتین تحقیقی در طول چند سال با استفاده از فن جدید به منظور بهبود مدیریت آبیاری اجرا گردید (Menenti 1990)، توضیح داده می‌شود که در این روش سه نوع شاخص عملکرد به طور خلاصه تشریح می‌گردد (Visser et, al., 1989). در جدول ۱ تعاریف سه شاخص عملکرد و در (شکل ۳) نحوه دسترسی به آنها نشان داده شده است.

نمایش شاخص‌ها مربوط به سیاست‌های سه‌گانه مختلف تخصیص آب به شرح زیر می‌باشند (Menenti et, al., 1989).

۱- تخصیص آب سطحی متناسب با سطح تحت آبیاری

۲- تخصیص آب سطحی در ارتباط با نیازهای آبی محصول

۳- تخصیص آب سطحی با حداکثر تاثیر

در مورد (۳) افزایش تعرق عملی است متناسب با افزایش محصول که به عنوان یک مقیاس موثر به حساب می‌آید.

شاخص‌های مختلف بسادگی به وسیله میانگین مدل صفحه گسترده محاسبه می‌شود. همان‌طورکه به‌وضوح در شکل ۳ و جدول ۱ مشخص شده، داده‌های ماهواره‌ای منبع دیگری از داده‌ها می‌باشند که می‌تواند اهداف مشروح، هم زمان و نسبتاً ارزان را در کاربری اراضی تامین نماید. به علاوه این داده‌ها به صورت (CCT)[۱] قابل استفاده می‌باشند.

جدول ۱ - تعیین شاخص‌های عملکرد آبیاری، برای هر شاخص اطلاعات کاربری زمینی با ذکر منابعشان مشخص شده است. اطلاعات فرعی مدل‌های لازم برای محاسبه هر شاخص نیز ذکر شده است.

شاخص عملکرد آبیاری	اطلاعات لازم برای کاربری اراضی	منابع	مدل	اطلاعات فرعی
$e_{ij}=\frac{d_{ij}}{d_i}=\frac{V_{ij}/A_{ij}}{V_i/A_i}$	اراضی تحت آبیاری دیم	تصویر ماهواره‌ای	–	دبی‌ها
$e_i=\frac{E_{pk}\ A_{ik}}{V_i}$	محصولات با گروه‌هایی با K_c مشابه	تصویرماهواره‌ای	CRIWAR	دبی‌ها اطلاعات‌هواشناسی
$e_i=\frac{(E_{kw}-E_k)A_{jk}}{V_i}$ ودبی‌ها		تصویر محصولات	ماهواره	SWATRE اطلاعات‌هواشناسی مشخصات خاک

V_i = حجم تأمین شده برای واحد i (m^{3}.month$^{-۱}$)

V_{ij} = حجم دریافت شده در واحد j در واحد بالاتر i (m^{3}.month$^{-۱}$)

A_i = اراضی تحت آبیاری در واحد i (m^{2})

A_{ik} = اراضی تحت کشت k در واحد i (m^{2})

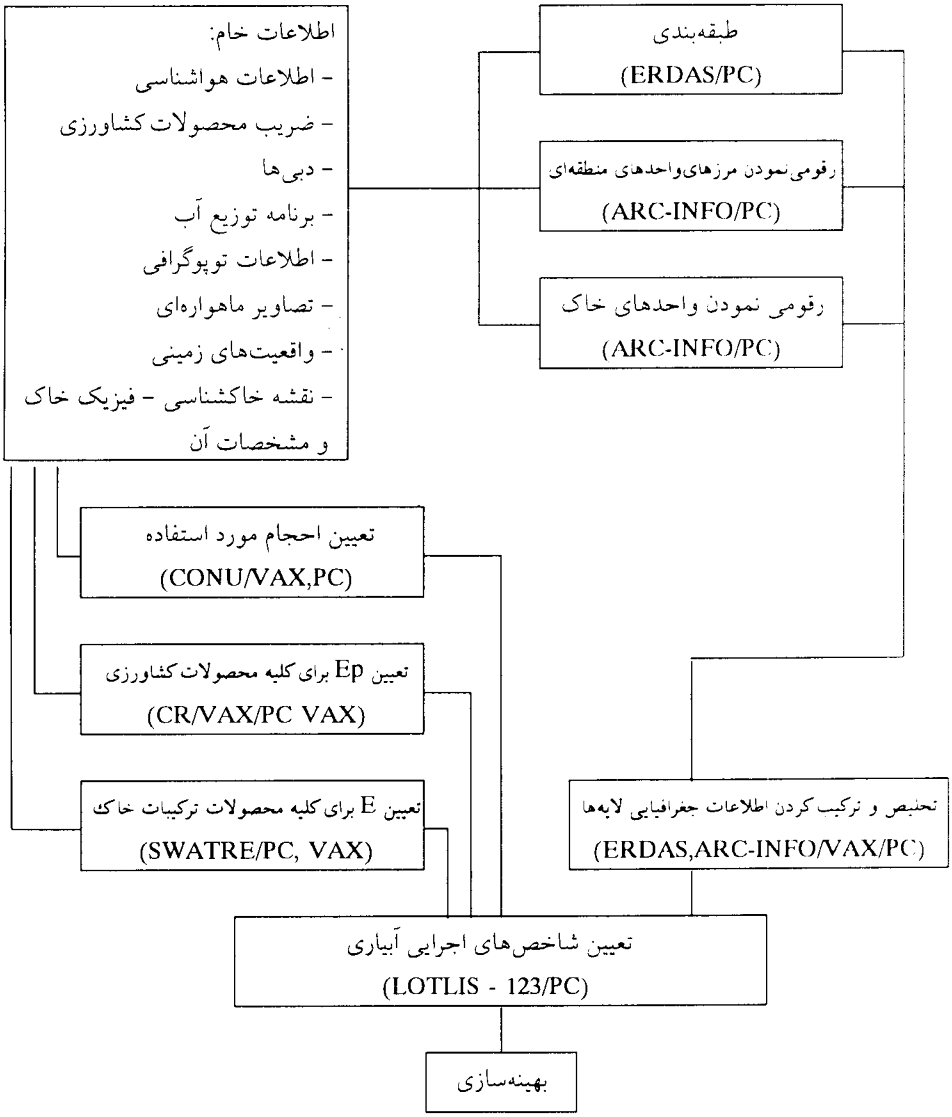
E_{pk} = تعریق و تعرق پتانسیل محصول K (m.month$^{-۱}$)

E_{kw} = تعریق و تعرق واقعی محصول k تحت آبیاری (m.month$^{-۱}$)

E_k = ایضاً در اراضی دیم (m.month$^{-۱}$)

K_c = ضریب محصول

1- Computer campatible tape


اطلاعات خام:
- اطلاعات هواشناسی
- ضریب محصولات کشاورزی
- دبی‌ها
- برنامه توزیع آب
- اطلاعات توپوگرافی
- تصاویر ماهواره‌ای
- واقعیت‌های زمینی
- نقشه خاکشناسی - فیزیک خاک و مشخصات آن
طبقه‌بندی (ERDAS/PC)
رقومی‌نمودن مرزهای‌واحدهای منطقه‌ای (ARC-INFO/PC)
رقومی نمودن واحدهای خاک (ARC-INFO/PC)
تعیین احجام مورد استفاده (CONU/VAX,PC)
تعیین Ep برای کلیه محصولات کشاورزی (CR/VAX/PC VAX)
تعیین E برای کلیه محصولات ترکیبات خاک (SWATRE/PC, VAX)
تحلیص و ترکیب کردن اطلاعات جغرافیایی لایه‌ها (ERDAS,ARC-INFO/VAX/PC)
تعیین شاخص‌های اجرایی آبیاری (LOTLIS - 123/PC)
بهینه‌سازی

شکل ۳- نشان‌دهنده داده‌های خام و کاربری آنها به عنوان لازمه محاسبه شاخص‌های عملکرد آبیاری و تهیه نمودن تخصیص آب

بنابراین محاسبات و ترسیم نقشه مدرن شاخص‌ها هم ساده و هم سریع خواهد بود.

باید توجه داشت که وجود داده‌های هواشناسی و ویژگی‌های خاک و آب با ارجحیت داده‌های کاربری اراضی، تشریح تفصیلی را که می‌تواند شاخص‌های شماره ۲ و ۳ را نقشه نماید محدود می‌کند. شاخص‌های ۱ و ۲ مستقیماً مرتبط به محتوی آبیاری در مندوزا است. شاخص شماره ۱ مقدار انحراف از تخصیص یکنواخت آب را اندازه‌گیری می‌نماید.

براساس قانون آب جاری در Mendoza که در سال ۱۹۸۴ تصویب شده، تخصیص آب باید متناسب با سطح اراضی کشت شده‌باشد. به طور کلی سطح اراضی تحت کشت در هر منطقه آبخور براساس اظهارات زارعین در هر سال به دست می‌آید. عدم صحت گفتار زارعین در طول سالیان دراز به اثبات رسیده تا این که در سال ۱۹۵۳ قانونی تصویب شد که مشکلات موجود برخاسته از اراضی زیرکشت را حل نماید. ولی ارتباطی به مدیریت آبیاری ندارد، از آن زمان به بعد شرایط حقوقی دائمی اراضی بر اساس حقابه مشخص گردید.

مخصوصاً در ده سال گذشته اراضی کشت شده کاهش یافته بنابراین تخصیص یکنواخت آب براساس حقابه با مشکل مواجه گردید. اختلاف بین اراضی که دارای حقآبه می‌باشند با اراضی کشت شده یا ارزشهای شاخص عملکرد (IPI) محاسبه شده با همان داده‌ها خود مقیاسی است برای این گونه تخصیص ناصحیح. به علاوه IPI چه براساس قانون ۱۹۸۴ باشد یا خیر هنوز قابل استفاده است. قانون جدید آب در مجلس Mendoza در دست بررسی می‌باشد، با تصویب آن تخصیص آب براساس نیاز خالص آبی محصول انجام خواهد شد. در این مورد رعایت قانون جدید آب به وسیله اندازه‌گیری IP2 برآورد خواهد شد.

تخصیص آب براساس اراضی آبیاری شده

زمانی که هدف تخصیص آب برای آبیاری متناسب با اراضی آبیاری شده باشد، شاخص عملکرد وابسته IPI می‌باشد. به منظور به دست آوردن ارزش شاخص عملکرد ۱ برای واحدهای درجه ۳ انفرادی کافیست که اراضی کشت شده واقعی نقشه شده و مقدار

آب انتقالی به هر واحد اندازه‌گیری شود. نقشه کاربری اراضی اولین بار از تصویر TM لندست در ژانویه ۱۹۸۶ اخذ گردید.

برای چندین واحد درجه ۳ اراضی کشت شده در طول بازدید صحرایی نقشه شده است. دقت نقشه اراضی کشت شده بشرح زیر تعریف می‌گردد:

$$۱۰۰\ \text{درصد} \times \frac{\text{(شناسایی) اراضی کشت شده − (طبقه) اراضی کشت شده}}{\text{اراضی کشت شده (شناسایی)}}$$

نتایج ۵ واحد درجه ۳ در جدول ۲ ارائه شده است.

اطلاعات جریان در واحد ثانویه Viejo Retamo گردآوری شده و به حجم ورودی هر واحد درجه سه در هر ماه تبدیل می‌شود.

از ترکیب این داده‌ها با داده‌های واقعی منطقه کشت شده واحد درجه ۳، مقدار IPI برای تمام واحدهای درجه ۳ در Viejo Retamo در ماه به دست می‌آید. مقدار آب در ماه سپتامبر 1987 و ژانویه 1988 در شکل ۴ نشان داده شده و باید اضافه نمود که نیاز آبی در ماههای سپتامبر پائین‌تر است درحالی که در ماه ژانویه نیاز به آب در حداکثر مقدار قرار دارد.

جدول ۲- طبقه‌بندی دقت عمل برای ۵ واحد منطقه‌ای در Viejo Rotama ، واحد درجه ۲ طرح آبیاری Tunuyan، Mendoza، آرژانتین

واحد منطقه T	دقت طبقه‌بندی
گنزالس	۳/۸
الکراز	۱۱/۶
اورگو	۷/۵
دی	۸/۳
رازکو ۲۰	۰/۹
میانگین	۶/۴

به نظر می‌رسد توزیع آب در زمانی که سطح نیاز بالا باشد منصفانه‌تر است تا زمانی که نیاز کم است. روی هم رفته تامین آب واقعی در Viejo Retamo با توجه به توزیع آب سطحی که متناسب با سطح واقعی کشت در منطقه می‌باشد دور از هدف نیست.

نظارت بر اراضی آبیاری شده حتی در مواقعی که محصولات دائمی کشت می‌شوند، مستلزم ارزیابی نحوه آبیاری است.

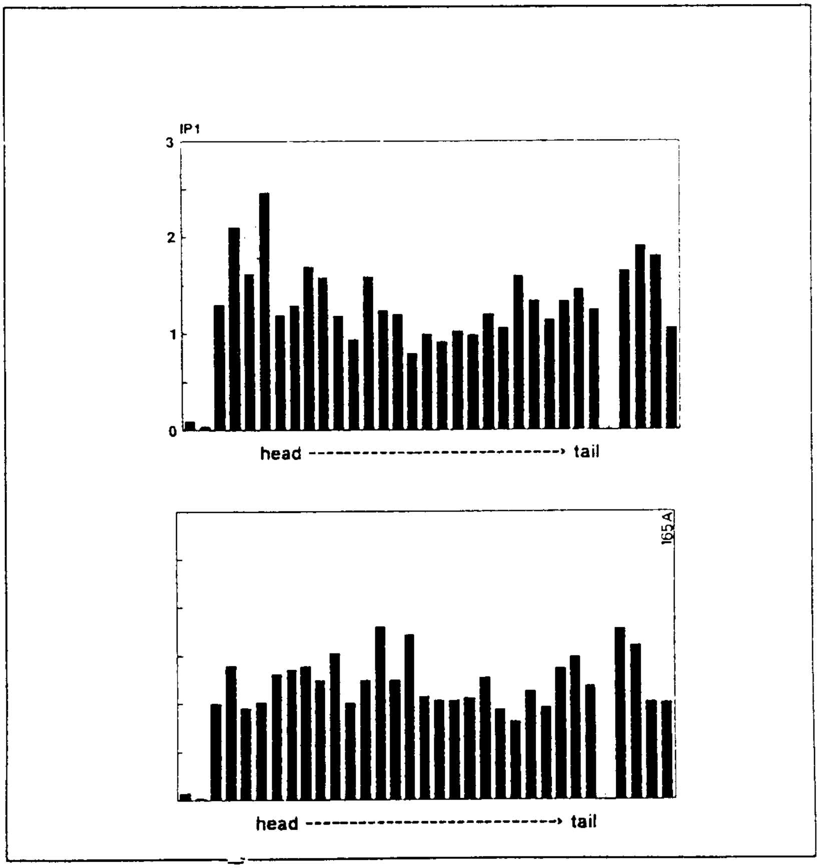
تخصیص آب براساس نیازهای آبی محصول

در مورد آبیاری منطقه Rio Tunvýan نیز عملکرد آبیاری براساس خط مشی تخصیص شماره ۲ "هماهنگ با نیاز آبی محصول" ارزیابی شده است.

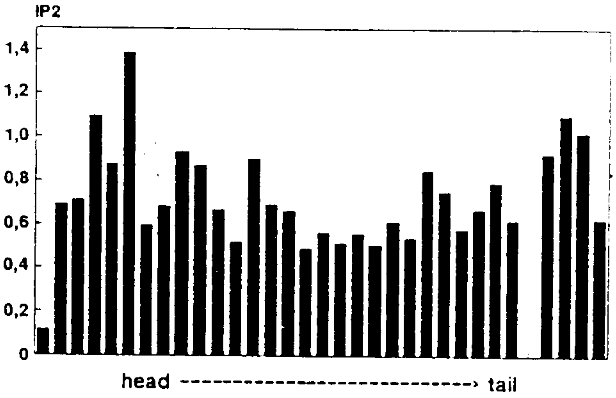
نتیجتاً ارزش و مقدار شاخص عملکرد (۲) را می‌توان برای کلیه واحدها تعیین نمود. این موارد در شکل شماره ۵ نشان داده شده است.

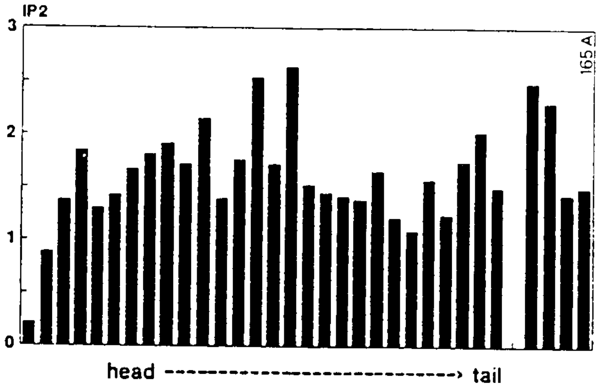
برای ماه سپتامبر ۱۹۸۷ (سطح درخواست پایین آب) و در ماه ژانویه ۱۹۸۸ (سطح درخواست بالای آب) نشان داده شده است. در ماه سپتامبر ۱۹۸۷ تمام مقادیر کمتر از یک است. به این معنی که حجم واقعی آب تحویلی به واحدهای درجه ۳ بیشتر از ظرفیت تبخیر آنهاست.

در نتیجه : سطح آب زیرزمینی در منطقه (Mirabile 1985) در طول اولین ماه فصل رشد شروع به افزایش نموده و در ژانویه ظرفیت تبخیر بیش از حجم واقعی آب استفاده شده گردیده است. بخشی از کمبود آب توسط آب زیرزمینی جبران خواهد شد و بخشی از افزایش خیز موئینه‌ای سبب می‌گردد سطح آب زیرزمینی در ماههایی که تقاضا به حداکثر می‌رسد کاهش یابد.

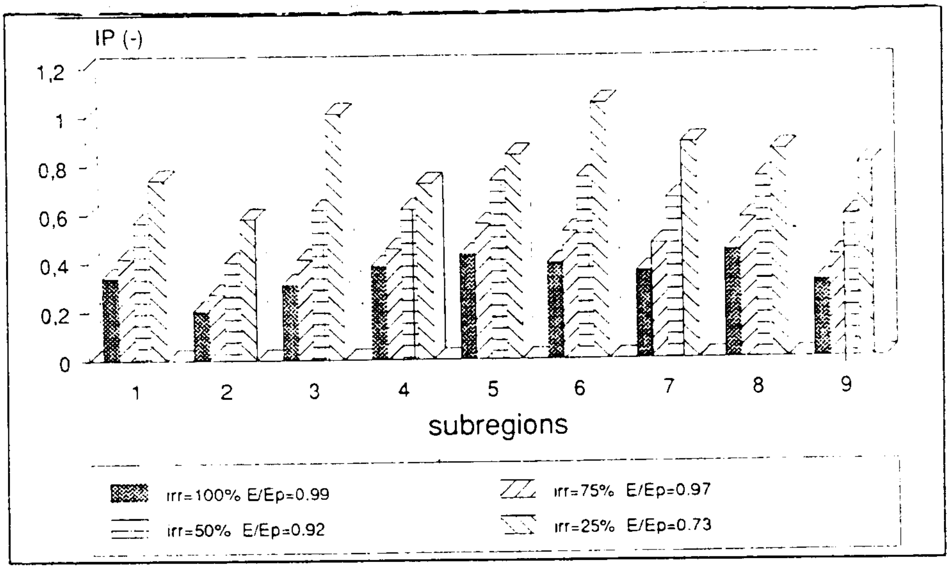


شکل ۴- ارقام شاخص عملکرد برای تمام واحدهای منطقه‌ای Viejo Retama
واحد درجه ۲ سپتامبر ۱۹۷۸ و B ژانویه ۱۹۸۸





شکل ۵- ارقام شاخص عملکرد ۲ برای کلیه واحدهای منطقه Viejo Retamo در سپتامبر ۸۷ و ژانویه ۸۸



شکل ۶- مقادیر ضریب حاشیه (از نظر تعریق و تعرق) مربوط به کل تامین آب بر ۴ استراتژی آبیاری مختلف. نتایج از طریق مدل شبیه‌سازی SIMGRO به دست آمده‌است.

مدل‌های توزیع هیدرولوژیکی طرح‌های آبیاری

روش‌های مشروحه در فوق اطلاعات مفیدی را در مورد اراضی آبیاری شده و عملکرد آبیاری تامین می‌نماید، به منظور شناخت عملیات اجرایی و مدیریت صحیح لازمست الگوهای فضایی که توسط هر مدیریتی تولید می‌شود محاسبه و تجزیه و تحلیل گردد.

این عمل می‌تواند با توزیع مدل‌های هیدرولوژیکی مراحل وابسته به آبیاری را تشریح نماید. در مطالعات انجام شده در منطقه Mendoza (آرژانتین) مدل Simgro (Querner & Van bakel 1989) برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته است.

این مدل جریان آب اشباع شده و اشباع نشده مناطق، سطح آب را در سیستم‌های کانال، فرآیند هیدرولوژیکی در یک منطقه شبیه‌سازی می‌نماید. ضمناً اثرات آبیاری روی محصول و نیاز آبی در نظر گرفته می‌شود. منطقه اشباع شده با استفاده از روش عنصر

محدود (Finite element) مدل‌سازی شده است. منطقه به تعدادی از عناصر محدود تقسیم می‌شود با ملحوظ داشتن جریان سه بعدی یعنی جریان افقی در لایه آبدار و جریان عمودی در لایه‌های با نفوذپذیری کمتر، سطح آب زیرزمینی و سیلاب برحسب نقطه گره (model point) محاسبه می‌شود. منطقه غیراشباع با استفاده از دو مخزن ذخیره مدل‌سازی شده است، یکی برای منطقه ریشه و دیگری برای خاک زیرسطحی. آب ذخیره شده شامل جریان ورودی و خروجی در تعادل آب منطقه ریشه منظور می‌گردد. سطح آب زیرزمینی از طریق تعادل آب منطقه خاک زیرسطحی در قالب نرخ ذخیره محاسبه می‌شود.

نیاز آبی براساس کاربری اراضی محاسبه می‌گردد و شامل محاسبه تعادل آب و خاک می‌باشد. سیستم آب سطحی زیر منطقه‌ها متشکل از شبکه کوچک کانال‌ها به عنوان یک مخزن منفرد برای انتقال و مصرف آبیاری مدل سازی می‌شود.

زیر منطقه‌ها، از تعدادی نقاط (گره) تشکیل گردیده‌اند که در آن خصوصیات خاک و شرایط هیدرولوژیکی، همگن می‌باشند.

مدل SIMGRO نیاز به سطح منطقه کشت شده به عنوان ورودی داده‌ها را دارد. این روش در منطقه مطالعه Tunuýan تشریح شده و توسط (Durso et, al., 1992) به کار گرفته شده است.

این نقاط گره (نقاط ارتباطی) شبکه از طریق صفحه دیجیتایزر رقومی گردیده و روی تصویر ماهواره‌ای منطقه جایگزاری می‌گردد. سپس تصویر رقومی منطقه با توجه به بازدیدهای زمینی طبقه‌بندی گردیده و بالاخره مناطق حساس و شکننده به وسیله مقدار Kc به دست می‌آید که توسط داده‌های ورودی Simgro در زیر منطقه می‌باشد.

نتایج مدل می‌تواند برای کل سیستم به منظور به دست آوردن راندمان تقریبی پروژه آبیاری و مقایسه با نتایج به دست آمده از صحرا با ارزش و معتبر باشد. با استفاده از نتایج مطلوب مقدار محاسبه شده ۴۲ درصد گردیده در صورتی که براساس داده‌های صحرایی ۳۹ درصد بوده است.

این مدل تحت مدیریت‌های مختلف برای مطالعه عملکرد سیستم قابل استفاده می‌باشد.

براساس قانون جاری تخصیص آب (آب تخصیص یافته متناسب است با حقابه تعیین

شده) راندمان پروژه آبیاری باید کاملاً با نیاز آبی فصلی هم‌خوانی داشته‌باشد. در زمان نیاز آبی بالا (تابستان) راندمان پروژه بالاست، در حالی که کاهش نیاز آبی پایین می‌آید.

تجزیه و تحلیل مرکب توسط شاخص عملکرد IP3 (جدول ۱) انجام گردید. در شکل ۶ چهار استراتژی آبیاری مقایسه می‌شود که شامل ۲۵ درصد، ۵۰ درصد، ۷۵ درصد، ۱۰۰ درصد تامین آب می‌باشد. تجزیه و تحلیل لازم بر روی شاخه‌های هیدرولوژی مشابه زیر مناطق انجام شده است، مقادیر IP به طور قابل ملاحظه‌ای در میان شاخه‌ها تغییر می‌کند و مشخص می‌نماید که کدام شاخه زیرمنطقه سود بیشتری از آب تامین شده به‌دست می‌آورد.

همان مقادیر می‌تواند برای مشخص کردن استراتژی تخصیص آب متعادل به کار برده شود و ممکن است به عنوان ضریب حاشیه تعریف گردد. به عنوان مثال با درنظر گرفتن IP=0.4 ‏۷۵ درصد از آب جاری باید در شاخه ۱ و ۵۰ درصد در شاخه ۲ و ... غیره تخصیص یابد.

تخصیص آب براساس الویت کشاورزان

فنی که تاکنون شرح داده شد می‌تواند برای مشخص کردن و ارزیابی بهبود مدیریت استفاده شود. این توسعه و بهبود می‌تواند توسط مدیران و یا مسئولان آبیاری که کنترل کامل روی برنامه‌های اجرایی دارند، اجرا گردد ولی معمولاً چنین حالتی وجود ندارد و به علاوه مدیریت طرح آبیاری باید به عنوان خدماتی باشد که می‌تواند برای کشاورزان و زارعین راهگشای نیازهای آنها باشد.

مطالب بسیاری در مورد اصول مهم پذیرش طرح‌های جدید مدیریت آبیاری توسط کشاورزان ارائه شده است. به هرحال شناخت زارعین از نظر فنی و کیفی طرح‌های آبیاری و بهره‌برداری از آنها بسیار محدود می‌باشد.

آگاهی از چنین وابستگی‌ها مرجعی برای بهبود طراحی مدیریت صحیح آب است که آرزوی کلیه زارعین می‌باشد و تکامل آن با استفاده از فن بازاریابی به منظور شناسایی فرضیه اولویت در توزیع آب و ارزیابی، به کارگیری پدیده‌های خاص توزیع

آب می‌باشد. توضیح مفصل این روش و نتایج آن در جای دیگر ارائه شده (Baars & Van Logchem, 1993). در این قسمت بخش‌های کوتاهی از نتایج مطالعه Tunuy'an آورده شده است.

روش دستیابی جدید شامل چهار مرحله اصلی

تجزیه و تحلیل دیدگاهی : براساس تجزیه و تحلیل فنی مدیریت آبیاری فهرستی از خصوصیات جاری و راه‌های دیگر سیستم توزیع آب تهیه گردیده و سئوالاتی برای اندازه‌گیری فرضیه کشاورزان از ۱ تا ۵ مقیاس دسته‌بندی می‌شوند.

تحلیل اولویت‌ها : همان‌طوری که توسط کشاورزان مشاهده و تعیین شده است، خصوصیات و ویژگی‌ها یک استقلال داخلی می‌باشند. بنابراین فهم کشاورزان در ابعادی کوچکتر تشریح می‌گردد. اهمیت هر یک از ابعاد ممکن است تغییراتی داشته‌باشد. بنابراین از کشاورزان خواسته می‌شود تا به سئوالات دومین فهرست در مورد اولویت‌های دو نوع سیستم توزیع آب پاسخ دهند.

ارتباط مشاهدات با پدیدهٔ فنی : به منظور انطباق روش توزیع آب با اولویت‌های زارعین، باید اولویت‌ها در ارتباط با ویژگی‌های کیفی پدیده‌های تنها مدیریت آبیاری که به سادگی قابل تغییر است، باشد، چنین حالتی سبب ارتباط عملی بین تغییرات در پدیده‌های قابل تعقیب و اولویت‌های زارعین می‌گردد.

تجزیه کاربردی

با توجه به اولویت میزان درک، زارعین مختلف ممکن است برای یک عارضه کاربرد متفاوتی داشته باشند، بنابراین سومین فهرست سؤالات تهیه می‌گردد، تا توسط جواب‌ها میزان کاربری هر عارضه تخمین زده شود.

این نتیجه سبب ایجاد روش دیگر توزیع آب براساس درک زارعین گردید که بهتر از روش جاری است که براساس درک ابعاد (کنترل) بوده و کمترین توسعه و گسترش را در

خودکفایی دارد. سیستم جاری ساده‌تر و کم هزینه‌تر می‌باشد.

آنالیز آگاهانه نشان داده است که کشاورزان و زارعینی که برخورد قوی با خودکفایی «خودگردانی» دارند، کمتر به کنترل نیاز دارند در حالی که آن‌ها اهمیتی به سادگی کاربری و میزان هزینه‌ها نمی‌دهند. در نتیجه به کارگیری وظایف حاصل از عوارض و پدیده‌هایی نظیر چرخش دوره‌ای میزان جریان و تعیین قانون جدید آب، براساس (درخواست‌ها، با درنظر گرفتن محدودیت‌ها) به دست می‌آید.

سه رشته نسبتاً همگن برای بعضی از وظایف که نوعی استفاده دارند به دست آمده است. از آنجایی که رشته‌ها مرتبط به الگوهای فضایی است، این اطلاعات می‌تواند برای توزیع بهینه آب در مناطق آبخور و زیر منطقه‌ها با توجه به برنامه‌هایی که حداکثر استفاده را دارد مورد عمل قرار گیرد. مخصوصاً این تبعیض در غالب رشته‌ها نسبت به محصول سبزیجات در ارتباط با تاکستان‌ها و درصد زمین‌های تخریب شده توسط کشاورزان می‌باشد.

این جنبه کاربری اراضی بسادگی در مجموعه‌ای از تصایر ماهواره قابل شمارش است که برای طراحی و برنامه‌های هدایت شده آبیاری بسیار موثر و کمک کننده است.

مسایل مدیریت

اثر مشارکت در Mendoza

فعالیت‌های مشارکتی در نتیجه فعالیت یک گروه فعال استفاده‌کننده که از سال ۱۹۸۴ شروع شده تشکیل گردید. همان‌طور که در نشریات درج شده این گروه جدیدالتأسیس از حمایت و پشتیبانی‌های ملی و بین‌المللی مختلف استفاده می‌کنند.

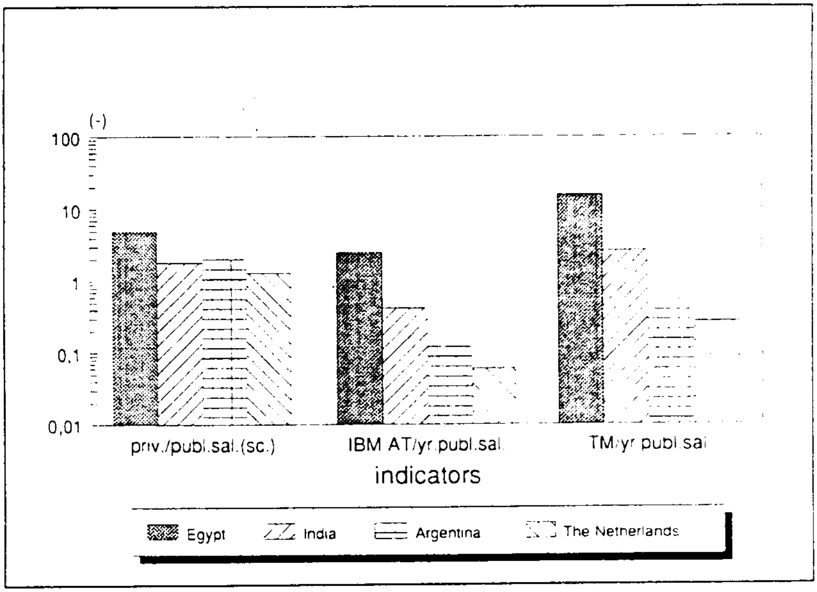
در مرحله فعلی منابع اضافی (علاوه بر بودجه مصوب) که برای بهره‌وری جامعه ملحوظ گردیده منوط بر عدم استمرار موجودیت فعلی است.

به هرحال برای آینده نزدیک دو نیاز اساسی وجود دارد:

۱- ویژگی‌های بیشتری برای ابقاء سیستم‌های مشارکتی.

۲- بهبود بخشیدن بینش شرکت‌کنندگان روستایی.

اجرای پروژه به‌طورکلی به حدود ۵۰ هزار دلار در سال نیاز دارد، که باید از طریق بودجه مصوب و اعتبار اضافی تأمین شود.



شکل ۷- مقادیر شاخص‌های IP3,IP2,IP1 در مصر، هند، آرژانتین و هلند در سال ۱۹۹۱

شرایط اقتصادی

ابتدا تعریف ساده‌ای از سنجش از دور و تحقیقات محیطی پیشنهاد می‌گردد و سپس شرایط مصر، هندوستان و هلند با آن مقایسه می‌شود.

ساده‌ترین نگرش نسبت به سنجش از دور و تحقیقات محیطی عبارتست از متخصصین، یک کامپیوتر کوچک و تصویر ماهواره و موسسه تحقیقاتی که بعضی از هزینه‌ها را تقبل نماید. مقایسه براساس چهار شاخص تعریف شده زیر می‌باشد.

تعاریف شاخص‌های تحقیقات محیط در کشورهای کمتر توسعه یافته[1]

IP1 - فهرست چرخه‌های پراکنده =

$$\frac{\text{دستمزد سالیانه بخش خصوصی}}{\text{دستمزد سالیانه بخش عمومی}}$$

این فهرست برای فارغ‌التحصیل دانشگاه با ده سال سابقه می‌باشد.

IP2 - فهرست دستیابی به بخشهای محاسباتی =

$$\frac{\text{دستمزد سالیانه در بخش عمومی}}{\text{قیمت دستگاه } PC \text{ (کامپیوتر)}}$$

دستمزد سالیانه برای فارغ‌التحصیل دانشگاهی با ۱۰ سال سابقه کار باید درنظر گرفته شود. مرجع باید در دسترس افرادی که ۵ سال سابقه کار دارند باشد. مانند IBM AT.

IP3 - فهرست دستیابی به تصاویر ماهواره =

$$\frac{\text{دستمزد سالیانه بخش عمومی}}{\text{قیمت تصویر } TM \text{ و نوار رقومی}}$$

دستمزد سالیانه برای فارغ‌التحصیل دانشگاه با ۱۰ سال سابقه کار می‌باشد و قیمت تصویر کامل لندست براساس قیمت EOSAT و قیمتی خواهد بود که از طرف موسسه سنجش از دور ملی، هندوستان و برزیل و سه قیمت دیگر درنظر گرفته و محاسبه شده است.

IP4 - فهرست آموزشی و عملیاتی =

$$\frac{\text{هزینه‌های واقعی غیرثابت سالیانه و عملیات آموزشی}}{\text{بودجه سالیانه}}$$

هزینه‌های واقعی غیرثابت شامل منابع تخصیص یافته فعالیت‌های پروژه می‌باشند (مثل دستمزدها، برق، ساختمان، نگهداری) به غیر از هزینه‌های ثابت.

تحقیقات محیط زیستی سنجش از دور در مصر، هند، هلند، آرژانتین

یک مقایسه معقولانه از عملیات انجام شده براساس قیمت‌های سال ۱۹۹۱ انجام و نتایج حاصله در شکل ۷ نشان داده شده است. باید توجه داشت که محور Y مقیاس لگاریتمی است به این معنی که ارزش IP3 و IP2 در بعضی موارد با ۱ و ۲ تفاوت دارد. به عنوان مثال ارزش IP3 برای مصر مساوی با ۱۵ است به این معنی که تصویر TM برابر است با حقوقی که متخصصین بخش خصوصی در ۱۵ سال به دست می‌آورند و این مبلغ مقایسه می‌شود با ارزش IP3 معادل با ۰/۳ در هلند. این خود شاهد آن است که در مصر دستیابی به تصویر TM سخت‌تر از هلند می‌باشد.

نتیجه جالب دیگر نشان می‌دهد ارزش تمام شاخص ها شبیه هلند و آرژانتین می‌باشند. در مورد ارزش IP3 برای هندوستان، مرکز NRSA تصاویر اخذ شده در هند را ارزان‌تر به فروش می‌رساند، چیزی نزدیک به حقوقی که به یک اپراتور پرداخت می‌شود بنابراین ارزش IP3 تقریباً برابر ارزش آن در هلند می‌باشد زمانی که از قیمت‌های NRSA استفاده شود. مورد بعدی که اغلب به کار گرفته می‌شود عدم امکان تحقیقات در کشورهای کم توسعه یافته به دلیل عدم ثبات است. این مشکل بزرگی است همان طورکه در شکل ۸ و ۹ در آرژانتین نشان داده شده است.ارزش ارائه شده 1P3, 1P2 از ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۱ قابل مقایسه با دستمزد متخصصین بخش عمومی می‌باشد. در طول سال‌ها این مبلغ ثابت نبوده حتی در آرژانتین نیز با تغییراتی روبه‌رو بوده است.

به هر حال تسهیلات محاسباتی بسیار جالب توجه بوده و دسترسی به آنها روزبه‌روز ساده‌تر شده است (IP2). در حالی که اخیراً افزایش شدید در قیمت‌های EOSAT مربوط به تصاویر TM تا حد زیادی از بهبود توسعه شرایط اقتصادی در آرژانتین جلوگیری نموده‌است. اطلاعات ذکر شده در شکل ۹ مربوط به پروژه مشترک در Mendoza و به‌خصوص ظرفیت بهره‌برداری Instituto Nacional de Ciencias Y Tecnologias Hidricas Centro Regional Andino (INCYTH-CRA) می‌باشد. ظرفیت بهره‌برداری (INCYTH-CRA) که از سال ۱۹۸۸ توسط بودجه سازمانی تامین می‌شود بسیار پایین یا نزدیک به صفر بوده‌است و این شبیه سایر سازمان‌هایی می‌شود که در برنامه

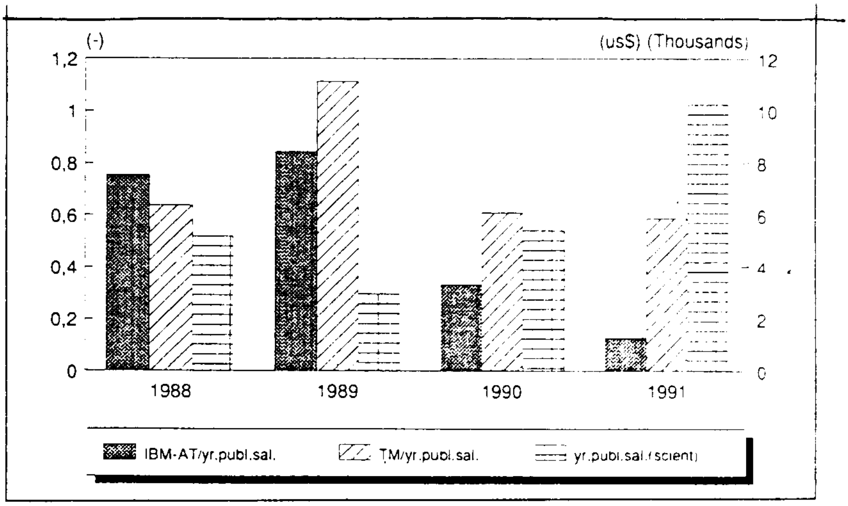
Mendoza مشارکت داشته‌اند. با وجود این بازده انتشارات جوامع استفاده کننده محلی در طول فاصله زمانی مشابه تا اندازه‌ای رضایت بخش بوده‌است. دسترسی به این موفقیت به خاطر سرمایه‌گذاری اضافی است که قابلیت بهره‌وری برای سازمان‌هایی که به صورت غیر اجرایی به موجودیت خود ادامه می‌دادند فراهم نموده است. قابل ذکر است که سرمایه‌گذاری در اجراء پروژه بالاتر از هزینه‌های تحقیقاتی می‌باشد. این موضوع اهداف ویژه و میان مدت را تعیین نموده و تعهدات و خطوط پایانی را مشخص می‌نماید.

نتایج

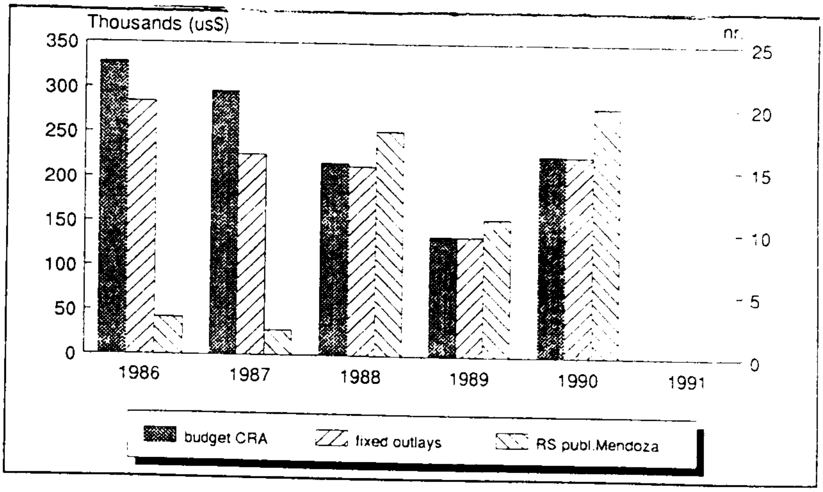
بحث فوق را می‌توان با موارد زیر خلاصه نمود.

- کاربرد سنجش از دور در مدیریت آبیاری و زهکشی باید براساس مشکلات مدیریت با درنظر گرفتن قوانین و سنتها و مجامع آبیاری محلی به‌طور دقیق تعریف شود.
- مشکلات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر و داده‌های ماهواره برطرف شده و می‌تواند بحران‌های جدی در قوانین تخصیص آب را برطرف و حل نماید.
- آژانس‌هایی که فعالیت‌های سنجش از دور را در کشورهای کمتر توسعه یافته حمایت و پشتیبانی می‌کنند از کوشش‌های کوتاه به سوی پروژه‌های کوچک با عمر طولانی‌تر سوق داده شوند. مسایل فنی تحقیقاتی در کشورهای کمتر توسعه یافته باید توسط متخصصین کشورهای توسعه یافته بهبود یابد.

چنانچه متخصصین کشورهای کمتر توسعه یافته دسترسی درازمدت به مکانیزم بین‌المللی مبادله علمی داشته باشند و از پراکندگی تخصص‌ها جلوگیری خواهد شد.



شکل ۸- تغییرپذیری بین‌المللی IP_2 و IP_3 در آرژانتین، دستمزد سالیانه دانشمندان بخش دولتی به عنوان شاخص ثبات اقتصادی نشان داده شده است.



شکل ۹- بودجه مصوب INCYTH-CRA با بخش موردنیاز برای هزینه‌های ثابت مقایسه شده است. بازده انتشارات منابع آب به اضافه گروه سنجش از دور به عنوان شاخص برگشت نشان داده شده است.

منابع

Azzali, S. and Menenti, M. 1989. Irrigation water management in two Italian irrigation districts. Proc. workshop on *Earthnet Pilot Project on LANDSAT-TM applications*, December 1987, Frascati, Italy. pp. 41-48.

Azzali, S., Menenti, M., Meuwissen, I.J.M. and Visser, T.N.M. 1990. Mapping crop coefficients in an Argentinian irrigation scheme. In: *Remote Sensing in Evaluation and Management of Irrigation*, M. Menenti (ed.). Proc. Int. Symposium, 20-25 November 1989, Mendoza, Argentina. pp. 79-102.

Baars, E. and van Logchem, B. 1993. *A client oriented and quantifiable approach to irrigation design. A case study in Mendoza Argentina*. Report 75. DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands (in press).

Bos, M.G., Wolters, W., Morabito, J.A. and Drovandi, A. 1990. The need for flow data in irrigation management supported by remote sensing in Mendoza. In: *Remote Sensing in Evaluation and Management of Irrigation*, M. Menenti (ed.). Proc. Int. Symposium, 20-25 November 1989, Mendoza, Argentina. pp. 115-128.

D'Urso, G., Querner, E.P. and Morabito, J.A. 1992. Integration of hydrological simulation models with remotely sensed data: an application to irrigation management. In: *Advances in planning, design and management of irrigation systems as related to sustainable land use*. J. Feyen *et al.* (eds). pp. 473-483.

FAO. 1977. Crop water requirements. Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. *FAO Irrigation and Drainage Paper 24*. FAO, Rome.

Menenti, M., Visser, T.N.M., Morabito, J.A. and Drovandi, A. 1989. Appraisal of irrigation performance with satellite data and georeferenced information. In: *Irrigation Theory and Practice*. J.R. Rydzewsky and K. Ward (eds). Pentech. Press, London. pp. 785-801.

Meuwissen, I.J.M. 1989. *Mapping of vegetation and evapotranspiration in the Rio Tunuyán Irrigation Scheme, Mendoza, Argentina, using a satellite image*. Note 1965. ICW, Wageningen, The Netherlands.

Mirabile, C. 1985. *Mapas y balance salino del area bajo riego del rio Tunuyán Medio*. Acta Congreso Nacional del Agua, Mendoza.

Querner, E.P. and van Bakel, P.J.T. 1989. *Description of the regional groundwater flow model SIMGRO*. Report 7. DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands.

Salih, A.M.A. and Sendil, U. 1984. Evapotranspiration under extremely arid climates. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 110(3): 289-303.

Visser, T.N.M., Menenti, M., Morabito, J.A. and Drovandi, A. 1989. Digital analysis of satellite data and numerical simulation applied to irrigation water management by means of a database system. *Proc. Intern. Conference on Use of Computers in Scientific and Technical Research*. Universidad de Mendoza, Mendoza, Argentina.

Visser, T.N.M. 1990. *Assessment of the green areas of Riyadh*. Report 21. DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands.

Vos, J., Kabat, P., Bos, M.G. and Feddes, R.A. 1989. *CRIWAR: a simulation program for calculating the crop irrigation water requirement of a cropped area*. Publication 46. ILRI, Wageningen, The Netherlands.

Menenti, M. 1990. Sensing local sensitivities. *Land and Water International* 66: 10-12.

Menenti, M., Azzali, S., Leguizamon, S. and Collado, D.A. 1986. Multitemporal analysis of LANDSAT Multi-Spectral-Scanner (MSS) and Thematic Mapper (TM) data to map crops in the Po valley (Italy) and in Mendoza (Argentina). *Proceedings 7th Intern. Symp. on Remote Sensing for Resource Development and Environmental Management*. Enschede, 25-29 August, 1986. 1: 293-299.

مدیریت پروژه‌های بزرگ آبیاری در مراکش

اهداف و زمینه‌ها

منطقه آبیاری

دشت غرب (Gharb) در قسمت شمال غربی مراکش قرار گرفته، ۶۱۶۰۰۰ هکتار از آن قسمت پایین دست حوضه سبو (sebou) را تشکیل داده که آب اطلس میانی (Middle - Atlas) و ریف جنوبی را تخلیه می‌نماید. این حوضه که نسبتاً کم‌شیب است از تشکیلات رسوبی و خاک‌های سیلتی (۳۰ درصد)، لومی (۴۰ درصد) تا خیلی لومی (۱۴ درصد)، یا شنی (۱۴ درصد) پوشیده شده است. اقلیم آن مدیترانه‌ای و تحت تأثیر اقلیم اقیانوسی است (بارندگی بین ۴۳۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر که عمدتاً بین ماه‌های اکتبر و آوریل ریزش می‌نماید).

این منطقه از زمان ایجاد ORMVAG از بایر به دایر تبدیل شده و به منظور آبیاری ۲۵۰۰۰۰ هکتار یعنی حدود ۲۰ درصد پتانسیل سطح آبیاری شده مراکش مورد بهره‌برداری قرار گرفته و به بخش بزرگی از تولید زراعی ملی (۱۰۰ درصد برنج، ۶۵ درصد نیشکر، ۳۸ درصد مرکبات) اختصاص یافته است.

از یکصدهزار هکتار زیر پوشش آبیاری، ۹۰۰۰۰ هکتار آن با روش آبیاری سطحی و ۱۰۰۰۰ هکتار با روش آبیاری بارانی آبیاری می‌شود. شبکه هیدرولیک توسط Oued Sebou و وابستگان آن (Ouergha, Inaouene, Beht) ساخته شده و به عنوان کانال‌های اصلی که جریان آنها به وسیله سدها و هم‌چنین توسط کانال‌های آبیاری که آب را از رودخانه‌ها پمپاژ می‌کنند تنظیم می‌شود.

همگی این تأسیسات زیربنایی خیلی بزرگ هستند :

- ۱۵۰۰ میلیون مترمکعب به وسیله سدهای ال کانسرا[1] و ادریس اول[2] و در آینده ۴۰۰۰ میلیون مترمکعب توسط سد امجارا[3] تنظیم می‌گردد.
- ۴۱ ایستگاه پمپاژ با حدود ۲۰۰ موتور پمپ و ۱۰۰ مترمکعب در ثانیه پمپاژ می‌شوند.
- ۱۹۰۰ کیلومتر کانال‌های کشتزارهای برنج.
- ۲۲۰ کیلومتر لوله.
- ۳۰۰۰ کیلومتر جاده دسترسی[4].
- ۸۵۰۰ کیلومتر شبکه زهکشی.

تکنولوژی مناسب و مدرن

علی‌رغم تلاش‌های ORMVAG جهت بهبود مدیریت پروژه، مسایل زیادی هنوز باقی است. در نتیجه ORMVAG در جستجوی نوعی از فن‌آوری بود که بتواند اطلاعات کلی، محلی و بهنگام شدنی را تهیه نماید. برای این منظور یک فایل زیربنایی ساخته شد که بتواند همراه با مدیریت سیستم بانک اطلاعاتی کار کند.

شکل ۱ - نقشه‌مناطق تحت‌آبیاری در منطقه(Oued Beht) بر اساس لندست تصویر۱۰-۷-۸۷TM

اما تا آنجاکه به سطوح بزرگ و فعالیت‌های زیربنایی مربوط می‌شود، نیروی انسانی جهت جمع‌آوری داده‌ها ناکافی بوده و ORMVAG در سال ۱۹۶۸ فعالیت مشترکی را با CEMAGREF و مؤسسه کشاورزی et vétérinaire حسن دوم، آغاز نموده تا پروژهای

---

[1] El Kansera

[2] Idriss I

[3] M’Jara

[4] Unloamy trails

را تحت عنوان: ارزیابی سنجش از دور در مدیریت و آماربرداری (monitoring) پروژه‌های بزرگ آبیاری ارائه نماید.

هدف این پروژه استقرار، توسعه و به‌کارگیری کاربردهای زیر در منطقه غرب می‌باشد:

- تهیه نقشه کاربری اراضی.
- تهیه نقشه مناطق آبیاری شده.
- تشخیص ناهمگونی‌ها[1].
- آماربرداری از آبیاری.
- تهیه نقشه تشعشات و یخبندان‌ها[2].
- تهیه نقشه مناطق سیل گرفته.

فاز مطالعات، توسعه و انتقال تکنولوژی از ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۰ به طول انجامید. فاز اجرایی در ۱۹۸۹ شروع شده و در سال ۱۹۹۲ خاتمه یافت. جدا از سه شرکت مذکور این پروژه از کمک‌های مالی وزارت امور خارجه فرانسه بهره‌مند گردید.

به عنوان قسمتی از نتایج کارگاه تخصصی CEMAGREF-FAO مقاله "کاربرد تکنیک‌های سنجش از دور در آبیاری و زهکشی" مطرح گردید. این مقاله فقط به کاربردهایی اشاره می‌کند که مربوط به مدیریت آبیاری است. این کاربردها عبارتند از تهیه نقشه مناطق آبیاری شده، تشخیص ناهمگونی‌ها و آماربرداری از مناطق آبیاری شده.

تهیه نقشه مناطق آبیاری شده

جریان آب قابل دسترس رودخانه‌هایی که آب را در اختیار مناطق می‌گذارند به دلیل پمپاژ بخش خصوصی جهت آبیاری باغات میوه و باغداری کاهش می‌یابد. ORMVAG علاقمند است از میزان جریان پمپاژ شده اطلاع یابد تا مدیریت آبیاری و آب‌بها را اصلاح کند. نقشه مناطق زیر آبیاری به تعیین میزان آب برداشت شده به وسیله پمپاژ کمک می‌نماید.

---

[1] Heterogeneities

[2] Radiative Frosts

تهیه نقشه بر اساس استفاده از تصویر با قابلیت تفکیک بالا (SPOT XS یا Landsat TM) به دست آمده در تابستان و در مابین زمان آبیاری صورت گرفت. پس از تفکیک نمودن تصویر جهت جداسازی مناطق غیرآبیاری (جنگل و تپه‌ها) تشخیص سطوح آبیاری از غیر آبیاری با روش طبقه‌بندی نظارت شده با روش حداکثر درشت‌نمایی یا روش Hypercube انجام می‌گیرد (شکل ۱).

نقشه تهیه شده می‌تواند روی نقشه مزارعی که جواز پمپاژ دارند قرار گیرد تا پمپاژهای غیر مجاز مشخص شود. این نقشه هم‌چنین می‌تواند برآوردی از آب منتقل شده با استفاده از شناخت نیاز آبی گیاهان آبیاری شده (اساساً مرکبات) را به دست دهد.

دو نقشه تهیه شده در ۱۹۸۷ و ۱۹۸۹ شاهد تفاوت بسیار زیاد بین سطوح واقعاً آبیاری شده و سطوح مجاز آبیاری شده می‌باشد. نقشه ۱۹۸۷ به علت آنکه ۷۵ درصد پمپاژهای غیرمجاز پس از آن تاریخ اقدام به گرفتن مجوز نموده‌اند قابل استفاده نمی‌باشد.

در نتیجه تهیه این نقشه‌ها به طور کامل می‌تواند هر سه سال یک بار با استفاده از تصاویر SPOT یا Lansat TM جهت بهنگام نمودن نقشه آبیاری و پرونده کشاورزان آبیاری کننده انجام گیرد.

تعیین عدم تجانس‌ها

غالباً انجام آبیاری یا زهکشی در قطعات نامتجانس که با سنجش از دور قابل تشخیص است، برخلاف انتظار است. کارکنان ORMVAG می‌توانند انواع عدم تجانس را در مزارع مشخص کنند لیکن این امر برای کل منطقه عملی نیست. بنابراین لازم است این عدم تجانس‌ها جهت مداخله در منطقه سریعاً مشخص شوند.

این تشخیص می‌تواند به سادگی با یک تحلیل چشمی تصویر ترکیب رنگی SPOT XS یا Landata TM با اشاره به قطعات نامتجانس انجام گیرد اما این تحلیل ممکن است ناقص و دارای اشکال باشد.

تشخیص اتوماتیک که در این جا مورد استفاده قرار گرفته می‌تواند براساس تحلیل

آماری تصویر (در کل یا برای یک گیاه یا گروهی از گیاهان) صورت گیرد. این تحلیل فقط یک باند طیف نوری ویژه حساس به نامتجانس بودن را مورد بررسی قرار می‌دهد و بدین منظور یکی از لبه‌های هیستوگرام مقادیر رادیومتریک با پیکسل‌هایی که از نظر آماری غیر متجانس هستند مطابقت داده می‌شود.

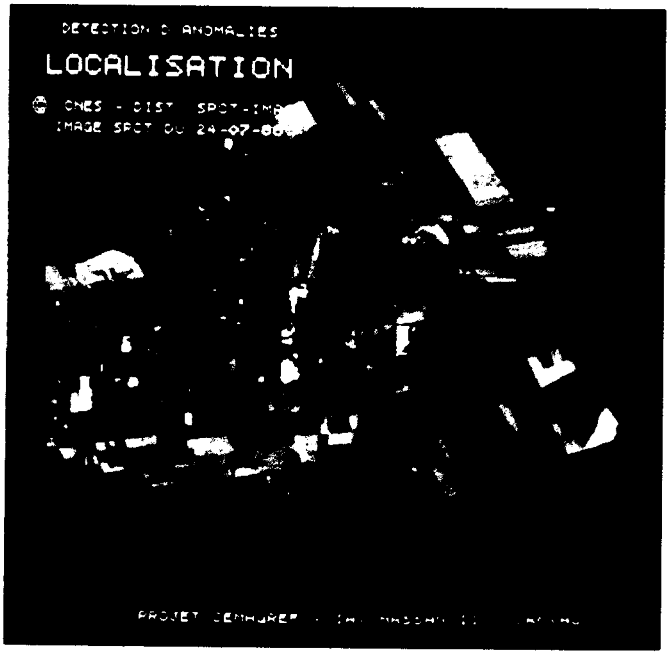
بنابراین موارد زیر قابل تشخیص می‌باشند:

- فشار آبی بر نیشکر (تشخیص قطعات نیشکر، سپس آستانه قرار دادن در باند مادون قرمز نزدیک).
- آب اضافی در قطعات (آستانه قرار دادن در باند میانی مادون قرمز).
- پوشش گیاهی اضافه در کانال‌های زهکشی (انعکاس بالای کانال‌ها در مادون قرمز نزدیک).

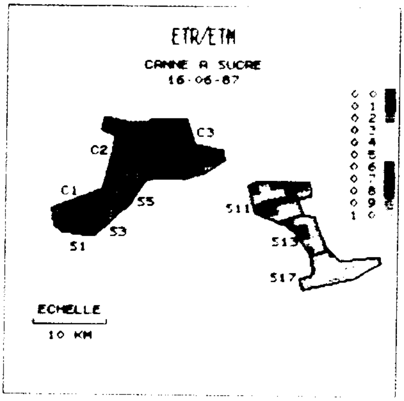
تمامی این عدم تجانس‌ها می‌تواند در یک نقشه جمع‌آوری شود که نشان دهنده قطعات مذکور (شکل ۲) بوده و از آنها می‌توان یک پرونده برای بررسی قطعات به دست آورد.

آماربرداری آبیاری

مدیریت آبیاری با شناخت دقیق نیاز آب مصرفی گیاه و مقایسه آن با منابع آب و کنترل این امر که آیا این منابع تکافوی نیازهای مذکور را می‌دهند یا نه، صورت می‌گیرد. داده‌های مادون قرمز حرارتی روزانه ماهواره NOAA امکان برآورد تبخیر و تعرق واقعی گیاه را با میزان تفکیک ۱/۱ کیلومتر فراهم می‌سازد. بنابراین در این مقیاس یک روش وجود دارد.


DETECTION D ANOMALIES
LOCALISATION
© CNES - DIST SPOT-IMA
IMAGE SPOT DU 24-07-86
PROJET SEMHUREF

شکل ۲ - نقشه‌ای که بطور خودکار ناهمگینی‌های یک منطقه تحت آبیاری با وسعت ۱۵۰۰ هکتار را نشان می‌دهد.


ETR/ETM
CANNE A SUCRE
16-06-87
C1
C2
C3
S1
S3
S5
S11
S13
S17
00
01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
ECHELLE
10 KM

شکل ۳- نقشهٔ میزان تامین نیاز آبی نیشکر که از نسبت بین تبخیر و تعرق واقعی

(ETR) و مقدار بیشینه (ETM) تبخیر و تعریق برآورد شده است.

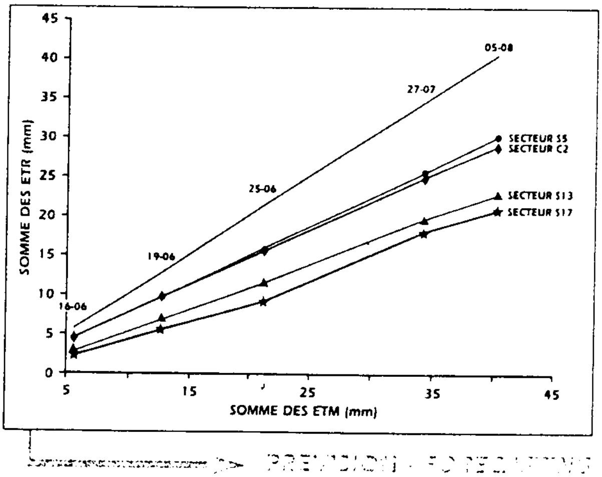
اما این امر نیاز به یک تحقیق روش شناسانه و همین‌طور یک گیاهی که به صورت گسترده موجود باشد دارد. به این دلیل است که این کاربرد درحال حاضر محدود به نیشکر می‌گردد.

این روش مبتنی بر تهیه نقشه تبخیر و تعرق واقعی گیاه یعنی ETR است که تبخیر و تعرق بیشینه گیاه در قطعات به‌خوبی آبیاری شده مرجع می‌باشد.

تهیه نقشه با استفاده از تصویر NOAA صورت می‌گیرد که درجه حرارت سطح گیاه (T_S) را پس از تصحیح تأثیرات تشعشعی گیاه و جو با استفاده از رابطه زیر نشان می‌دهد:

$$ETR - R_n = A - B\,(T_s - T_a)$$

تشعشع خالص R_n و درجه حرارت هوا T_a در زمین اندازه‌گیری شده و پارامترهای A و B با استفاده از اندازه‌گیری ارتفاع گیاه و شاخص سطح برگ تعیین می‌شود.



شکل ۴- مقایسه بین ETR و ETM تجمعی که اختلاف زیاد بین اراضی مختلف آبیاری شده را که برای پیش‌بینی میزان محصول می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد نشان می‌دهد.

آماربرداری مدیریت آبیاری بر مبنای نقشه‌هایی (شکل ۳) که مناطق دارای بیشترین فشار را نشان می‌دهند (خصوصاً به‌خاطر بازدهی پایین سیستم‌های آبیاری) صورت می‌گیرد. این مناطق سپس می‌توانند از تأمین آب و نگهداری شبکه بهره‌مند شوند. تحلیل تصاویر متعدد برای هر زیربخش هیدرولیکی منطقه یک شاخصی از تأمین نیاز آبی را به‌دست می‌دهد به صورتی که تلفات شش ماه قبل از فصل درو قابل پیش‌بینی است (شکل ۴).

انتقال فن آوری

در جریان این پروژه روش‌های به کار گرفته شده در CEMAGREF فوراً در اختیار ORMVAG قرار داده شد. این پروژه با استفاده از منابع مالی اختصاص یافته به آن و کمک وزارت امور خارجه فرانسه در سال ۱۹۸۸ یک سیستم پردازش تصویر میکروکامپیوتر ۸۰۲۸۶ و نرم‌افزار Multiscope خریداری کرد. این سیستم تا ۱۹۹۱ تکمیل و توسعه داده شد و ORMVAG با تشکیل یک اداره بهره‌برداری سنجش از دور امکان دستیابی سریع بخش‌های ORMVAG به اطلاعات با کیفیت بالا را فراهم نمود.

پیکربندی موجود شامل :

- یک میکروکامپیوتر ۸۰۳۸۶ توشیبا با دیسک سخت ۳۰۰ مگابایتی و یک کارت گرافیکی N9 512 × 512 که به یک مانیتور رنگی متصل بوده و برای نمایش و تحلیل تصویر استفاده می‌شود.
- دو میکروکامپیوتر ۸۰۲۸۶ که به ایستگاه اصلی با شبکه ۱۰تایی متصل بوده و برای پردازش ارتباطی و رقومی نمودن نقشه استفاده می‌شود.
- یک نوار BPI ۱۶۰۰ مارک CIPHER.
- یک چاپگر رنگی ۴۶۹۶ رنگی مارک TEKTRONIX برای چاپ نقشه‌های پردازش تصویری شده.
- یک میز رقوم‌گر A3.
- یک پلاتر رنگی A3 برای پلات نمودن داده‌های رقومی.

هزینه سالانه این اداره به قرار زیر می‌باشد:

- ۳۰۰۰۰ دلار برای هزینه‌های عملیاتی (تصاویر - مبلمان - اندازه‌گیری‌های زمینی).
- ۱۰۰۰۰ دلار برای استهلاک سخت افزارها.
- ۴۰۰۰۰ دلار برای پرسنل (یک نفر مهندس و یک نفر تکنسین).

اینها جمعاً سالانه بالغ بر ۸۰۰۰۰ دلار یعنی ۰/۸ دلار در هر هکتار آبیاری شده می‌گردد که قابل مقایسه با هزینه آب (حدود ۲۰۰ دلار در هکتار) نیست. اگر پس انداز برای ORMVAG به خاطر وجود این اداره بحساب آید، قابلیت اجاره چنین سیستمی روشن می‌گردد.

نتیجه و دورنماها

استفاده معمول از سنجش از دور و دست‌آوردهای اخیر آن در نرم‌افزار GIS شاهد نیازهای جدید ORMVAG می‌باشد. طرح‌های آتی مربوط به توسعه GIS در مزارع کشاورزی و شبکه‌های آبیاری و زهکشی است که نتایج سنجش از دور را به کار برده و هم‌چنین توانایی برون‌یابی تصویر و پردازش آن را داشته باشند. این امر به ویژه در تشخیص عدم تجانس‌ها صدق می‌نماید. اما مانع اصلی در این روش نو احتمالاً در بهنگام نمودن و رقومی کردن حدود مزارع و شبکه‌ها می‌باشد.

از نظر بهره‌برداری این پروژه بسیار موفق است تنها محدودیت موجود مربوط به تأخیر بین تصویربرداری ماهواره و دریافت آن توسط ORMVAG بود که قسمتی ناشی از مؤسسات مسئول گرفتن داده‌ها (تقریباً ۱۵ روز تأخیر) و دیگر مسایل گمرکی در مراکش (۱۵ تا ۳۰ روز) می‌باشد. این تأخیر عملاً می‌تواند کاربردهای مشخص را در آماربرداری در زمان دقیق نظیر آخرین نمونه‌ای که ذکر گردید به مخاطره اندازد.

تجربه به دست آمده در اینجا می‌تواند برای خیلی از کشورها که با شرایط مشابه هستند، خصوصاً در رابطه با کاربرد GIS مفید باشد. در خیلی از پروژه‌های آبیاری اسناد و نقشه‌های موجود به عنوان یک ورودی مستقیم به GIS نامناسب می‌باشند (نظیر اینکه آنها یا خیلی قدیمی یا ناقص بوده و یا به خوبی دارای مرجع جغرافیایی زمینی نمی‌باشند).

این بدان معنی است که در خیلی از موارد این نقشه‌ها بایستی دوباره رسم شده و هزینه‌های مربوطه بایستی در پروژه منظور شوند.

مراجع پروژه

CEMAGREF, IAV Hassan II, ORMVAG, 1990. *Télédétection appliquée à la gestion des grands périmètres irrigués.* Rapport final du Projet commun CEMAGREF-IAV Hassan II - ORMVAG: "Evaluation de l'apport de la télédétection spatiale appliquée à la gestion et au contrôle de grands périmètres irrigués". Montpellier, 72 p. En annexe, Plaquette de présentation de 16 p.

Lahlou, O., Manno, J.M., Pozzobon, D. and Vidal, A. 1990. Aide à la gestion d'un périmètre irrigué : le Gharb. In: *SPOT - A tool for development.* Paris, 26-29 juin 1990. Cépaduès-Ed., Toulouse, 318 p.

Lahlou, O. and Vial, A. 1990. *Remote sensing and management of large irrigation projects.* Options Méditerranéennes, A (4) "Remote sensing in agriculture", 131-138.

Vidal, A. 1990. Estimation of evapotranspiration by remote sensing, application to the control of irrigation. USTL (University of Science and Technology of Languedoc), Montpellier (France), *Série Etudes Hydraulique Agricole*, CEMAGREF n_8. 182 p.

Vidal, A. 1991. Atmospheric and emissivity corrections of land surface temperature measured from satellite using ground measurements or satellite data. *Int J. Rem. Sens.* **12**(12): 2449-2460.

Vidal, A. and Baqri, A. 1988. Télédétection et contrôle de l'irrigation. Perspectives d'avenir. *Génie Rural*, II, Nov. 1988, pp. 32-39.

Vidal, A. and Perrier, A. 1989. Analysis of a simplified relation used to estimate daily evapotranspiration from satellite thermal IR data. *Int. J. Rem. Sens.* **10**(8): 1327-1337.

Vidal, A. and Perrier, A. 1990. Irrigation monitoring by following the water balance from NOAA-AVHRR thermal IR data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **28**(5): 949-954.

استفاده از ماهواره‌ها و هواپیما در مدیریت آبیاری مزرعه در آریزونا

مدت ۲۵ سال است که دکتر آ.پارک و دیگران از خدمات پژوهشی کشاورزی بخش کشاورزی ایالات متحده و مدرسه جنگل‌داری برکلی برای "ارزیابی منابع به وسیله ماهواره" یک سناریو طراحی نموده‌اند (Park et, al., 1968). در این سناریو یک کشاورز و جنگل‌دار فرضی بر مبنای ۳۲۴۰۰۰ هکتار جنگل و اراضی کشاورزی آبیاری شده و با استفاده از یک سیستم کامپیوتری پشتیبانی تصمیم‌گیری در تحلیل تصاویر طیفی هواپیما و ماهواره کار را آغاز نمودند. این سیستم برای مدیران این امکان را فراهم نمود که همراه با سایر کارها برنامه زمانی آبیاری محصولات و اصلاح راندمان آبیاری را با ثبت اطلاعات مربوط به الگوهای رشد محصول و قطعات نامتجانس[1] تدوین نمایند. در واقع در این سناریو مدیران با مرور اطلاعات شش ماهه آب و هواشناسی و اطلاعات سطحی (Surface Information) در یک نشست دو ساعته بر شناسایی مسایل مدیریتی گوناگون نظیر هجوم حشرات و کاربرد غلط علف‌کش‌ها پرداختند. در پایان نشست جنگل‌دار پیشنهاد نمود : "با وجود این فن‌آوری ما قدرتمندترین ابزار مدیریتی را جهت فایق آمدن بر تحقیقات طی ۵۰ سال گذشته در دست داریم".

تقریباً ۲۰ سال بعد، جکسون (۱۹۸۴) با ارزیابی بدیع روابط بین داده‌های طیفی و خصوصیات محصول - خاک، به طور مفصل به نیازهای یک سیستم سنجش از دور مختص مزرعه پرداخت. او دریافت که کاربرد سنسورهای زمینی و هوایی طی دو دهه اثبات نموده‌اند که اطلاعات سنجش از دور در تصمیم‌گیری روزانه مدیریت مزرعه نظیر برنامه زمانی آبیاری، تشخیص بیماری و شرایط محصول با ارزش هستند. او با قدری ناامیدی نتیجه‌گیری نمود که : "زمان آن رسیده که به وعده‌های ربع قرن اخیر عمل شود".

با در نظر گرفتن فن‌آوری توصیف شده توسط پارک و همکاران (۱۹۶۸) که برای بیش از ۲۵ سال در دسترس بوده و نیازهای سیستم مطرح شده توسط جکسون (۱۹۸۴) که

---

[1] Anomalies

تقریباً ۱۰ سال پیر شده‌اند، زمان آن فرا رسیده که این سناریو مورد بازنگری قرار گرفته و پیشرفتمان را به سوی این هدف اصیل ارزیابی کنیم، ارزیابی ارایه شده در اینجا با ارزیابی جکسون (۱۹۸۴) این تفاوت را دارد که این مرور تشریح تحقیقات نبوده بلکه تقریباً ارایه نتایج یک تجربه صحرایی است که به منظور ارزیابی سیستم‌های ماهوارهای موجود در مدیریت مزرعه صورت می‌گیرد.

تجربه آزمایشی

ایده این تجربه آزمایشی از مؤسسه توسعه تکنولوژی (ITD)، مرکز سنجش از دور فضایی می سی سی پی منشأ گرفت. هدف ارزیابی کاربرد ماهواره‌ها در مدیریت روزمره مزرعه به وسیله به دست آوردن هر تصویر دست‌یافتنی اسپات ولندست در طول یک فصل رویش تابستان است. از یک طرف مشخص گردید که فرستادن داده‌ها برای استفاده بهینه کوتاه‌مدت بسیار کند بوده، اما تصمیمات مدیریت بایستی بازنگری شده و با تصمیمات مبتنی بر تجربه و مشاهدات مقایسه شوند. داده‌های ماهواره بایستی تهیه و پردازش شوند و اطلاعات مستقیماً جهت تفسیر در اختیار مدیران (با تأخیر زمانی حداکثر دو هفته) قرار گیرند. در جریان هر گذر ماهواره یک هواپیمای با سقف پرواز کوتاه به کار گرفته می‌شود تا داده‌های چند طیفی ویدیویی را در همان روز ظاهر و به گرداننده مزرعه نشان دهند.

به منظور اجرای این طرح آزمایشی، کارکنان ITD دانشمندان را در آزمایشگاه حفاظت آب امریکا (USWCL) و دانشگاه آریزونا گرد آوردند. این دانشمندان جهت همکاری با یکدیگر و تحقق اهداف ITD که دربرگیرنده اهداف تحقیقاتی کارکنان و تحلیل تأثیرات هندسی سنسور خورشیدی (Sun/Sensor/target) و تأثیر جو بر واکنش علامت[1] و

M.Susan Moran, US Department of Agriculture - Agricultural Research Service Water Conservation Laboratory, Phoenix, Arizona, USA

[1] Signal

موقعیت‌های کالیبراسیون سنسورهای ماهواره در پرواز بودند توافق نمودند. محل منطقی برای آزمایش تجربی مرکز کشاورزی ماری کوپا (MAC) که یک مزرعه تحقیقاتی نمایشی ۷۷۰ هکتاری واقع در ۴۸ کیلومتری جنوب فونیکس است بوده که در مالکیت و بهره‌برداری دانشگاه آریزونا می‌باشد. مزرعه نمایشی برای تحقیقات سنجش از دور در مناطق وسیع با مزارع ۱/۶×۲۷/۰ کیلومتری ایده‌آل است. یک سیستم مدیریت داده‌ها جهت ذخیره اطلاعات کاشت و درو، مواقع و میزان آبیاری و کاربرد علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها تهیه گردید. روش غالب آبیاری روش غرقابی است که در آن بخش‌هایی از مزرعه در طول ۳ تا ۴ روز از یک سر تا انتهای دیگر مزرعه آبیاری می‌شوند.

روش‌های آزمایشی

اولین قدم در طرح آزمایشی محاسبه زمان‌های گذر لندست و اسپات در سال ۱۹۸۹ در فصل پتانسیل رویش ۲۰۰ روزه بود که با برداشت ۹۵ تصویر اسپات و لندست TM با اختلاف زمانی ماکزیمم ۵ روز انجام گرفت. قرارهای لازم با شرکت‌های EOSAT یا شرکت تصویر اسپات (SPOT Image Corp) جهت دریافت تمامی این تصاویر با این شرط که بلافاصله پس از هر گذر با آنها تماس تلفنی برقرار شود تا آنها بدانند که آیا خرید تصویر موردنیاز است یا نه توافق گردید. شرکت‌های EOSAT و اسپات توافق نمودند که تصاویر را مستقیماً روی نوارهای مغناطیسی با یک برنامه زمانی دوهفته‌ای به MAC بفرستند. در حساس‌ترین زمان مدیریتی (ژوئن – ژولای) به یک تکنسین ITD مأموریت داده شد تا به MAC رفته و کارهای تحلیل تصویر را هدایت کند.

در جریان هر گذر ماهواره یک هواپیما به کار گرفته شد تا در یک ارتفاع تقریبی ۱۰۰ متری در طول خط پرواز که از مرکز هر مزرعه MAC می‌گذرد به پرواز درآید. به علاوه دوربین ویدیویی چند طیفی، یک نگاه قائم (nadir-looking)، میدان دید ۱۵ϕ چهار باند رادیومتر Exotech و دماسنج مادون قرمز اورست (IRT) برای اندازه‌گیری انعکاس سطحی و درجه حرارت نصب گردید. در غالب گذرها، انعکاس سطحی و درجه حرارت در مناطق محدود مزارع انتخابی با استفاده از رادیومترهای زمینی اندازه‌گیری شد. گاه به

گاه خدمه زمینی شاخص سطح برگ[1] LAI و میزان رطوبت خاک را دز چندین مزرعه با استفاده از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری نمودند.

نتایج

موفقیت کلی آزمایش به وسیله اشاره به دو هدف مستقل تجربه آزمایشی بیان می‌شود:

۱- ارزیابی مفید بودن سیستم‌های موجود متداول ماهواره‌ای (خصوصاً دید با قابلیت تفکیک بالای اسپات و لندست TM) برای مقاصد کلی مدیریتی.

۲- ارزیابی داده‌های طیفی هواپیمایی در مدیریت آبیاری.

ارزیابی سیستم‌های موجود متداول ماهواره‌ای در مدیریت مزرعه

مشکلات مربوط به تهیه تصاویر ماهواره‌ای در این تجربه آزمایشی مفید بودن سیستم‌های موجود ماهواره‌ای را در امور مدیریتی تحت الشعاع قرار می‌دهد. در طول مدت اندازه‌گیری ژوئن - اوت، ۴۳ برداشت تصویر اسپات و لندست با ماکزیمم فاصله زمانی فقط ۵ روز صورت گرفت. اما امکان آن وجود داشت که فقط ۷ تصویر اسپات و ۸ تصویر TM با فاصله زمانی حداکثر ۱۱ روزه تهیه شود. هرچند وضعیت هوا دلیل عامه پسندانه‌ای برای عدم برداشت تصویر است، ولی بجز ۲ مورد از تصاویر اسپات، هیچ یک از تصاویر TM به‌خاطر ابری بودن هوا حذف نگردید. در عوض مسایل فنی در اکثر موارد عدم تصویربرداری دخالت داشته‌اند. این مسایل فنی عبارتند از :

- **ناسازگاری در ایستگاه گیرنده:** به‌خاطر پیکربندی مداری مشابه ماهواره‌های لندست و اسپات و محدودیت‌های ایستگاه گیرنده، در غالب موارد ناسازگاری‌ها منجر به عدم برداشت تصویر برای آزمایش تجربی می‌گردید.

---

[1] 1- Leaf area index

- **امکان انعکاس آینه‌ای:** به‌خاطر امکان خسارت به سیستم موج‌یاب‌ها (detectors) در انعکاس آینه‌ای، غیرممکن است تصاویر HRV اسپات را وقتی که زاویه دیدها مخالف یا بین ۵° ± زاویه خورشیدی زنیت است، تهیه نمود.

- **خطاهای کلی برنامه‌ریزی:** در مواقعی به علت خطاهای برنامه‌ریزی هیچ تصویری تهیه نشده و یا برخی تصاویر در یک روز غیرقابل انتظار و یا از محل دیگری تهیه شده و یا اصلاً تصویر تهیه نمی‌گردید.

یک مثال از مسایل فنی مربوط به تهیه داده‌های ماهواره در ماه ژولای اتفاق افتاد. پس از آنکه یک تصویر HRV اسپات در دوم ژولای تهیه گردید، چهار برداشت تصویر بعدی به علت ناسازگاری‌های ایستگاه گیرنده عقیم ماند. تصویر HRV بعدی ۱۶ روز بعد در ۱۸ ژولای تهیه گردید. سپس چهار برداشت تصویر بعدی دوباره به‌خاطر ناسازگاری‌های ایستگاه گیرنده و امکان انعکاس آینه‌ای عقیم ماند. از ۱۱ برداشت ممکن HRV در ماه ژولای، فقط دو تصویر تهیه شد، علی‌رغم آنکه هیچ اثری از هوای ابری مشاهده نگردید. به علاوه مشخص شد که برنامه زمانی ارسال دو هفته‌ای تصاویر غیرمنطقی بوده و تصاویر ۳ تا ۶ هفته پس از گرفتن به MAC می‌رسیدند.

در اواخر ژوئن معلوم شد که امکان اخذ تصاویر قابل ملاحظه‌ای از نظر زمانی وجود ندارد تا به موقع در محل به ظهور برسند چرا که مشکلات تأمین سخت‌افزاری وجود داشت. در نتیجه تکنسین مقیم در محل پردازش تصویر زودتر از برنامه زمانی به ITD برگشته و هدف ارزیابی تصویر ماهواره‌ای در مدیریت روز به روز مزرعه تأمین نگردید.

اما، علی‌رغم مسایل فنی، این آزمایش تجربی منجر به جمع‌آوری بی‌سابقه ۱۵ تصویر HRV اسپات و ۱۲ تصویر لندست TM (با پشتیبانی ۳۶ پرواز هواپیمایی) جهت ارزیابی چنین داده‌هایی در مدیریت مزرعه گردید. به منظور تهیه این تصاویر، لازم بود چهار سنسور ماهواره : لندست TM-۴ ، لندست TM-۵ ، اسپات HRV۱-۱ و اسپات HRV۲-۱ مورد بهره‌برداری قرار گیرند. تصاویر در زاویه زنیت خورشیدی بین °۱۷/۶ تا °۴۵ و زاویه‌های دید داده‌های اسپات بین °۲۸/۳- تا °۳۰ متغیر بود. این مجموعه داده‌های

چند سنسوری، چند زاویه‌ای نشان‌های نمونه‌ای از هنرنمایی کاربرد ماهواره‌ها در مدیریت مزرعه می‌باشند. آزمایش تجربی MAC فرصت دستیابی به مسایل علمی زیر را در مدیریت مزرعه فراهم نمود:

- **تأثیر خورشید / سنسور / هندسه هدف:** در یک ارزیابی از داده‌های HRV اسپات به دست آمده در جریان این تجربه، Qi و همکاران (۱۹۹۳) نتیجه گرفتند که تأثیرات جو، منظره و زمینه خاک در اندکس‌های پوشش گیاهی و بازتاب‌ها به طور بغرنجی با یکدیگر مواجه شده و بستگی به خصوصیات سطحی دارند. آنها نتوانستند یک جزء واحد را که بتواند به صورت استواری بر عوامل متغیر دیگر مسلط باشد پیدا کنند.

- **کالیبراسیون سنسورها:** با استفاده از داده‌های به دست آمده از لندست و اسپات در MAC، Holm و همکاران (۱۹۸۸) و Moran و همکاران (۱۹۹۰) نشان دادند که کالیبراسیون سنسور یک جزء موثر در بازیابی عوامل بازتاب‌های سطحی از داده‌های رقومی[1] ماهواره، خصوصاً برای اهداف با بازتاب پایین (طول موج‌های مرئی در پوشش گیاهی فشرده) می‌باشد. اخیراً، Thome و همکاران (۱۹۹۳) و Gellman و همکاران (۱۹۹۳) اسنادی را در رابطه با معنی‌دار بودن کاهش واکنش‌های سنسوری HRV و TM در طول زمان ارائه نموده و بر ضرورت کالیبراسیون مکرر و در پرواز تمامی سنسورهای ماهواره‌ای تأکید نمودند.

- **تصحیح جوی:** Pinter و همکاران (۱۹۹۰) گزارش نمودند که تغییرات جوی تأثیر وسیعی بر شاخص طیف پوشش گیاهی در تصاویر HRV اسپات در MAC گذاشته است. در واقع برای یک شاخص نسبی باند طیفی پوشش گیاهی، آنها دریافتند که تأثیر جو بیش از تغییرات زاویه دید است. Moran و همکاران (۱۹۹۲) فن‌های ساده شده متعددی را مورد آزمایش قرار دادند تا داده‌های لندست TM در MAC از نظر تأثیرات جوی تصحیح شده و در عملیات مدیریت مزرعه به حد کافی دقیق باشند.

1- Digital Data

ارزیابی داده‌های هواپیمایی در مدیریت آبیاری

داده‌های به دست آمده توسط هواپیما که با به کارگیری رادیومترهای اورست و اکسوتک تهیه می‌شود امکان ارزیابی و بازنگری سودمند بودن اطلاعات سنجش از دور را در مدیریت آبیاری فراهم می‌آورد. از آنجاکه هواپیما در ارتفاع پایین ۱۰۰ متری بالای سطح زمین پرواز نموده و تمامی دستگاه‌های کالیبره شده و در حالت عمود بر سطح قرار گرفته‌اند، لذا این داده‌ها تحت تأثیر سه اشکال مطرح شده فوق در تصویر ماهواره قرار ندارند.

دو مزرعه جهت آنالیز که یکی با گیاه یونجه و دیگری با پنبه کشت شده بودند انتخاب گردیدند. در مزرعه یونجه داده‌ها در یک مرحله ذرو و در دو محل (B و C) مورد پردازش و آنالیز قرار گرفتند. در مورد پنبه داده‌ها در سرتاسر دوره رشد و در سه محل (A، D و H) تحلیل گردیدند. محل D به‌خاطر تفاوت خاک لومی از شنی لومی با محل‌های دیگر فرق دارد، انتظار می‌رفت این بخش از مزرعه خصوصیات زهکشی متفاوتی نسبت به بقیه بخش‌ها داشته باشد و بنابراین جهت آنالیز انتخاب گردید. محل‌های دیگر در مزارع پنبه و یونجه بر مبنای الگوهای آبیاری در مزرعه در سرتاسر فصل انتخاب شدند. در هر محل درجه حرارت سطحی و شاخص پوشش گیاهی نظیر خاک[1] یعنی SAVI محاسبه گردید:

$$\mathrm{SAVI} = (\rho_{\mathrm{NIR}} + \rho_{\mathrm{red}}) / (\rho_{\mathrm{NIR}} + \rho_{\mathrm{red}} + \mathrm{L})(1 + \mathrm{L}) \qquad (۱)$$

که در رابطه فوق ρ_{NIR} و ρ_{red} به ترتیب انعکاس‌های مادون قرمز نزدیک و قرمز بوده و مقدار L در مقادیر متفاوت و گسترده LAI (شاخص سطح برگ) معادل ۰/۵ فرض می‌شود. (Huete و ۱۹۸۸).

در مدیریت آبیاری معروفترین الگوریتم سنجش از دور در این زمان شاخص تنش آبی محصول[2] است که ارتباط تنش گیاهی را با اختلاف درجه حرارت هوا و برگ نشان می‌دهد

---

[1] Soil - Adjusted Vegetation Index

[2] CWSI

(جکسون و همکاران ۱۹۸۱). اما کاربرد شاخص تنش آبی محصول با اندازه‌گیری‌های هواپیمایی درجه حرارت سطح محدود به شرایط پوشش کامل گیاهی که در آن درجه حرارت برگ مساوی درجه حرارت هوا باشد می‌گردد. این امر مفید بودن شاخص تنش آبی محصول را در غیر شرایط مذکور محدود نموده و مدیریت مزرعه را دچار بحران می‌کند. برای حل این مسئله (Moran) مران و همکاران (۱۹۹۴) شاخص کمبود آبی WDI (Water Deficit Index) را که شاخص طیفی پوشش گیاهی VI[1] را با اندازه‌گیری‌های درجه حرارت سطحی ترکیب می‌کند تا شرایط کمبود آبی مزرعه را در جایی که پوشش گیاهی کامل نیست، نشان دهد مطرح نمودند. به طور ساده، WDI روابط فیزیکی بیلان انرژی را جهت مشخص نمودن یک شکل ذوزنقه‌ای در پلات نمودن درجه حرارت سطحی هوا ($T_s - T_a$) و VI که تمامی ترکیبات ممکن VI و $T_s - T_a$ را برای یک نوع گیاه در یک روز (به عنوان مثال شکل 1a) مورد بهره‌برداری قرار می‌دهد. با فرض اینکه اندازه‌گیری هواپیمایی $T_s - T_a$ و VI در نقطه C همدیگر را قطع کنند. WDI معادل فاصله AC تقسیم بر کل فاصله AB می‌گردد. بنابراین در شرایط خوب آبیاری شده WDI=۰ و در شرایط ماکزیمم تنش آبی WDI = ۱ می‌شود. این شاخص جدید WDI به عنوان یک وسیله ارزیابی در مدیریت آبیاری با استفاده از اندازه‌گیری‌های هواپیمایی پنبه و جو در MAC مورد استفاده قرار گرفت.

یونجه

مقایسه داده‌های $T_s - T_a$ و SAVI در دو محل کشت یونجه در طول دوره درو حساسیت این اندازه‌گیری‌ها را به عملیات آبیاری و رشد پوشش گیاهی نشان می‌دهد (شکل‌های 1b و 1c). از نظر تئوریکی برای یک مقدار ثابت SAVI برآورد هر نقطه در حدهای چپ و راست ذوزنقه آب قابل دسترسی را کم و بیش مشخص می‌کند.

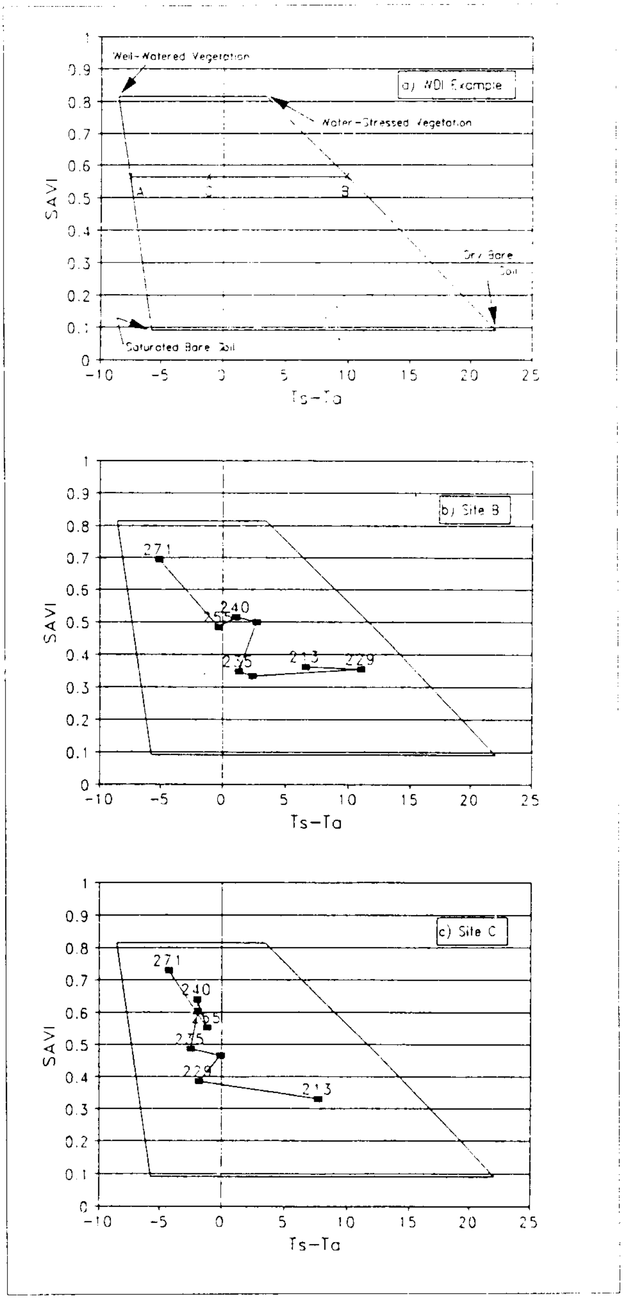
در روز ۲۱۳، SAVI و $T_s - T_a$ در محل‌های B و C خیلی مشابه هستند. در روز ۲۲۹

---

[1] Spectral Vegetation Index

محل C آبیاری و محل B آبیاری نشد. این امر منجر به یک شیفت داده‌های محل C به سمت بالا و چپ در محدوده ذوزنقه که مشخص کننده یک افزایش ناچیز در پوشش گیاهی و کاهش اساسی در T_s - T_a نسبت به روز ۲۱۳ می‌باشد شده است. محل B با همان مقدار آب چند روز بعد آبیاری شد. اما واضح است که در دو هفته بعدی درجه حرارت سطحی محل B نسبت به C بالاتر (و SAVI پایین‌تر مانده) باقی مانده است. این عقب ماندگی زمانی می‌تواند مشخصه‌ای از مقدار کمتر توده گیاه به‌خاطر آبیاری باشد. بالاخره در روز ۲۷۱ دو محل دارای مقدار یکسان SAVI و T_s - T_a بودند. این امر می‌تواند مشخصه این نکته باشد که گیاه محل B بعداً در مرحله دو قادر به جبران وضعیت خود می‌باشد.

محاسبات WDI برای محل‌های B و C مزرعه یونجه نتایج عملیات آبیاری مختلف را منعکس می‌نماید (شکل ۳a). WDI در محل B درست قبل از آبیاری در روز ۲۲۹ تقریباً مساوی ۱ بوده در حالی که آبیاری اخیر محلی C در همان روز منجر به مقدار WDI نزدیک به صفر شده است. تأخیر زمانی نتیجه شده در قدرت حیاتی محصول محل B هم‌چنین در مقادیر WDI آشکار می‌باشد.



شکل ۱a- شکل ذوزنقه‌ای که درنتیجه رابطه بین $(T_s - T_a)$ و SAVI ایجاد شده. شاخص کمبود آبی WDI برای C مساوی با نسبت فواصل AC و AB می‌باشد.

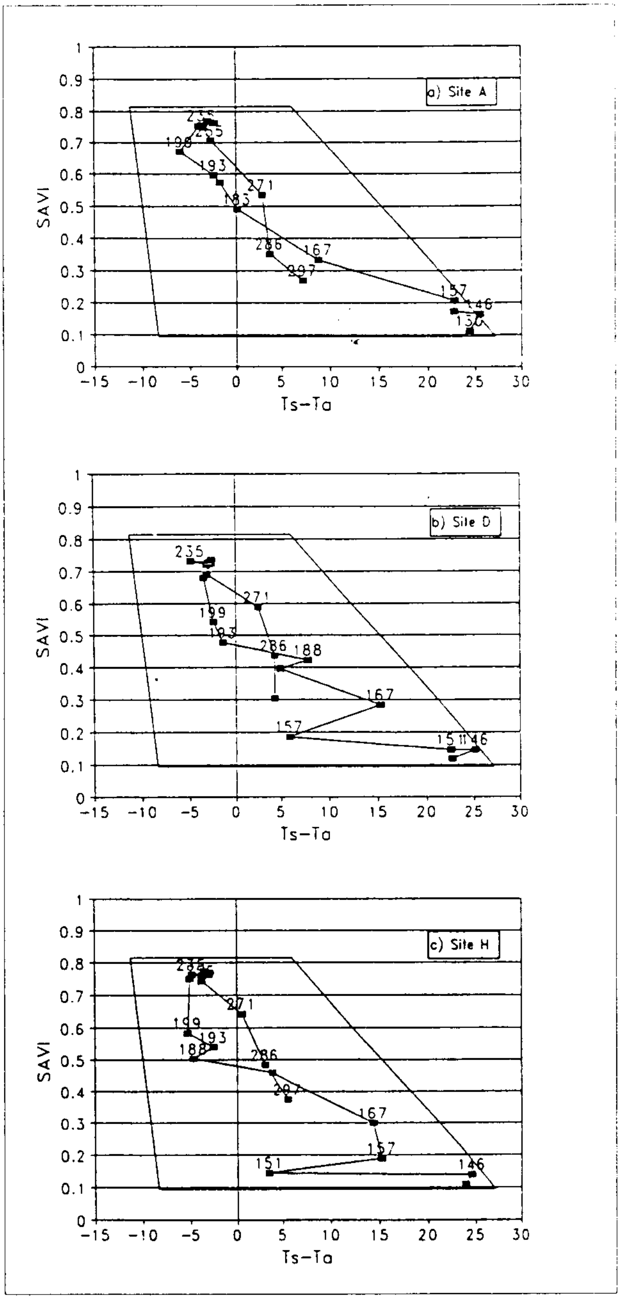
شکل ۱b و ۱c- مقادیر SAVI و درجه حرارت هوای سطحی $(T_s - T_a)$ برای محل‌های B و C در مزرعه یونجه شماره‌های داخل شکل مشخصه روز سال (بعضی تاریخ‌ها به خاطر شلوغ نبودن شکل ذکر نگردیده‌اند) می‌باشند، از نظر تئوریک قاعده‌های ذوزنقه با روزهای مختلف (بسته به هوا) تغییر می‌کنند، اما در این شکل موقعیت‌های قاعده فصلی استفاده شده‌اند.

پنبه

داده‌های SAVI و $T_s - T_a$ در مزرعه پنبه به خوبی الگوی رشد تیپیک پنبه را نشان می‌دهند. از روز ۱۳۰ تا روز ۲۵۵ مقدار SAVI افزایش ($T_s - T_a$ کاهش) داشته و سپس با پیر شدن گیاه شروع به کاهش (و $T_s - T_a$ رو به افزایش) نموده‌اند (شکل ۲). ماده برگ ریز کننده درست قبل از روز ۲۸۶ به کار برده شد که منجر به کاهش سریع در SAVI گردید، قسمت انتهای شرقی مزرعه (محل H) در روز ۲۵۱ آبیاری شد. محل D در روز ۱۵۷ و محل A چند روز بعد آبیاری شد. این آبیاری‌ها با کاهش فوق‌العاده $T_s - T_a$ و با تغییر جزیی SAVI مشخص شده‌اند.

آبیاری دیگری در روز ۱۸۸ در انتهای شرقی مزرعه (محل H) شروع شده و دیگر محل‌های پنبه مرتباً بین روز ۱۸۹ و ۱۹۳ آبیاری گردیدند. قابل توجه است که در پوشش‌های نزدیک به کامل (محل H روز ۱۸۸) تأثیر آبیاری بر $T_s - T_a$ اساساً نسبت به مناطق تنک‌تر از نظر پوشش گیاهی (محل H، روز ۱۵۱) کمتر است. این تفاوت خود را در شکل ذوزنقه به این صورت که قاعده بالایی کوچکتر از قاعده پایینی است نشان داده است. بالاخره WDI محل H (شکل b۳) در روز ۱۸۸ خیلی پایین و WDI محل‌های دیگر بالا (خصوصاً محل شنی D) هستند. سپس بعد از آنکه آبیاری مزرعه تکمیل شد (روز ۱۹۳) WDI تمام محل‌ها به صورت مشابهی پایین می‌باشند.

هم‌چنین قابل توجه است که محل A آخرین بخش مزرعه بود که در ابتدای فصل آبیاری شد و منجر به مقادیر بالای WDI قبل از روز ۱۶۷ گردید. محل A هم‌چنین بیشترین مقدار WDI را در مقایسه با تمامی محل‌ها در اواخر فصل (پس از روز ۱۹۹) داشت. در اینجا ملاحظه می‌شود که استفاده از WDI در شناخت مناطق تنش آبی در آغاز فصل پتانسیلی است که می‌تواند در شناخت کاهش نسبی مقدار گیاه در آخر فصل مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۲- مقادیر SAVI و درجه حرارت (T_s - T_a) برای مقادیر A، D و H در مزرعه پنبه مانند شکل ۱ شماره‌های داخل شکل نشان‌دهنده روز سال بوده و شکل ذوزنقه‌ای با استفاده از داده‌های هواشناسی و محصول به دست آمده است.

نتایج قابل ملاحظه

نتایج تجربی نشان می‌دهند که کاربرد ماهواره‌های موجود در مدیریت آبیاری از نظر اقتصادی و فنی عملی نمی‌باشند. در این زمان هزینه‌های محصولات TM اگر بین یک تا سه هفته پس از گرفتن تصویر فرستاده شود معادل ۴۴۰۰ دلار است. اگر تصویر در مدت ۷ روز ارسال شود رقم مذکور ۱/۵ برابر و برای مدت ۳ روز ۳ برابر می‌شود.

محصولات معمولی HRV اگر با تأخیر ۲ تا ۳ هفته دریافت شوند معادل ۳۰۵۰ دلار و با پرداخت ۱۵۰۰ دلار اضافه با تأخیر ۴۸ ساعته دریافت می‌گردند. حتی اگر هزینه‌های این تصاویر در مناطق آبیاری بزرگ سرشکن شوند، زمان‌های دریافت تصویر باز در پایین‌تر از حالت بهینه قرار دارند.

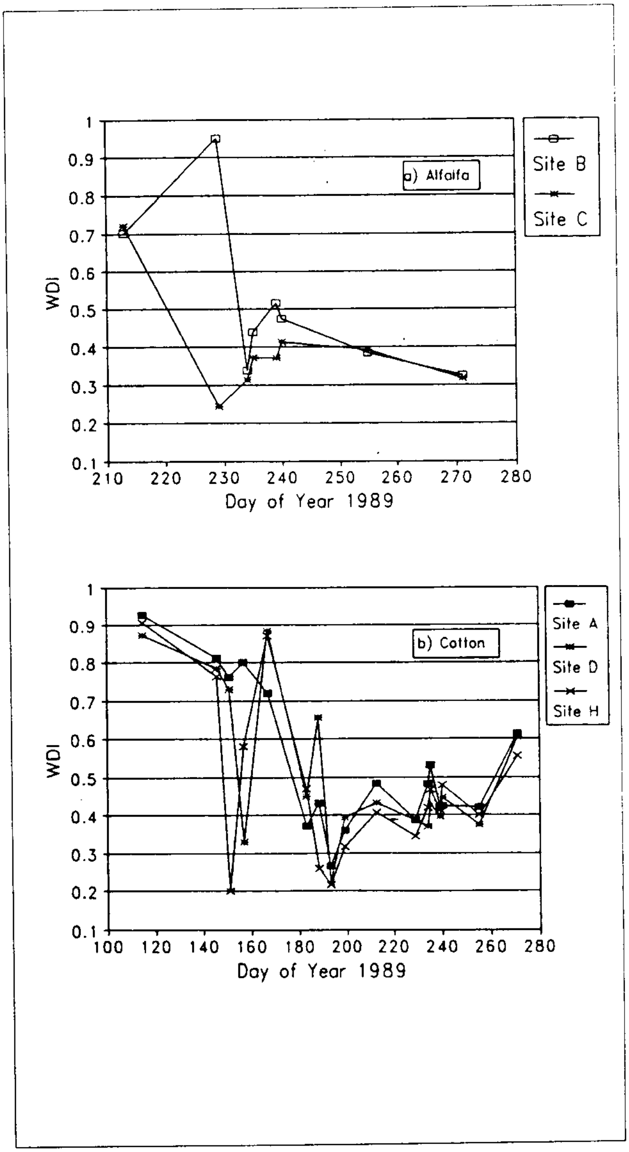
جکسون (۱۹۸۴) زمان تأخیر بهینه ارسال داده‌ها را چندین دقیقه و حداکثر تا چندین ساعت توصیه می‌نماید.

بنابراین ماهواره‌های جدید (لندست ۶[1] و اسپات ۲) که از شروع این تجربه آزمایشی در ۱۹۸۹ به فضا پرتاب شدند، فراوانی پوشش توصیه شده توسط جکسون (۱۹۸۴) را که "پوشش مداوم در صورتی بهینه خواهد بود که حداقل یک بار در روز صورت گیرد" محقق نمی‌سازند. این پوشش نیاز به یک ناوگان از ماهواره‌ها دارد که در اوقات مختلف روز از یک منطقه خاص بگذرند و هریک دارای خصوصیات سنسوری متفاوت باشند. تا زمانی که چنین ناوگانی از ماهواره‌های کشاورزی در مدار قرار گیرند، تنها استفاده ممکن از ماهواره‌های موجود در مدیریت مزرعه در ترکیب با مدل‌های شبیه‌سازی محصول مبتنی بر داده‌های هواشناسی است که وضعیت آبی محصول را به صورت روزانه تولید می‌نمایند (ماس و همکاران ۱۹۹۲). با میانبرهای تکنولوژیکی اخیر در سیستم‌های پایین قیمت تصویربرداری رقومی، کامپیوترهای با توانایی سرعت بالا و سیستم‌های موقعیت یاب جهانی (GPS)، شاید امکان بهره‌برداری از سیستم‌های هواپیمایی با سقف پرواز پایین در

---

[1] - این ماهواره به دلایل فنی مورد بهره‌برداری قرار نگرفت. مترجم

مدیریت روزانه مزرعه فراهم گردد. اما هزینه چنین سنسورهایی بیش از ۱۰۰۰۰۰ دلار بوده و هزینه هر پرواز (با فرض اجاره هواپیما و حقوق خلبان) حدود ۵۰۰ دلار در روز خواهد بود.



شکل ۳- مقادیر شاخص کمبود آبی (WDI) در محل‌های A، B و C - در مزرعه یونجه در زمان یک درو و b: محل‌های A، D و H در مزرعه پنبه در فصل یکسان رویش.

قدردانی

تجربه آزمایشی شرح داده شده در اینجا تلاش‌های هماهنگ شده دانشمندان، تکنسین‌ها و دانشجویان بسیاری از ITD، USWCL و مرکز علوم نوری ایالات متحده و بخش علوم آب و خاک می‌باشد. ایده اصلی و کمک مالی توسط دکتر جرج می (ITD) تأمین گردید. از پرسنل شرکت تصویر اسپات و EOSAT به خاطر کوشش‌هایشان و کمک به ما در جهت این هدف تشکر می‌گردد.

مراجع

Holm, R.G., Moran, M.S., Jackson, R.D., Slater, P.N., Yuan, B. and Biggar, S.F. 1988. Surface reflectance factor retrieval from Thematic Mapper data. *Rem. Sens. Environ*. 27: 47-57.

Huete, A.R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Rem. Sens. Environ*. 27:47-57.

Gellman, D.I., Biggar, S.F., Thome, K.J., Slater, P.N., Moran, M.S., Dinguirard, M. and Henry, P. 1993. A review of SPOT-1 and -2 calibrations at White Sands from launch to present. *Proc. SPIE Symp.*, 12-16 April, Orlando, Fl.

Jackson, R.D. 1984. Remote sensing of vegetation characteristics for farm management. *Proc. SPIE Remote Sensing Symp*. 475:81-96.

Jackson, R.D., Idso, S.B., Reginato, R.J. and Pinter, P.J. Jr. 1981. Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water Resour. Res*. 17: 1133-1138.

Maas, S.J., Moran, M.S. and Jackson, R.D. 1992. Combining remote sensing and modeling for regional resource monitoring. Part II: A simple model for estimating surface evaporation and biomass production. ASPRS/ACSM/RT'92 Convention: Mapping and Monitoring Global Change. 3-8 August. Washington DC. pp. 225-234.

Moran, M.S., Clarke, T.R., Inoue, Y. and Vidal, A. 1994. Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. *Remote Sensing Environ*. 49 (2).

Moran, M.S., Jackson, R.D., Hart, G.F., Slater, P.N., Bartell, R.J., Biggar, S.F., Gellman, D.I. and Santer, R.P. 1990. Obtaining surface reflectance factors from atmospheric and view angle corrected SPOT-1 HRV data. *Rem. Sens. Environ*. 32: 203-214.

Moran, M.S., Jackson, R.D., Slater, P.N. and Teillet, P.M. 1992. Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output. *Rem. Sens. Environ*. 41: 169-184.

Park. A.B.. Colwell. R.N. and Meyers. V.F. 1968. Resource survey by satellite; science fiction coming true. *Yearbook of Agriculture* 13-19.

Pinter. P.J.. Jr.. Jackson. R.D. and Moran. M.S. 1990. Bidirectional reflectance factors of agricultural targets: A comparison of ground-, aircraft- and satellite-based observations. *Rem. Sens. Environ.* 32: 215-228.

Qi. J.. Huete. A.R.. Moran. M.S.. Chehbouni. A. and Jackson. R.D. 1993. Interpretation of vegetation indices derived from multitemporal SPOT images. *Remote Sensing of Environment* 44: 89-101.

Thome. K.J.. Gellman. D.I.. Parada. R.J.. Biggar. S.F.. Slater. P.N. and Moran. M.S. 1993. In-flight radiometric calibration of Landsat-5 Thematic Mapper from 1984 to present. *Proc. SPIE Symp.*, 12-16 April, Orlando, Fl.

مدیریت آبیاری مزرعه در منطقه لامانچای اسپانیا

هدف

کمسیون جامعه اروپا (اداره ۱۲) و اعضا جامعه تحقیقات اروپا به طور مشترک پروژه بین‌المللی اروپایی اقلیم و تأثیرات متقابل هیدرولوژیکی بر پوشش گیاهی، جو و سطح زمین[1]، را به عنوان بخش عمده برنامه اروپایی جو و حوادث غیرمترقبه طبیعی (EPOCH) مطرح نمودند. تجربه آزمایشی صحرایی ECHIVAL در یک منطقه آستانه تهدید بیابان‌زایی[2] اولین فعالیت عمده این پروژه بود. در ژوئن ۱۹۹۱ حدود ۱۵۰ دانشمند در بیش از ۳۰ تیم روندهای انتقال آب و انرژی را در خاک، پوشش گیاهی و جو در شرایط نیمه‌خشک لامانچای اسپانیا مطالعه می‌کردند. اندازه‌گیری‌ها از مقیاس بسیار کوچک تا مقیاس سازگار با اندازه سلول مدل‌های جهانی انجام گردید. بدین منظور سه محل به نامهای توملوسو، باراکس و بلمونته انتخاب شدند. توضیح کامل طرح آزمایشی تجربی و برخی نتایج اولیه توسط پوله و همکاران (۱۹۹۳) ارائه گردیده است.

در چهارچوب پروژه EFEDA همکاری بین دانشگاه‌های والنسیا و کستیلا لامانچا جهت دستیابی به اهداف زیر برقرار گردید:

- توسعه یک روش عملی در ارزیابی تبخیر و تعرق در مزارع آبیاری شده ذرت و جو در منطقه لامانچا با استفاده از داده‌های هواشناسی و سنجش از دور
- کاربرد این روش در کنترل و بهبود مدیریت سنتی آبیاری و هم‌چنین در تعیین بازدهی محصول ذرت و جو آبیاری شده در منطقه لامانچا.

بنابراین هدف نهایی تولید نقشه‌های تبخیر و تعرق است (با استفاده از یک آنتن گیرنده تصاویر NOAA) که در تعیین نیازهای منطقه‌ای آبی ذرت و جو مورد استفاده قرار گرفته و بنابر این دستیابی به یک استفاده بهتر از آب موجود در لامانچا را فراهم می‌آورد. در این

1- ECHIVAL

2- EFEDA

مقاله نتایج اولیه به دست آمده در محل باراکس که یک منطقه شاهد از پروژه EFEDA در غرب آلباست و محصول عمده آن ذرت است مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. این منطقه یک ایستگاه هواشناسی کشاورزی به نام "لاس تیزاس" دارد که می‌تواند پارامترهای لازم هواشناسی را فراهم نماید.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه تقریباً مربع شکل بوده و حدود ۱۰۰۰۰ کیلومتر مربع را بین طول‌های جغرافیایی ۳°۱۱' - ۲°۱۱' غربی و ۴۰°۵' - ۳۸°۵۵' شمالی پوشش می‌دهد. این منطقه قسمتی از فلات مرکزی اسپانیا بنام مستا با ارتفاعات حدود ۸۰۰-۷۰۰ متر می‌باشد. این منطقه یک دشت نسبتاً هموار است که محصور بین کوه‌های شمالی، شرقی و جنوبی[1] می‌باشد. پایین‌ترین نقطه در ارتفاع تقریبی ۶۳۰ متری قرار گرفته که در آنجا ریوزانکارا تمام می‌شود. به عبارت دیگر از نظر ارتفاعی منطقه در ارتفاع زیر ۹۰۰ متر بجز قسمت‌های کوچک در جنوب و شمال‌شرقی که ارتفاع آن بالغ بر ۱۱۰۰ متر می‌باشد قرار دارد.

نوع آب و هوا مدیترانه‌ای است که سنگین‌ترین بارندگی‌ها در بهار و پاییز و کمترین آنها در تابستان بارش می‌نماید. آب و هوا به مقدار زیادی حاره‌ای بوده و همراه با تغییرات کاملاً ناگهانی در ماه‌های سرد به ماه‌های گرم و نوسانات بالای حرارتی در تمامی فصول بین حداکثر و حداقل درجه حرارت روزانه می‌باشد. آمار بارندگی طی سال‌های ۱۹۳۰ تا ۱۹۶۰ نشان می‌دهد که بارندگی متوسط سالانه در اکثر نقاط منطقه مورد مطالعه کمی بیش از ۴۰۰ میلی‌متر بوده و لامانچا را یکی از خشک‌ترین مناطق اروپا ساخته است. نزولات آسمانی فصلی بوده که حداقل آن در تابستان بین ماه‌های ژوئن تا اوت و حداکثر آن سال به سال در فصول مختلف صورت می‌گیرد.

در لامانچا تا دهه‌های اخیر کشاورزی دیم غالب بود. با بهره‌برداری از منابع آب

---

[1] - Y. Caselles ، بخش ترمودینامیک، دانشگاه والنسیا، بورجاست، اسپانیا

زیرزمینی جهت آبیاری، اراضی آبی به مقدار زیادی توسعه یافته و ۲۰ درصد منطقه سیستم آبخوان اصلی که از شمال تا جنوب را در بر می‌گیرد امروزه از آبیاری شدید در کشاورزی برخوردار است.

محل باراکس در غرب استان آلباست و به فاصله ۲۸ کیلومتری از مرکز استان قرار دارد (طول ′۶ و °۲ غربی و عرض ′۳ و°۳۹ شمالی و ارتفاع ۷۰۰ متری). دورنمای منطقه مسطح بوده و در تمامی منطقه اختلاف ارتفاع حداکثر به ۲ متر می‌رسد. کشت غالب در مساحت ۱۰۰۰۰ هکتار که تقریباً ۶۵ درصد را شامل می‌شود دیم (که ۶۷ درصد آن غله زمستانی و ۳۳ درصد آیش است) بوده و ۳۵ درصد را اراضی آبی (۷۵ درصد ذرت، جو و آفتابگردان ۱۵ درصد، یونجه ۵ درصد، پیاز ۲/۹ درصد و سبزیجات ۲/۱ درصد) تشکیل می‌دهد. آبیاری به صورت بارانی و با استفاده از تکنیک‌های متفاوت صورت می‌گیرد.

محل توملوسو (طول ′۱ و °۳ غربی و عرض ′۱۰ و °۳۹ شمالی و ارتفاع ۶۷۰ متر) جزء استان سیوداد ریل است. دورنمای منطقه در شمال عمدتاً مسطح بوده و در جنوب پستی و بلندی ملایم به میزان کمتر از ۵ درصد که به صورت موضعی تا ۸ درصد هم می‌رسد وجود دارد. تمامی منطقه برای کشت دیم استفاده می‌شود. توزیع منطقه‌ای محصولات تقریباً عبارتست از : تاکستان ۸۲ درصد، غلات (شامل اراضی آیش) ۱۰/۵ درصد، زیتون ۳/۵ درصد ، بیشه و بوته‌زار ۳ درصد.

محل بلمونته (طول ′۳۷ و °۲ و عرض ′۳۴ و °۹ شمالی و ارتفاع ۸۰۰ متر) در جنوب استان کونیکا و در حدود ۱۰۰ کیلومتری مادرید قرار دارد. منطقه دارای اراضی کوهستانی با ارتفاع ۸۱۰ متر بوده و توزیع شیب‌ها عبارتند از : ۴۰ درصد منطقه دارای شیب‌های ۰ تا ۰/۱ ، ۴۵ درصد منطقه دارای شیب‌های ۰/۱ تا ۰/۲ ، ۱۵ درصد منطقه دارای شیب‌های بیش از ۰/۲ بهره‌برداری کشاورزی محدود به کشت دیم شده و اساساً شامل تاکستانهاست که به وسیله درختان زیتون یا سبزی از یکدیگر جدا شده‌اند.

روش تحقیق

روش‌های متعددی جهت تعدیل داده‌های مادون قرمز حرارتی لحظه‌ای تهیه شده

توسط اسکنر یک هواپیما یا ماهواره به مقادیر تبخیر و تعرق وجود دارد (Engman, Gurney 1991) . اما کاربرد این مدل‌ها نیاز به چندین پارامتر ورودی دارد که در غالب مناطق کشاورزی وجود ندارند. به این دلیل به منظور برآورد تبخیر و تعرق از ذرت و جو دو روش ساده و کاربردی مطرح شده است. هر دو روش درجه حرارت سطحی را که از واکنش‌های حرارتی سنسورهای ماهواره درگذار نزدیک به ظهر ناشی می‌شوند و بیشینه درجه حرارت هوا و تشعشع خالص روزانه یا تشعشع جهانی اندازه‌گیری شده در یک ایستگاه هواشناسی را مورد استفاده قرار می‌دهند.

روش اول تطابق سنجش از دور با مدل تشعشع مطرح شده توسط Doorenbos و Kassam (FAO. 1980) می‌باشد. در این روش تبخیر و تعرق (ET) توسط روابط زیر تعیین می‌گردد (Caselles و همکاران ۱۹۹۲) :

$$ET = K_c [(AT_a + B)R_g + C] \qquad (۱)$$

که در آن K_c اصطلاحاً ضریب گیاه، T_a حداکثر مقدار درجه حرارت هوا، R_g مقدار روزانه تشعشع روزانه جهانی و A، B و C ضرایب تجربی هستند که بایستی برای هر نقطه ارزیابی شوند، چراکه آنها با مقدار متوسط ارتفاع، رطوبت هوا و سرعت باد تغییر می‌کنند.

روش دوم براساس روابط مطرح شد توسط Jackson و همکاران (۱۹۷۷) می‌باشد :

$$ET = R_n + D(T_a - T_s) \qquad (۲)$$

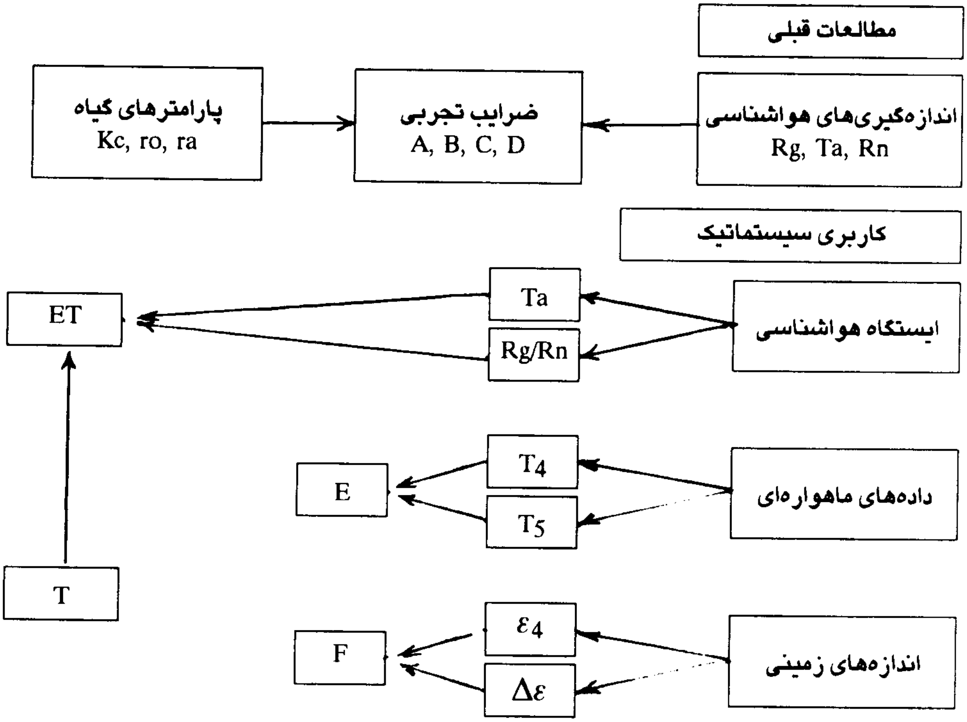
که در آن R_n مقدار روزانه تشعشع خالص بوده که به صورت میلی‌متر آب در روز، $(T_a - T_s)$ اختلاف درجه حرارت هوا و سطح گیاه است که در وسط روز اندازه‌گیری شده و D مقدار ثابت شبه تجربی است که به اقلیم و ساختمان گیاه بستگی داشته و از رابطه Perrier و Vidal (۱۹۸۸) به شرح زیر به دست می‌آید:

$$D = \frac{R_{nd}}{R_{ni}} \cdot \frac{PC_p}{L(r_a + r_o)} \qquad (۳)$$

که در آن R_{nd}/R_{ni} مقدار متوسط سالانه نسبت بین مقادیر روزانه و نیمروز R_n ، ρ چگالی هوا، C_p گرمای ویژه هوا در فشار ثابت، r_a و r_o مقاومت‌های آئرودینامیک و گیاه، و L گرمای نهانی بخار آب می‌باشد.

کاربرد عملی روابط (۱) و (۲) شامل مراحل زیر است :

الف: تعیین درجه حرارت سطحی گیاه از داده‌های حرارتی NOAA-AVHRR (که بعداً تشریح می‌گردد)


مطالعات قبلی
اندازه‌گیری‌های هواشناسی
Rg, Ta, Rn
ضرایب تجربی
A, B, C, D
پارامترهای گیاه
Kc, ro, ra
کاربری سیستماتیک
ایستگاه هواشناسی
Ta
Rg/Rn
ET
داده‌های ماهواره‌ای
T4
T5
E
T
اندازه‌های زمینی
ε4
Δε
F

شکل ۱- مراحل تعیین تبخیر و تعرق

ب : وجود داده‌های متئورولوژیکی (r_a و r_o و R_n)

ج : تعیین قبلی ضرایب تجربی. (D و C و B و A) با استفاده از داده‌های اقلیمی و پارامترهای محصول (K_c و LAI و r_o)

مراحل مختلف در تعیین ET با روش فوق در شکل ۱ نشان داده شده است.

به منظور به دست آوردن درجه حرارت سطحی از تصاویر حرارتی NOAA-AVHRR یا ERS-ATSR یک روش تصحیح جوی لازم است. در زمان حاضر، روش Split-window عملی‌ترین روش در تصحیح جدی تصاویر حرارتی است. به این دلیل است که این روش در تعیین درجه حرارت‌ها در روابط ۱ و ۲ مورد استفاده قرار گرفته است. اگر T درجه حرارت سطحی گیاه و T_4 و T_5 درجات حرارت روشنی[1] در کانال‌های ۴ و ۵ دستگاه‌های NOAA-AVHRR یا ATSR باشند، معادله کلاسیک SPlit-Window می‌توان بدین شکل نشان داد :

$$T = T_4 + E (T_4 - T_5) + F \qquad (۴)$$

که در آن E میزان بخار آب جو را منظور نموده و F به انعکاس سطحی نور در دو کانال و گازهای ثابت و بازدارنده‌های معلق در هوا بستگی دارد. Caselles و همکاران (۱۹۹۳) برای تعیین پارامترهای E و F رابطه زیر را پیشنهاد نمودند:

$$E = 1 + 0.58 (T_4 - T_5) \qquad (۵)$$

$$F = \alpha + 45 (1 + \varepsilon_4) - \beta \, \Delta\varepsilon \qquad (۶)$$

که در آنها ε_4 انعکاس در کانال 4، $\Delta\varepsilon$ اختلاف انعکاس بین کانال‌های ۴ و ۵ و α و β پارامترهایی هستند که بخار آب جو را کاهش داده و در هر موقعیت اقلیمی قابل برآورد هستند.

بنابراین $\alpha(\beta)$ به ترتیب معادل -۱/۱۲(۴۸)، -۰/۰۶(۷۳) و ۰/۴۴(۱۴۵)K برای جوهای مناطق حاره و عرض متوسط در تابستان و عرض متوسط در زمستان گرفته می‌شوند. شکل ۱ هم‌چنین مراحل مختلف تعیین درجه حرارت سطحی را نشان می‌دهد.

---

[1] Brightness

در اندازه‌گیری و ε_4 استفاده از روش صحرایی توصیه شده توسط Caselles (۱۹۹۳) و در تعیین $\Delta\varepsilon$ روش پیشنهاد شده توسط Coll همکاران (۱۹۹۳) توصیه می‌گردد.

تصویر درجه حرارت سطحی که از نظر تأثیرات جو و انعکاسات تصحیح شده می‌تواند با استفاده از همبستگی خطی بین مقادیر تصحیح شده سنسور ماهواره و مقادیر ثبت شده از شبکه هواشناسی به نقشه درجه حرارت هوا تبدیل شود. بنابراین معادله ۱ با روشی منطقه‌ای و با استفاده از داده‌های حرارتی ماهواره به کار برده می‌شود.

نتایج

ضرایب تجربی معادله (۱) با استفاده از داده‌های اقلیمی (T_a و R_g) به دست آمده از ایستگاه هواشناسی قرار گرفته در فرودگاه Los Llanos در نزدیکی Albacete (۳۹° شمالی و ′۵۲ و °۱ غربی) و در دوره ۱۹۹۱-۱۹۸۵ تعیین گردیدند. در نتیجه مقادیر زیر به دست آمدند:

$A = ۵/۹۹ \times ۱۰^{-۴}$

$B = -۱/۴۰ \times ۱۰^{-۳}$

$C = ۰/۷۸$

اگر ET برحسب میلی‌متر در روز باشد، T_a برحسب سانتیگراد و R_g برحسب وات بر متر مربع می‌باشد. مقادیر K_c با استفاده از اطلاعات محلی در مورد عملیات مدیریتی و مقادیر توصیه شده توسط FAO به دست آمدند. جهت اطلاع از مشروح روش مذکور به Caselles و همکاران (۱۹۹۲) مراجعه شود.

ضریب D از معادله ۲ با استفاده از داده‌های هواشناسی (R_n) به دست آمده از ایستگاه Las Tiesas که در محل Barrax قرار داده شده و پارامترهای محصول (r_o و r_a) توسط دانشگاه Castilla - La Mancha از تجربه آزمایشی EFEDA گزارش گردیده‌اند. مقادیر زیر برای ذرت و جو آبیاری شده به دست آمده‌اند:

$D_{\text{ذرت}} = ۰/۷۶$

$D_{\text{جو}} = ۰/۵۷$

که برحسب میلی‌متر در روز K بیان می‌شوند. جهت کنترل این مقادیر دو آزمایش در قطعات مختلف منطقه Barrax به عمل آمد : اولین آزمایش در ژولای ۱۹۹۱ برای ذرت و دومی از مه تا سپتامبر ۱۹۹۲ که دوره‌های سبزی ذرت و جو را پوشش می‌دهند مربوط می‌شود. اختلاف متوسط ۰/۹ ± ۰/۲ میلی‌متر در روز بین تبخیر و تعریق محاسبه و اندازه‌گیری شده به دست آمد. برای شرح بیشتر به Hurtado و همکاران (۱۹۹۳) مراجعه شود.

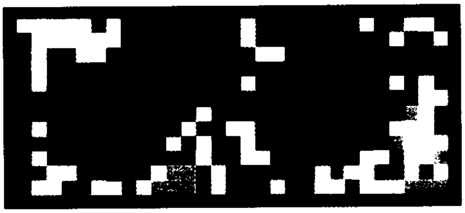
برای تعیین مقادیر E و F معادله ۴ اندازه‌گیری‌های انعکاس و درجه حرارت در جریان آزمایش تجربی EFEDA انجام گردید، شبیه‌سازی‌های انتقال تشعشعی با روش Lowtran - 7 و اندازه‌گیری‌های radiosonde فاقد ابر که به وسیله مؤسسه اسپانیایی هواشناسی در منطقه Barrax در وسط روز اندازه‌گیری شده بود مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر زیر به دست آمد :

E = ۲/۲۵
F ذرت = ۰/۷K
F جو = ۱/۲K

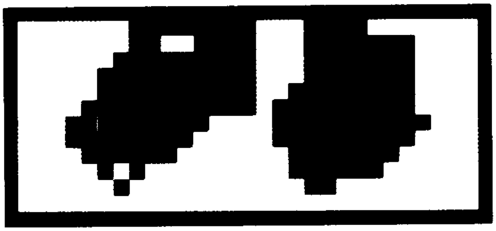
به عنوان مثال کاربردی نقشه‌های تبخیر و تعرق برای منطقه LOS Lianos که در نزدیکی محل Barrax قرار گرفته و ذرت به صورت یکنواختی کشت می‌شود، تهیه گردیده‌اند (شکل ۲ و ۳).

شکل ۴ نقشه رقومی شده محصول این منطقه و شکل ۵ اختلاف بین مقادیر تبخیر و تعریق محاسبه شده از معادلات ۱ و ۲ که اختلاف بین اشکال ۲ و ۳ هستند را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌گردد معادله ۲ مقادیر بین ۱/۵ تا ۴/۳ میلی‌متر در روز و معادله ۱ مقادیر ۲/۹ تا ۴/۳ میلی‌متر در روز را نشان می‌دهد که متوسط مقادیر به ترتیب ۳ و ۳/۶ میلی‌متر در روز می‌باشند. این واقعیت در تطبیق با اساس تئوریکی دو روش بوده چرا که معادله ۱ روشی در برآورد حداکثر تبخیر و تعرق (ملاحظه کنید که هر دو مقادیر حداکثر یکسانند) بوده و معادله ۲ به میزان واقعی تبخیر و تعرق را برآورد می‌نماید.

بنابراین کلاً معادله ۲ مقادیر دقیقتری به دست می‌دهد. اما کاربرد معادله ۱ همراه با معادله ۲ از خطاهای سیستماتیک جلوگیری خواهد نمود (Hurtado و همکاران ۱۹۹۳).



شکل ۲- نقشه ET با استفاده از معادله ۱. مقادیر برحسب میلی‌متر در روز می‌باشند.



شکل ۳- نقشه ET با استفاده از معادله ۲. مقادیر برحسب میلی‌متر در روز می‌باشند.

شکل ۴- نقشه محصول محل LOS Llanos

هزینه‌ها و زمان

جدول شماره ۱ هزینه‌ها و زمان لازم مراحل کاربردی در روش مطرح شده را نشان می دهد.

منطقه کاربردی حدود ۶۰ کیلومتر مربع درنظر گرفته شده و سپس هزینه‌ها در کیلومتر مربع معادل ۹۰ ECU برای سال اول و ۱۵ ECU برای سال‌های بعدی برآورد شده است (شامل نصب، نگهداری، ۱۰ درصد از ۱۵+۳۰ KECU). هزینه‌های مربوط به اجناس بالاترین هزینه‌ها را (۴۵ KECU) تشکیل می‌دهند، با این وجود اگر آنتن گیرنده و ایستگاه هواشناسی کشاورزی مورد استفاده مشترک با دیگر پروژه‌های تحقیقاتی قرار گیرند، هزینه‌ها اساساً کاهش خواهد یافت.

ملاحظات عملیاتی

تجهیزات مادی لازم جهت به کارگیری روش به کار گرفته شده یک آنتن گیرنده تصاویر NOAA-AVHRR و یک ایستگاه اتوماتیک هواشناسی است که هر دو متصل به یک کامپیوتر شخصی با توانایی نرم‌افزاری آنالیز داده‌ها و پردازش تصویر می‌باشند.

دریافت تصویر در حالت قابلیت تفکیک بالا و نه در قابلیت تفکیک پایین صورت می‌گیرد. علت این امر آن است که قدرت تفکیک پایین امکان کاربرد Split-window را در کانال‌های ۴ و ۵ فراهم ننموده و اندازه پیکسل به جای ۱ کیلومتر ۴ کیلومتر است. ایستگاه هواشناسی پارامترهای تشعشع خورشیدی کروی، درجه حرارت هوا و تشعشع خالص را اندازه‌گیری نماید.

مدیر پروژه احتیاج به طی یک دوره آموزشی در سنجش از دور حرارتی که حداکثر یک دوره سه هفته‌ای است دارد. کمک کار دفتری (تحقیقات) پروژه فقط نیاز به تجربه در کامپیوتر (پردازش تصویر) دارد که به سادگی در کشورش تأمین می‌گردد.

دانشگاه Valencia در ۱۵ سال اخیر درگیر تهیه درجه حرارت سطحی از ماهواره‌ها و کاربرد آن در برآورد تبخیر و تعرق در مقیاس منطقه‌ای شده است. خصوصیت آکادمیک

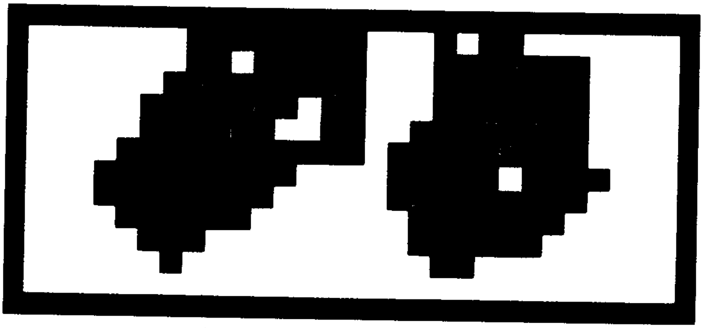
مؤسسه و ماهیت علمی و علاقمندی به کار آنها مانع از به دست آوردن نتایج تجارتی تحقیقاتی بوده و بنابراین تکنولوژی به دست آمده می‌تواند آزادانه به مؤسسات علاقمند منتقل گردد.

نتیجه

روش مطرح شده در کشورهای نظیر اسپانیا که در آنها مدیریت آبیاری با استفاده از ایستگاه‌های اندک و پراکنده صورت گرفته و امکان دست‌یابی به یک دورنمای منطقه‌ای از نیاز آبی که فقط مبتنی بر اندازه‌گیری‌های هواشناسی نیست فراهم می‌گردد مفید می‌باشد، اما به کارگیری چنین روشی با تجانس اقلیمی منطقه مورد مطالعه محدود می‌گردد. تغییرات ۲ درجه سانتیگراد درجه حرارت هوا و ۱۰ درصد در تشعشع خالص خورشیدی منجر به تغییراتی در تبخیر و تعرق به میزان ۱۰ درصد می‌گردد که بایستی به حساب آورده شود. جهت اجتناب از این محدودیت، تصاویر لندست یا داده‌های ERS-1 بایستی توأماً مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۱- هزینه‌ها و زمان لازم مراحل کاربرد روش

مراحل	هزینه‌ها (هزار ECU)	زمان
تعیین ضرایب تجربی (D , C , B , A)	۱/۵	۲ ماه
نصب یک آنتن جهت گرفتن داده‌های NOAA (شامل نرم‌افزار پردازش تصویر)	۳۰	۳ ماه
تأسیس ایستگاه هواشناسی کشاورزی (T_a , R_n , R_g)	۱۵	۲ ماه
اندازه‌گیری‌های صحرایی (پارامترهای محصول و انعکاس)	۳	۲ ماه
پردازش به موقع داده‌ها (۱۰۰ تصویر)	۴/۵	۳ ماه
جمع	۵۴	۱ سال



شکل ۵- اختلاف بین تصاویر ۲ و ۳، مقادیر بین ۰ تا ۱/۴ میلی‌متر در روز متفاوتند.

قدردانی

این کار مطابق با قرارداد شورای مشترک اروپا EPOC-CT-90-030 انجام گرفت. مؤلف لازم می‌داند از دکتر E.Hutrado ، آقای C.Coll ، آقای A.Brasa و خانم M.M.Artigao به‌خاطر مساعی شان با این پروژه و همکاری عالی‌شان و خانم E.Rubio که در ویرایش کمک نمودند تشکر کند. من همچنین قدردانی خود را از خدمات SATMOS (CMS, Lannion) در تأمین تصاویر NOAA به کار برده شده در این اثر ابراز می‌دارم.

مراجع

Bolle, H.-J., André, J.C., Arrue, J.L., Barth, H.K., Bessemoulin, P., Brasa, A., de Bruin, H.A.R., Cruces, J., Dugdale, G., Engman, E.T., Evans, D.L., Fantechi, R., Fiedler, F., van de Griend, A., Imeson, A.C., Jochum, A., Kabat, P., Kratzsch, T., Lagouarde, J.-P., Langer, I., Llamas, R., López-Baeza, E., Meliá, J., Muniosguren, L.S., Nerry, F., Noilhan, J., Oliver, H.R., Roth, R., Saatchi, S.S., Sánchez, J., de Santa Olalla, M., Shuttleworth, W.J., Sogaard, H., Stricker, H., Thornes, J., Vauclin, M. and Wickland, D. 1993. EFEDA: European field experiment in a desertification-threatened area. *Ann Geophysicae* 11: 173-189.

Caselles, V., Coll, C. and Valor, E. 1993. Un método operativo de determinación de la temperatura de la superficie del suelo. *Rev. Teledetección* 2 (forthcoming).

Caselles, V., Delegido, J., Sobrino, J.A. and Hurtado, E. 1992. Evaluation of the maximum evapotranspiration over the La Mancha region, Spain, using NOAA-AVHRR data. *Int. J. Remote Sensing* 13(5): 939-946.

تعیین خصوصیات آبیاری سنتی در آندز - اکوادور

اهداف

به منظور ارائه توصیه‌های لازم در طرح آبیاری ملی از سال ۱۹۸۷ تیم‌های تخصصی INERHI[۱] و ORSTOM[۲] آبیاری سنتی در سلسه کوه‌های آند واقع در اکوادور را در چهارچوب طرح[۳] مورد مطالعه قرار داده‌اند.

آبیاری سنتی به تمامی سیستم‌های غیر دولتی که مدیریت آن مستقیماً به عهده نهادهای کشاورزی است مربوط می‌گردد. این سیستم‌ها نوع عمده آبیاری کشور است و در مزارع کوچک و بزرگ تولید محصولات غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعات در مقیاس‌های مختلف و در سری‌های عملیاتی به شرح زیر انجام گرفته است :

- اندازه‌گیری‌ها و ارزیابی‌های زمینی از مزارع تحقیقاتی، سیستم‌ها و زیرسیستم‌های تعیین پارامترهای ویژه ارزیابی
- خصوصیت، سازمان و ویژگی‌های محلی سیستم‌های آبیاری به وسیله تحلیل مدارک موجود، تفسیر عکس‌های هوایی و بررسی‌های تکمیلی
- تعیین مشخصات تکمیلی با مطالعات موضوعی (مدل‌سازی آب - اقلیم، مدل‌های سیستم‌های تولید، هیدرودینامیک خاک‌ها)

تمامی نتایج به دست آمده از عملیات فوق در یک بانک اطلاعاتی که می‌تواند در طبقه‌بندی سیستم‌ها و مطرح نمودن سناریوهای کوتاه‌مدت تا درازمدت مورد استفاده قرار گیرد وارد شده‌اند.

1- Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos, Quito, Ecuador

2- Institut Francais de Recherche Scientifique pour le Développement en coopération

3- FITADE

از سال ۱۹۹۰، CEMAGREF[1] و BCEOM[2] در عملیات LOCIE[3] (موقعیت، سازمان و تعیین مشخصات آبیاری در اکوادور) درگیر شدند. در عمل ناکافی بودن تفسیر عکس‌های هوایی در مشخص نمودن درست سیستم‌های سنتی آبیاری به اثبات رسیده و ماهواره SPOT به عنوان ابزار مهمی در مطالعه دقیق‌تر و بهنگام نمودن منظم خصوصیات آبیاری مورد استفاده قرار گرفت. با درنظر گرفتن اهداف طرح FITADE کاربرد تصاویر ماهواره جهت سنجش موارد زیر صورت گرفت:

- تهیه نقشه تأسیسات زیربنایی اصلی آبیاری ("acequias")
- تهیه نقشه محصولات اصلی (به تنهایی یا همراه با دیگر محصولات)

روش‌های توسعه‌یافته در ابتدا در زیر سیستم کوچک کشت آبی Urcuqi که داده‌های زمینی آن در دسترس بود مورد آزمون قرار گرفته و سپس در تمامی سیستم Urcuqi به عنوان یک منطقه شاهد طرح FITADE مورد آزمون قرار گرفت. این روش‌ها می‌تواند بعداً در تمامی حوضه رودخانه Mira که داده‌های زمینی آن از نظر کمی و دقت در وضعیت نامناسبتری است مورد استفاده قرار گیرد.

حوضه آبریز Mira و سیستم Urcuqui

در قسمت شمال غربی امریکای جنوبی، اکوادور در شمال با کلمبیا و در جنوب با پرو هم‌مرز بوده و قسمت کوچکی از کشور با سلسه جبال آند که قله‌های آن بیش از ۶۰۰۰ متر ارتفاع دارد پوشیده شده است. در واقع Cordillera از دو سلسله کوه جدا که توسط کریدور "Sierra" interandin که دشت‌های بزرگ کشت شده قبلاً توسط تمدن‌های قبلی کلمبیایی اشغال شده بود تشکیل شده است. این منطقه در ابتدا مورد اشغال اینکاها، سپس

1- Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts

2- Société Francaise d'Ingénierie

3- Location, Organization and characterization of Irrigation in Ecuador

اسپانیولی‌ها قرار گرفته و امروزه منطقه‌ای مسکونی و شلوغ می‌باشد.

حوضه Mira که در شمال Sierra واقع شده جهت سنجش توانایی ماهواره SPOT در تأمین اهداف فوق انتخاب شده است. حوضه ۳۵۰۰ کیلومتر مربعی به سه دره بزرگ تفکیک شده و ارتفاع آن از ۱۵۰۰ تا ۴۵۰۰ متر متغیر می‌باشد. از نظر اقلیم منطقه تحت تأثیر منطقه گرمسیری Convergence همراه با توده‌های هوای اقیانوس آرام و بادهای جنوب شرقی تابستانی (ژولای - آگوست) و هم‌چنین مسیر توده هوای محلی که بسته به دره‌ها، عمق و یا جهت آنها می‌تواند کم و بیش مهم باشد قرار دارد. تمامی این پدیده‌ها بعضی وقت‌ها به وسیله توپوگرافی که ابرهای متعدد را ایجاد می‌نماید و استفاده از داده‌های ماهواره را مشکل می‌سازد و هم‌چنین گرادیان‌های مهم اقلیمی و باز تقسیم مجدد بارندگی (biomodal rainfall) که در تطابق چرخه‌های رشد محصول به کار می‌رود محدود می‌گردد.

آبیاری در سه سطح اقلیم به کار می‌رود: به عنوان آبیاری تکمیلی در مناطق سرد (بالاتر از ۲۷۰۰ متر) و معتدل (بین ۲۳۰۰ و ۲۷۰۰ متر)، و به عنوان ورودی در سطح غیرگرمسیری (پایین‌تر از ۲۳۰۰ متر)، آبیاری آب را برای دو نوع کشاورزی تأمین می‌نماید:

☐ مزارع بزرگ که عمدتاً در سطوح سرد (علفزارها، جو و سیب‌زمینی) و غیرگرمسیری (چغندر قند، یونجه و سبزیجات)،

☐ مزارع کوچک که عمدتاً در سطح معتدل (کشاورزی مختلف مبتنی بر ذرت - لوبیا) می‌باشند،

حوضه آبریز Mira به ۱۸ سیستم یا ZARIS (منطقه تحلیل و مورد توصیه آبیاری) تقسیم شده است. خصوصیات آن در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

روش‌ها

به خاطر اندازه کوچک مزارع در سیستم Urcuqui هر دو تصویر چند طیفی (XS با

تفکیک ۲۰ متر) و پانکروماتیک (P با تفکیک ۱۰ متر) SPOT مورد استفاده قرار گرفته و در یک تصویر ترکیبی به اصطلاح XS+ P جهت برخی کاربردها ارائه گردیده است. به علت وضعیت توپوگرافی و شرایط اخذ تصویر (زاویه دید بزرگتر از ۱۵°) لازم بود که تصاویر Ortho تهیه شود. در واقع اکثر مزارع دارای شیب‌های ۱۲ درصد تا ۲۵ درصد و بعضی شیب‌های نزدیک و یا تند تراز ۵۰ درصد می‌باشند.

این تصحیحات با استفاده از یک مدل ارتفاعی رقومی (DEM) با میزان تفکیک ۴۰ متر و نرم‌افزار تولید تصویر Ortho که در CEMAGREF تهیه شده صورت گرفت. دقت تصاویر Ortho مذکور معادل ۱۵± متر RMS یعنی کمتر از یک پیکسل SPOT XS می‌باشد.

ابرهای موجود و سایه‌های آنها (عمدتاً مربوط به ارتفاعات بیش از ۲۷۰۰ متر حذف و در پردازش‌های بعدی مورد استفاده قرار نگرفتند.

نقشه تأسیسات زیربنایی با استفاده از تفسیر تصویر XS+ P تهیه و با رویهم‌گذاری و رسم منحنی‌های تراز تکمیل گردیدند. کانال‌ها معمولاً بر مبنای نشانه مکانی‌شان (نمایش یک طیف پوشش گیاهی در طول مرزهای کانال‌ها) و توپوگرافی‌شان (آنها تقریباً از منحنی‌های تراز تبعیت می‌کنند) مشخص می‌گردند.

یک لیست از محصولات اصلی با استفاده از روش معمول طبقه‌بندی (حداکثر درشت‌نمایی با فرضیه گوس) و معرفی یک احتمالات اولیه توزیع محصول در سطح اقلیم تهیه گردید.

جدول ۱- خصوصیات سیستم Urcuqui

۱	کل مساحت ZARI	۱۲۶۳۵ هکتار
۲	سطوح دارای ارتفاع کمتر از ۳۶۰۰ متر	۹۸۰۰ هکتار
۳	مساحت کشت شده	۷۳۴۵ هکتار (۵۹ درصد از ۱/۷۶ درصد از ۲)
۴	مساحت آبیاری شده شامل:	۵۰۸۷ هکتار (۶۸ درصد از ۳) در ۲۶ زیرسیستم‌ها ۲۷ درصد در سطح معتدل (سال/میلی‌متر ۷۹۵/۱۱۶۵ = تبخیر پتانسیل/بارندگی) ۷۳ درصد در سطح نیمه‌گرمسیری (سال/میلی‌متر ۵۴۰/۱۴۰۵ = تبخیر پتانسیل/بارندگی) ۹۰ درصد در مزارع بزرگ ۱۰ درصد درمزارع کوچک
۵	آبیاری سنتی	۴۵۴۸ هکتار (۹۰ درصد از ۴)
۶	آبیاری دولتی	۲۲۳ هکتار
۷	آبیاری مختلط	۳۱۶ هکتار (۶ درصد از ۴)
۸	تعداد سیستم‌های آبیاری	۱۹
۹	کل طول کانال‌ها شامل:	۱۹۲ کیلومتر ۱۰ درصد بتنی ۹۰ درصد سنتی از جنس خاک
۱۰	کل جریان	۴/۵ مترمکعب درثانیه
۱۱	کل جمعیت ZARI	۵۵۹۲ نفر
۱۲	جمعیت مرتبط با آبیاری	۴۹۶۶ نفر (۸۹ درصد از ۱۱)

نتایج

نقشه تأسیسات زیربنایی

نتایج تفسیر تصویر از طریق مقایسه نقشه استخراجی تأسیسات زیربنایی با یک نقشه واقعی ۱:۲۵۰۰۰ از تأسیسات زیربنایی مورد ارزیابی قرار گرفت. این نتایج بسته به منطقه ناهمگون هستند :

☐ در مناطق مرتفع : کمتر از ۱۰ درصد کانال‌ها به علت آنکه تمایز آنها از پوشش گیاهی مرزی آنها مشکل بوده و هم‌چنین به‌خاطر ابری بودن یکسان هستند.

☐ نواحی پست کشاورزی : نتایج به صورت چشم‌گیری اصلاح شده‌اند چنانکه ۶۸ درصد تمامی کانال‌ها یکسان شده (۷۹ درصد کانال‌های اصلی) و ۱۲ درصد با جاده‌ها و رودخانه‌ها مخدوش شده و ۲۷ درصد حذف شده‌اند.

☐ نواحی پست نیمه‌شهری : غالباً جاده‌های فرعی و انهار زهکشی یکی گرفته می‌شوند چنانکه فقط ۲۳ درصد کانال‌های آبیاری به طور صحیح مورد شناسایی قرار گرفته‌اند.

به طورکلی ۴۶ درصد از ۱۹۲ کیلومتر کانال‌های آبیاری سیستم Urcuqui به درستی شناسایی شده، ۱۰ درصد با راه‌ها و رودخانه‌ها اشتباه گرفته شده و ۴۴ درصد قابل تشخیص نبوده‌اند.

این نتایج بهتر از نتایج به دست آمده از طریق تفسیر ساده عکس‌های هوایی انجام شده در پروژه FITADE می‌باشند. آنها حتی می‌توانند (به میزان ۷۰ تا ۸۰ درصد در تشخیص کانال‌ها) به وسیله یک تعیین حدود اولیه زیرسیستم‌های آبیاری با استفاده از DEMهای تهیه شده (با تفکیک ۱۰ تا ۲۰ نیز) و مشارکت متخصصین دیگر (نظیر جغرافی کشاورزی) بیشتر اصلاح گردند.

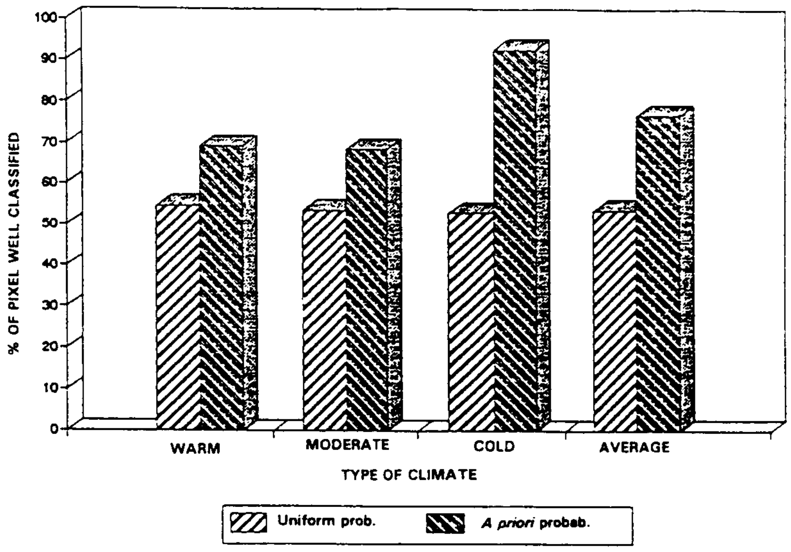
تهیه نقشه تأسیسات زیربنایی فواید زیادی دارد چراکه حوضه آبریز Mira مجهز به ۱۱۶۴ کیلومتر کانال‌های آبیاری و Sierra اکوادور بیش از ۱۰۰۰۰ کیلومتر کانال دارد. ترمیم سیستم‌های سنتی واقعاً نیاز به یک تجدید سازمان تأسیسات زیربنایی آبیاری (تحت کنترل در آوردن و حمل و نقل) به منظور اصلاح مدیریت منابع آب و عملیات نگهداری توسط تشکیلات کشاورزان آبیار دارد.

لیست محصولات اصلی

در این لیست دو روش مورد آزمایش قرار گرفتند :

☐ یکی بر اساس تقسیم مقدماتی منطقه به سه سطح اقلیمی که در بالا ذکر گردید.

☐ دومی براساس همان تقسیم‌بندی به اضافه معرفی احتمالات اولیه کاربری اراضی هر محصول : در این امر می‌تواند در سطوح مشخصی برای فراوانی کم یا زیاد در مورد محصولات روش دوم نتایج بهتری را به دنبال داشته و در شکل ۱ به صورت کلی برای هر سطح اقلیم نشان داده شده است. طبقه‌بندی هر محصول می‌تواند با استفاده از ماتریس Confusion که در اینجا به آن پرداخته نشده و به عنوان دقت اصلی طبقه‌بندی هر سطح اقلیمی نزدیک به دقت هر محصول منفرد می‌گردد ارزیابی گردد.



شکل ۱- مقایسه دقت‌های طبقه‌بندی در هر سطح اقلیمی با معرفی و بدون معرفی احتمالات اولیه کاربری اراضی

دقت‌های به دست آمده به طورکلی کمتر از آنهایی است که در سیستم‌های کشاورزی به دست آمده و این امر اساساً به خاطر مسایل زیر است:

☐ تعداد زیاد محصولات مختلف جهت معرفی

☐ اندازه مزارع، که گاهی ناسازگار با قدرت تفکیک SPOT است.

☐ برداشت تصویر در یک زمان به‌خاطر ابری بودن مکرر در حالی‌که نقشه‌های معمول کاربری اراضی تهیه شده با استفاده از حداقل دو تصویر در دو تاریخ مختلف به دست آمده است.

هزینه‌ها

کل هزینه‌های دو کاربرد می‌تواند بیش از یکی از روش‌های کاربردی سنجش از دور درنظر گرفته شود که اساساً به‌خاطر عملیات پیش‌پردازش و تهیه DEM باشد. در سیستم آبیاری Urcuqui هزینه ۳۰۰۰۰ دلار آمریکا یعنی حدود ۲/۵ دلار در هر هکتار گردید. این هزینه در مناطق بزرگتر (نظیر حوضه آبریز Mira که در همان تصویر SPOT قرار دارند) ۴ تا ۵ برابر کمتر خواهد شد.

عملیات

دو روش کاربردی که در این مطالعه مورد استفاده قرارگرفته می‌تواند با استفاده از یک میکروکامپیوتر حاوی نرم‌افزار پردازش تصویر انجام پذیرد. پردازش ساده موردنظر فقط نیاز به آموزش کوتاه در زمینه پردازش تصویر و سنجش از دور دارد.

اما سنجش از دور در این منطقه با دو محدودیت مهم مواجه است :

☐ مواقع زیاد ابری بودن که شدیداً اخذ داده‌ها را محدود می‌نماید و به عنوان مثال در ۱۹۹۰ فقط منجر به تهیه یک تصویر SPOT XS در مدت زمان برنامه‌ریزی SPOT که تقریباً یک تصویربرداری در هفته بود گردید و این امر اساساً در رابطه با لیست‌برداری از

محصولات ایجاد مشکل می‌نماید.

□ DEM موجود تهیه شده توسط مؤسسه جغرافیایی نظامی هرچند که از محدودیت‌هایی برخوردار است ولی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. تهیه DEM دقیقتر یا نیاز به رقومی نمودن نقشه‌های جدید توپوگرافیک ۱:۲۵۰۰۰ دارد و یا از طریق تهیه DEM از تصاویر سه‌بعدی SPOT که محدودیت پوشش ابر را دارد امکان‌پذیر است. احتمالاً منطقه سلسله جبال آند در اکوادور یک محیط مطالعاتی است که در آن محدودیت مطالعه سنجش از دور وجود دارد.

نتیجه

تا آنجاکه به اهداف اصلی مربوط می‌شود نتایج به دست آمده در منطقه Urcuqui ZARI رضایت‌بخش است. استفاده از تصاویر ماهواره به طور قابل ملاحظه‌ای تصحیحات زمینی را خصوصاً در تأسیسات زیربنایی و لیست‌برداری از زیرسیستم‌های مربوطه کاهش می‌دهد. اما این نتایج هنوز خیلی کم‌دقت هستند تا بتوان یک نقشه دقیق از سیستم‌های سنتی آبیاری آند و سیستم‌های محصولی مربوطه را تهیه نمود. این نتایج بایستی به استفاده از داده‌های اضافی کافی (اخذ داده‌های همزمان P، XS، DEM دقیق‌تر، ترکیب سنجش از دور با GIS) و به وسیله ترکیب پردازش تصویر از طریق تحلیل دورنمای تهیه شده توسط یک کارشناس جغرافیایی کشاورزی که تجربه در زمینه سیستم‌های کوچک آبیاری داشته باشد صورت گیرد.

با ملاحظه محدودیت‌های مشاهده شده روش‌های مطرح شده، یک راه ساده اصلاح وضعیت صبر کردن برای ماهواره‌های با قدرت تفکیک بهتر است هرچند که نتایج به دست آمده در این مطالعه سودمندی قابل ملاحظه‌ای را داشته‌اند. در سرتاسر جهان سیستم‌های قدیمی آبیاری تقریباً نصف مناطق آبیاری شده را (۸۰ درصد در اکوادور) تشکیل داده و بخش عمده کشاورزان آبیار در این سیستم‌ها که بعضی اوقات هزاران سال عمر دارند کار می‌کنند. از آنجاکه برای مدت طولانی این سیستم‌ها توسط دانشمندان و

تصمیم‌گیرندگان به خوبی شناخته نشده و یا فراموش گردیده‌اند این روزها مواجه با شواهدی نظیر ناپایداری و سود پایین و افزایش مهاجرت به شهرهای بزرگ می‌باشند.

به نظر می‌رسد استقرار مجدد این سیستم‌ها یک موضوع عمده در توسعه کشاورزی در دهه‌های بعدی است. آبیاری سنتی اساساً در محل‌های با پتانسیل بالا قرار گرفته و نیروی انسانی مجرب را به کار گرفته و بنابراین استقرار مجدد آن ارزانتر از پروژه‌های جدید بوده که هزینه آن در کشورهای در حال توسعه که غالباً مقروض هستند غیرقابل اغماض است. بنابر این نوع آبیاری می‌تواند متحول شده و سیستم‌های تولید آن به سادگی می‌تواند با اقتصاد بازار تطبیق داده شود. تیم‌های متعددی در امریکای جنوبی، آفریقا و آسیا علاقمند به این مسایل بوده و مورد تشویق سازمان‌های بین‌المللی هستند و سنجش از دور بایستی در روش‌های آنها در نظر گرفته شود.

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور برای مدیریت پروژه آبیاری

اهداف پروژه

در سال ۱۹۵۵ شرکت ملی توسعه حوضه سفلی Rhone (BRL) به منظور معرفی گیاهان آبیاری شده در جنوب فرانسه (منطقه Languedoc Roussillon) ایجاد گشت. BRL به عنوان یک شرکت دولتی در زمینه مهندسی آبیاری (طراحی پروژه، اجرای ساختمان‌های هیدرولیک)، مدیریت پروژه‌های آبیاری و نگهداری تجهیزات فعالیت می‌کند. تاکنون ۱۴۰۰۰۰ هکتار از اراضی تحت آبیاری قرار گرفته‌اند.

به علت ایجاد موانع اقتصادی (هزینه بالای نیروی کار، کاهش توسعه کشاورزی، مشکلات موجود در گرفتن یارانه از دولت) ضرورت اصلاح مدیریت شبکه مطرح گردیده است. بدین‌منظور، مدیریت شبکه و تحول سیستم محصولات جهت تطابق شرایط واقعی مورد استفاده (یعنی تغییرات، نوسان مقدار آبیاری) ارزیابی شده و ارائه توصیه‌ها در راستای مطالعات بیشتر (طراحی شبکه) و مدیریت پروژه یا به عبارت دیگر بررسی تأثیر اقدامات انجام شده صورت گرفته است. در این راه آخرین فنون تهیه اتوماتیک نقشه که در اخذ داده‌ها سودمند بوده مورد استفاده قرار گرفته، و تحلیل وضعیت موجود در زمان حاضر و پیش‌بینی وضعیت آینده عملی گردیده است.

بنابراین BRL با کمک مالی Center National d’Etudes Spatiales (CNES) (برنامه SPOT AVAL) و همکاری مراکز تحقیقاتی (بخش‌های سنجش از دور و آبیاری CEMAGREF) و ادارات انتقال فن‌آوری (PÔle Regional de Télédétectiony /GUTLAR) تصمیم گرفت که مجموعه تصاویر SPOT که با داده‌های جغرافیایی تکمیل شده (ثبت اراضی مزروعی و مزارع کشت شده، عکس‌های هوایی، شبکه راه‌ها و غیره) را در توسعه مدیریت سیستم آبیاری به منظور ارائه یک فرایند خودکار که در کشورهای دیگر توانایی داشته باشد مورد مطالعه

قرار دهد.

هدف محاسبه تئوریک آب مصرفی در شبکه آبیاری و تطبیق آن با اندازه‌گیری‌های واقعی انجام شده توسط تجهیزات یا ساختمان‌های آبگیر (کانال‌ها، ایستگاه‌های پمپاژ و غیره) است که با کاربری اراضی آغاز می‌شود. سپس تحلیل به منظور مشخص نمودن ملاحظات مورد لزوم در اصلاح مدیریت سیستم انجام می‌گیرد.

منطقه پروژه و محیط زیست آن

دو محل برای پروژه انتخاب شده‌اند :

☐ ۵ بخش آبیاری شده، که جمعاً ۱۰۰۰۰ هکتار شده و در یک منطقه وسیعتر ۴۰۰۰۰ هکتاری (Casier 1)، و درون پروژه آبیاری تحت مدیریت BRL در نزدیکی Nimes (جنوب فرانسه)[1] واقع شده است (ORMVA) régional de mise en valeur.

☐ یک بخش ۱۵۰۰ هکتاری agricole du Loukkos آبیاری شده واقع در مراکش در پروژه تحت مدیریت اداره که در جنوب Tangiers واقع شده است.

دو محل متفاوت مذکور جهت اطمینان از مناسب بودن روش کار صرفنظر از شرایط محلی انتخاب شده و می‌توانند در پروژه‌های بزرگ آبیاری در مقیاس جهانی مورد استفاده قرار گیرند.

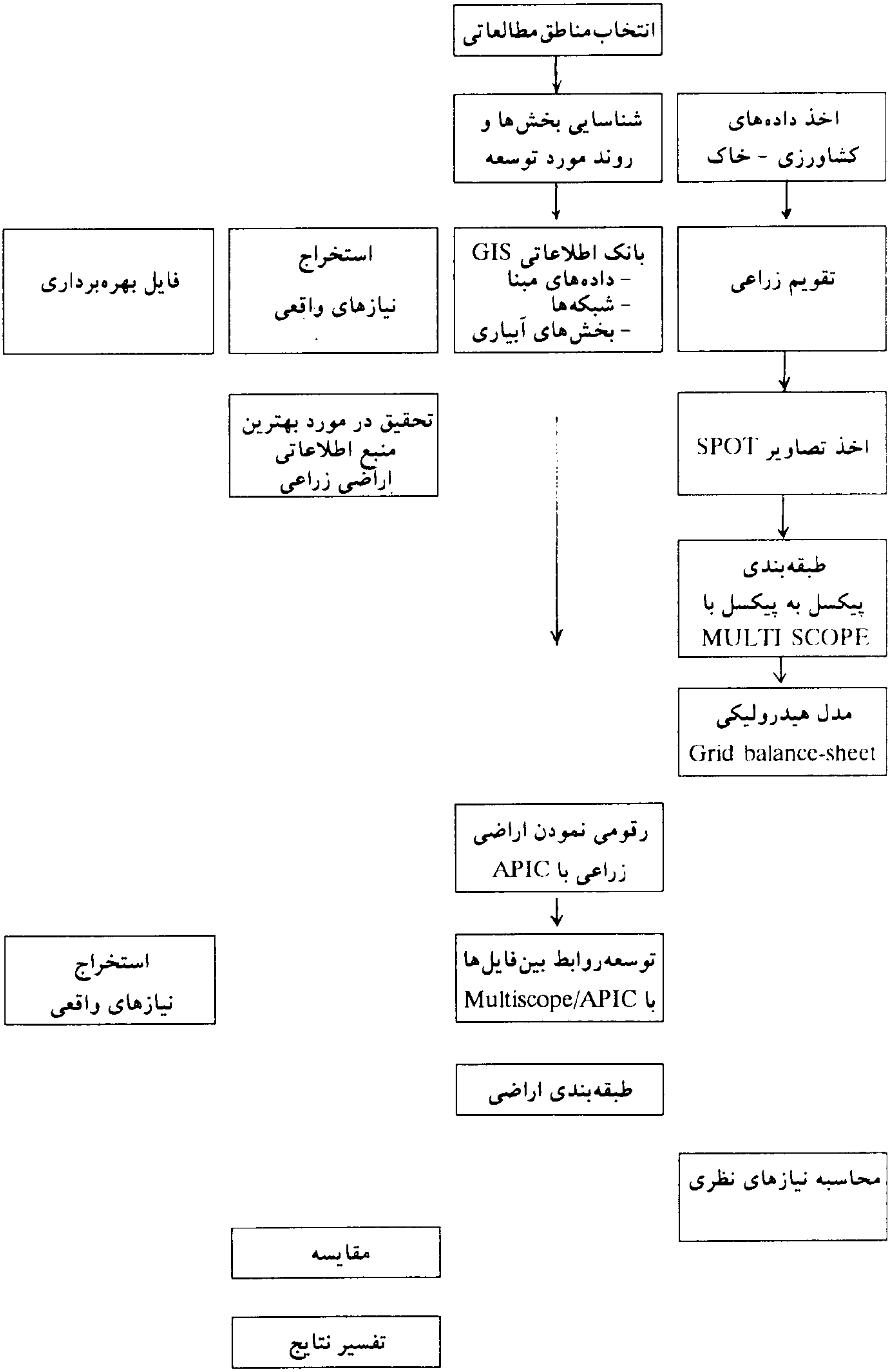
روش‌شناسی یا روش کار

فلوچارت روش کار در شکل ۱ ارائه گردیده است.

در رابطه با محل فرانسوی (جنوب Nimes)، تصاویر پردازش شده SPOT از طریق یک برنامه کاربری اراضی PÔle Régional de Télédétection که از سال ۱۹۹۰ آغاز شده به منظور کاربرد در عرصه وسیع خریداری شده است. در محل مراکش اخذ داده‌ها کاهش داده شده و بر اهداف ویژه زیر متمرکز شده است :

---

[1] J.M. Citeau and R. Jourdan, BRL, Nimes, France


انتخاب مناطق مطالعاتی
اخذ داده‌های کشاورزی - خاک
شناسایی بخش‌ها و روند مورد توسعه
تقویم زراعی
بانک اطلاعاتی GIS
- داده‌های مبنا
- شبکه‌ها
- بخش‌های آبیاری
استخراج نیازهای واقعی
فایل بهره‌برداری
اخذ تصاویر SPOT
تحقیق در مورد بهترین منبع اطلاعاتی اراضی زراعی
طبقه‌بندی پیکسل به پیکسل با MULTI SCOPE
مدل هیدرولیکی Grid balance-sheet
رقومی نمودن اراضی زراعی با APIC
توسعه‌روابط بین‌فایل‌ها با Multiscope/APIC
استخراج نیازهای واقعی
طبقه‌بندی اراضی
محاسبه نیازهای نظری
مقایسه
تفسیر نتایج

شکل ۱- فلوچارت روش کار

☐ مالیات‌گیری از محصولات آبیاری شده
☐ مشخص نمودن خاک‌های باقیمانده (illicit withdrawals)

روش خودکار شامل موارد زیر می‌باشد:

☐ محاسبه خودکار نیازهای آبی بر پایه مدل هیدرولیکی موازنه پهنه (hydraulic balance sheet model) با استفاده از پارامترهای اقلیمی (بارندگی) و خاکشناسی (آب موجود و قابل استحصال در خاک) در منطقه پروژه
☐ پردازش تصویر SPOT به منظور طبقه‌بندی پیکسل به پیکسل کاربری اراضی
☐ شناسایی خودکار یا نیمه‌خودکار مزارع کشت شده با استفاده از عکس‌های هوایی رقومی شده که در آنها تغییرات سالانه حدود مزارع به صورت خودکار با استفاده از تصاویر SPOT بهنگام شده است (نرم‌افزار تطبیق واقعی بر تصویر مانیتور)
☐ روند خودکار طبقه‌بندی مزرعه
☐ استخراج هر بخش جغرافیایی منطقه مطالعه شده و یکی نمودن مصارف آبی تئوریک و واقعی در آن بخش

نتایج فنی

بهینه نمودن منابع آب

پروژه اولین پاسخ خود را در مورد اولین هدف برنامه‌ریزی پتانسیل آبیاری که بهینه نمودن منابع آب می‌باشد ارایه نمود. هدف شناسایی تلفات آب از طریق تحلیل نتایج ثبت شده در آبگیرهای شبکه بود.

کمبودهای آب مورد استفاده می‌توانست به‌خاطر مجموعه عوامل زیر باشد :

☐ لبریز شدن کانال‌ها
☐ باقی ماندن رسوبات (illicit withdrawals) (که در مناطق خشک به سادگی قابل شناسایی است)
☐ استفاده از آب زیرزمینی (کنترل آن از طریق نقشه آب زیرزمینی ممکن است)
☐ کاربرد ناکافی آبیاری

از طرف دیگر، آب مازاد در مقایسه با نیازهای تئوریک به‌خاطر یک روند آبیاری اضافی (که غالباً در خاک‌های شنی مشاهده می‌شود) یا هزینه نامناسب آب است که منجر به اتلاف آب می‌شود (هزینه‌ها بر اساس سطح محصول کشت شده است نه آب مصرفی).

مدیریت مالی شبکه

اصلاح وضعیت مالی و کنترل تهیه برداشت‌ها (برداشت‌های غیرقانونی، شناسایی محصول و تعیین هزینه‌های آبیاری بسته به سطوح زیرکشت محصول قرارگرفته) موردنظر می‌باشد.

ارزیابی تقاضا

اتخاذ سیاست‌های کشاورزی به منظور اصلاح ساختاری آن در چهارچوب اروپایی (به عنوان مثال دادن یارانه جهت حذف تاکستان‌های حومه تولوز فرانسه توسط بازار مشترک اروپا را می‌توان نام برد) یا یک سیاست ملی (طرح روغن سبز) که می‌تواند منجر به جهت‌گیری مهم در سیستم تولید گشته و غالباً با یکپارچگی اراضی توأم گردد. این روش‌ها می‌تواند با بهره‌گیری از سنجش از دور به منظور مشخص نمودن سیستم‌های آلترناتیو با هدف اندازه‌گیری پیش‌بینی اثرات توزیع و درنهایت منابع بالادست عملی گردد.

ملاحظات عملیاتی و هزینه‌ها

پردازش تصویر SPOT، عکس‌های هوایی و داده‌های زمین (مزارع مرجع) بایستی مورد استفاده قرار گیرد. هدف سعی در حذف دو مورد آخری است. اولاً به علت هزینه‌های بالای آنها و ثانیاً محدود نمودن اخذ تصویر تنها به تاریخ‌های استراتژیک که سیستم‌های کشت متفاوت را نشان دهد. برآورد هزینه توسط BRL در منطقه انحصاری (Concessionary area) نشان می‌دهد که هزینه سالانه ظهور و پردازش حدود ۵۰۰۰۰۰ فرانک (۹۰۰۰۰ دلار آمریکا) بوده که برای هر هکتار آبیاری شده معادل ۳/۵ فرانک

فرانسه (۰/۶ دلار آمریکا) می‌گردد.

در فرانسه بازگشت سرمایه چنین روندی، وقتی بر مبنای سالانه باشد و فقط توسط مدیریت اداری حمایت شده و به عنوان یک سیستم خودکار طراحی شود رضایت‌بخش نیست. اما استفاده از این روند بر یک اساس پنج ساله به علت آنکه امکان تطابق واقعیت زمینی و برآورد توسعه پتانسیل آبیاری را فراهم می‌نماید بیشتر قابل توصیه می‌باشد. جهت ساده‌تر نمودن چنین روندی بنظر می‌رسد که بهتر است داده‌های مبنا گرفته شوند، خصوصاً تهیه تصاویر SPOT مسئولیت دولت محلی است که کم هزینه‌تر بوده و این واقعیت را بایستی در نظر گرفت که اینگونه تهیه داده‌ها چند منظوره هستند.

فراتر از این پروژه و باتوجه به مسئله فوق‌الذکر، BRL شرایط ایجاد یک GIS منطقه‌ای را به عنوان یک مشاور در مطالعات امکان‌یابی مورد مطالعه قرار داده است. ایجاد چنین سیستم GIS منطقه‌ای امکان کاهش هزینه گرفتن داده‌ها (تصاویر SPOT، مزارع رقومی شده) را فراهم می‌آورد. در کشورهای در حال توسعه، به‌خاطر مشکلات به دست آوردن منابع قابل اطمینان اطلاعاتی در پروژه‌های بزرگ، روش موجود یک ابزار واقعی در مدیریت پروژه، بویژه وقتی شرکت اداره کننده مسئول حوادث غیرمترقبه کشاورزی (یخبندان، سیلاب، هجوم حشرات، بیماری‌های گیاهی و غیره) باشد را به دست می‌آورد. غالباً چنین سیستمی تنها راه مواجهه با انواع مختلف مسایل مورد بحث می‌باشد. محدودیت‌های فنی چنین روندی به‌خاطر اندازه قطعه وقتی کمتر از یک هکتار باشد می‌باشند.

نتیجه نهایی پروژه کاربرد نرم‌افزاری است که توسط BRL تهیه شده و همراه با نرم‌افزار APIC توانایی توأم نمودن پردازش تصویر و داده‌های یک GIS را دارا می‌باشد. این نرم‌افزار یک سیستم اصلی است که طراحی و توسعه داده شده است. نرم‌افزار توانایی کار بایک سیستم کامپیوتری جنبی دیگر که توسط BRL (سیستم GESRI) تهیه شده، خصوصیات هیدرولیک و تجهیزات شبکه را لیست و تشریح می‌نماید. در رابطه با تجهیزات انتقال با ظرفیت بالا استفاده از هر دو سیستم امکان تشخیص پتانسیل آبیاری را که در ابتدا منابع آب مورد شناسایی قرار گرفته و سپس اراضی مناسب جهت آبیاری مشخص می‌گردند، فراهم می‌آورد. این جنبه در ارتباط با قسمت اول بوده و ثابت می‌کند که ابزار مدیریتی هم‌چنین می‌تواند در شناسایی پتانسیل آبیاری مورد استفاده قرار گیرد.

روش دسترسی به یک سیستم اطلاعاتی در استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور در آبیاری و زهکشی

یکی از اهداف کارگاه تخصصی شناخت موانع عمده محدودکننده کاربرد فنون سنجش از دور در کشورهای در حال توسعه در مسایل آبیاری و زهکشی است.

با در نظر گرفتن کارگاه تخصصی، عمده موانع مورد بحث مسایل فنی می‌باشند، اما اگر تمامی کوشش‌های فنی نتایج سریعی را به همراه نداشته باشند، این امر فقط ناشی از محدودیت‌های فنی است. آنچه سنجش از دور عرضه می‌کند اطلاعات است، بنابر این یک روش سیستم اطلاعاتی مورد نیاز است تا روش فشار فن‌آوری بر نیازهای کاربران را تکمیل نماید، مثال‌های ارائه شده در اینجا نشان می‌دهد که مسئله تعریف نیازها می‌تواند عامل مهم‌تری در محدودیت توسعه باشد تا موانع فنی.

تمامی این پروژه‌ها مثال‌هایی از محصولات اطلاعاتی سنجش از دور می‌باشند که مورد نیاز مدیریت بهتر آبیاری هستند. یکی طرح آبیاری جدید است (مصر) که در آن ارزیابی پروژه ضروری است. دومی طرح قدیمی آبیاری است که اطلاعات مربوط به مدیریت مورد نیاز است. سومی مربوط به ضرورت کنترل اطلاعات در سیاست‌گذاری است.

بعضی مثال‌ها در مورد اطلاعات تولید شده در این پروژه‌هاست که ارائه گردیدند.

تحلیل محصولات اطلاعاتی می‌تواند در رابطه با تئوری سیستم‌های اطلاعاتی ملاحظه گردد. هر محصول نتیجه پردازش اطلاعات سنجش از دور بوده، اما هریک بایستی نه فقط به عنوان یک بانک اطلاعاتی بلکه به عنوان یک محصول پشتیبانی تصمیم‌گیری در نظر گرفته شود. سطح تصمیم‌گیری که آنها بایستی تأمین نمایند در درجه اول اهمیت قرار دارد.

در اولین مثال، مشتری نیاز به تصمیم‌گیری استراتژیک داشت : اشکال ساختگی بایستی کافی باشند، اما او نیاز به فروش پروژه داشته و بنابراین یک فرآیند زیبا مورد نیاز است. نتیجتاً یک نقشه رنگی مخصوص بایستی تهیه گردد تا به طور مؤثری مورد استفاده قرار گیرد.

در مثال دوم که توسط فائو در اندونزی هدایت گردید، سنجش از دور به عنوان یک ابزار اولیه در جمع‌آوری داده‌های جدید معمول در طرح‌های آبیاری دیده شد، اما

جمع‌آوری داده‌های صحرایی قبلاً به سادگی در این کشورهای پرجمعیت انجام می‌شد. بنابراین آنچه موردنیاز بود بهنگام سازی اشکال و نقشه‌های مرجع بود که جمع‌آوری داده‌های صحرایی را سازمان‌دهی نماید. محدودیت درکاربرد سنجش از دور بیشتر مسئله سازمان سیستم اطلاعاتی است تا مسئله فنی.

آخرین مثال نشان داد که برخی اطلاعات ساده و خیلی ساختگی به دست آمده از طریق فن‌آوری همچنان که قبلاً ثابت شده بایستی در روندهای مناسب تصمیم‌گیری قرار گیرند تا مفید بودن آنها مورد ملاحظه قرار گیرند.

این مثال‌ها و مباحث بعدی نشان داده‌اند که سازمان آبیاری و سیستم‌های مدیریت و هم‌چنین اهداف مدیران (یا مشتریان) و کاربران از یک محل تا محل دیگر بسیار متفاوتند. بنابراین سیستم‌های اطلاعاتی مورد طرح و محصولات اطلاعاتی عرضه شده بایستی متفاوت باشند.

اگر کاربران محصول به خوبی مشخص نشده‌اند، نیازها نمی‌تواند تعریف شود و بنابر این بهتر است تلاش فشار فن‌آوری را متوقف سازیم. اگر کاربر هیچگونه ایده‌ای از سیستم اطلاعاتی و سازمان تصمیم‌گیری ندارد، محصولات اطلاعاتی قابل استفاده نبوده و بنابراین تولید اطلاعات بی‌فایده خواهد بود. اگر استراتژی طرح آبیاری معلوم نباشد، هیچ سیستم اطلاعاتی قابل تعریف نبوده و در این مورد فقط یک بانک اطلاعاتی با محصولات سنجش از دور می‌تواند عرضه گردد، هرچند که استفاده از آن نمی‌تواند تضمین شود.

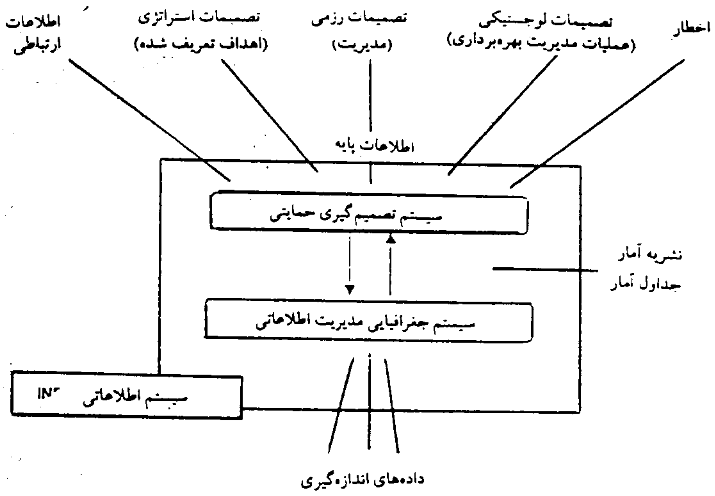
برخی توصیه‌ها پس از تحلیل فوق عبارتند از :

- نیازها بایستی در قالب محصولات اطلاعاتی در نظرگرفته شوند نه داده‌های خام
- کارشناسان بایستی به سنجش از دور و GIS به عنوان قسمتی از سیستم اطلاعاتی (یا سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری) نگاه کنند نه به عنوان یک ابزار
- کارشناسان بایستی به روندهای تصمیم‌گیری فکر کنند و نه فقط به محصولات
- کارشناسان بایستی به مدیریت و سازمان فکر کنند و نه فقط به فن‌آوری
- کارشناسان بایستی به سیستم‌های اختصاصی بجای مراکز منابع نگاه کنند
- تحقیقات در کشورهای در حال توسعه بایستی از امکانات جامع تولیدی (مانند هر کشوری) جدا شوند.

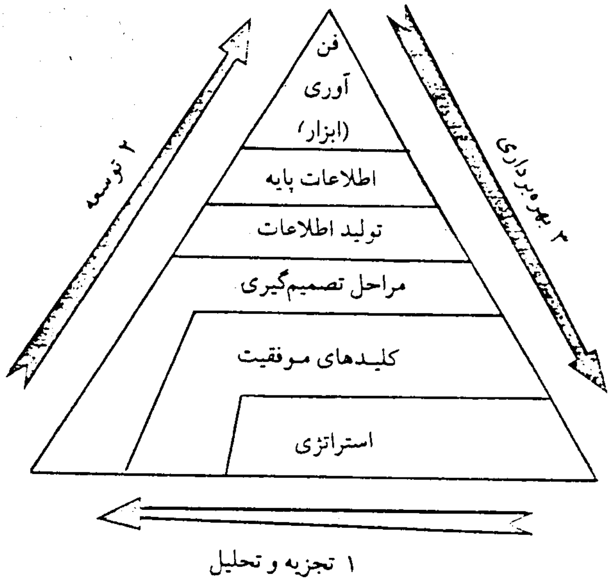
به عنوان یک نتیجه می‌توان بیان نمود که ارتقاء بهره‌برداری کاربردی سنجش از دور در

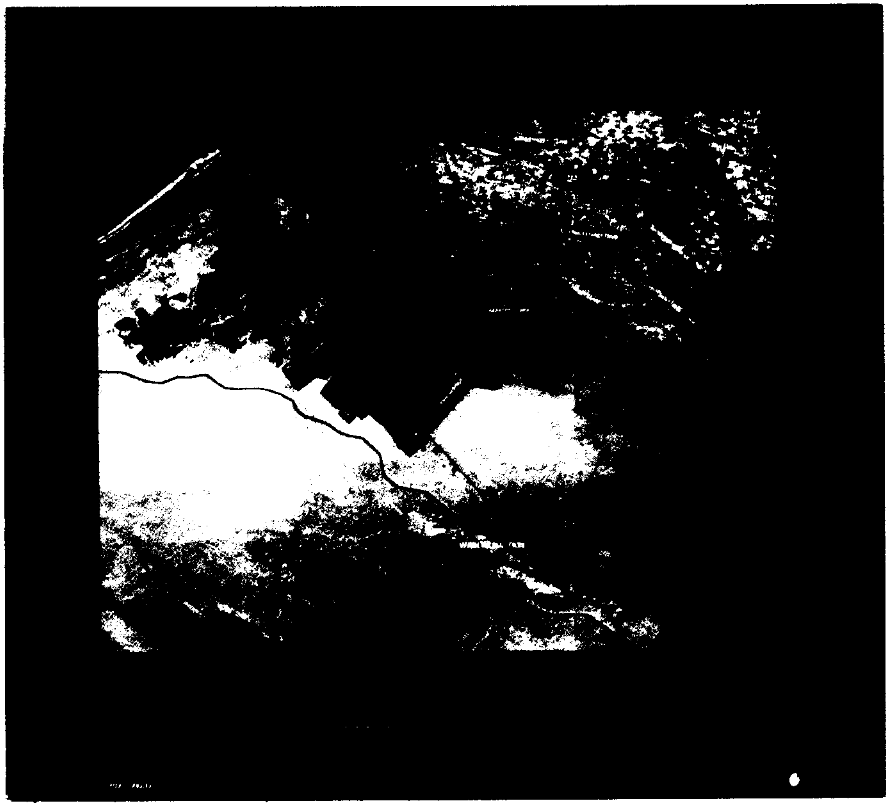
آبیاری و زهکشی نه فقط نیاز به یک درک کافی از موانع تولید اطلاعات دارد بلکه هم‌چنین به کاربردهای محصول اطلاعاتی نیازمند است.

سیستم‌های اختصاصی در مقابل اطلاعات پایه

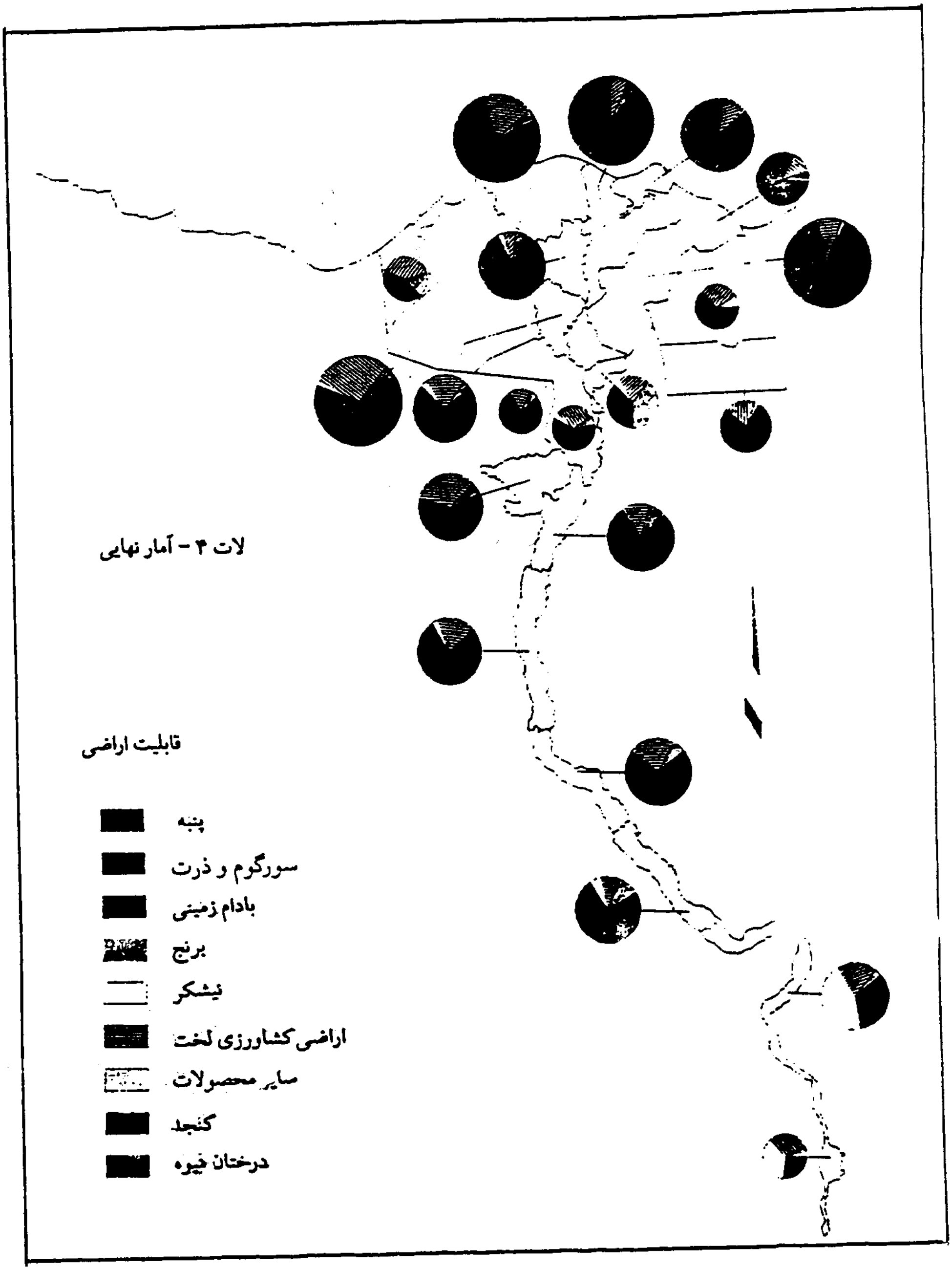

اطلاعات ارتباطی
تصمیمات استراتژی (اهداف تعریف شده)
تصمیمات رزمی (مدیریت)
تصمیمات لوجستیکی (عملیات مدیریت بهره‌برداری)
اخطار
اطلاعات پایه
سیستم تصمیم گیری حمایتی
نشریه آمار
جداول آمار
سیستم جغرافیایی مدیریت اطلاعاتی
سیستم اطلاعاتی IN
داده‌های اندازه‌گیری

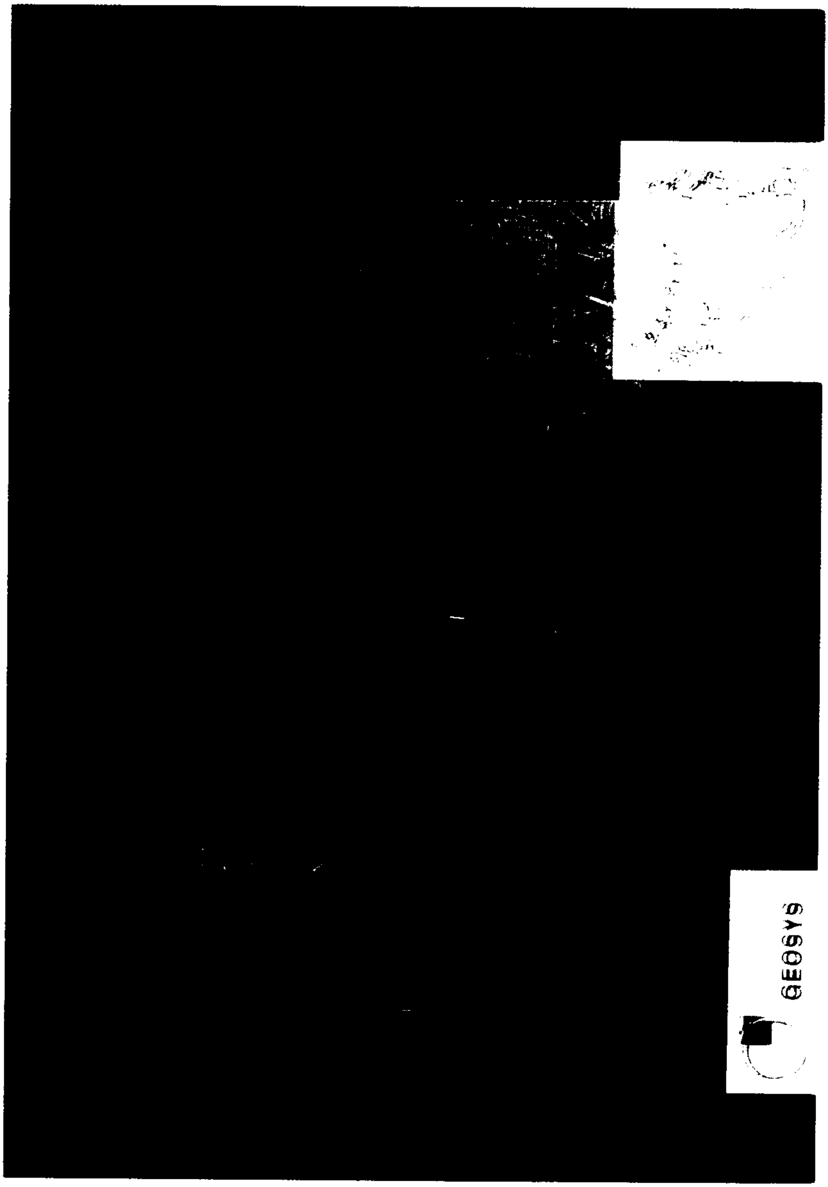
سه گام لازم برای کسب تولید اطلاعات صحیح


فن آوری (ابزار)
اطلاعات پایه
تولید اطلاعات
مراحل تصمیم‌گیری
کلیدهای موفقیت
استراتژی
۲ توسعه
۳ بهره‌برداری
۱ تجزیه و تحلیل



پروژه سیستم اطلاعات زمینی کشاورزی قابلیت اراضی، فصل تابستان ۱۹۹۱ (مؤسسه تحقیقاتی آب و خاک، وزارت کشاورزی و احیاء اراضی، جمهوری عربی مصر)


لات ۴ – آمار نهایی
قابلیت اراضی
پنبه
سورگوم و ذرت
بادام زمینی
برنج
نیشکر
اراضی کشاورزی لخت
سایر محصولات
کنجد
درختان میوه


GEOSYS

بخش سوم

زهکشی و کنترل نظارت بر شوری

* * *

کنترل شوری اراضی تحت آبیاری

مساحت اراضی تحت آبیاری دنیا در حال حاضر در حدود ۲۷۰ میلیون هکتار برآورد شده است. این مقدار هرچند فقط ۱۷ درصد کل اراضی زیر کشت است اما حدود یک سوم محصولات غذایی جهان را شامل می‌گردد. بیش از نصف افزایش در تولید غذایی طی ۲۵ سال اخیر ناشی از توسعه مناطق آبیاری بوده و بدون شک آبیاری به ایفای نقش حیاتی خود در امنیت غذایی آینده جهان ادامه خواهد داد. این امر خصوصاً در مورد کشورهای در حال توسعه که وابستگی به آبیاری در بالاترین حد خود بوده و رشد جمعیت بالاترین نرخ خود را دارد صدق می‌نماید.

اما بخش آبیاری بدون مسئله نیست. راندمان محصول اکثر اراضی تحت آبیاری در کشورهای در حال توسعه خیلی کمتر از حد انتظار بوده و دولت‌ها در هزینه‌های بالای عملیات و نگهداری در مانده‌اند. هم‌چنین سهم بیشتری از منابع آب شیرین دارند. به علاوه فشار افزاینده‌ای در بخش آبیاری به منظور پیروی بیشتر از عملیات استفاده پایدار از آب و خاک وجود دارد.

توجه این مقاله به مسئله زهدار شدن و شوری اراضی ناشی از آبیاری است که در درازمدت توسعه پایدار آبیاری را در اکثر از حوضه‌های مناطق نیمه‌خشک تهدید می‌کند. بر مبنای تجربیات به دست آمده از بسیاری کشورها، مقاله مروری بر ماهیت، وسعت، تأثیر و سابقه مسئله و عوامل مؤثر فیزیکی، اجتماعی اقتصادی، ساختاری و سیاسی دارد. نتیجه‌گیری شده است که سرمایه‌گذاری در کنترل شوری در مناطق آبیاری محدود به

افزایش در ده سال آتی است اما در اکثر کشورهای در حال توسعه تدوین سیاست و تدارک پروژه شدیداً به علت کمبود اطلاعات مطمئن در زمینه ماهیت و وسعت مناطق تحت تأثیر محدود می‌گردد.

شوری دارای شرایط خیلی متغیر بوده و ثبت و تهیه نقشه آن با روش‌های مشاهده‌ای مورد استفاده امروزی مشکل است. بنابراین به‌کارگیری روش‌های مناسب سنجش از دور کمک قابل ملاحظه‌ای به کشورهای درگیر با مسئله زهدار شدن و شوری اراضی آبیاری می‌نماید.

عوامل طبیعی

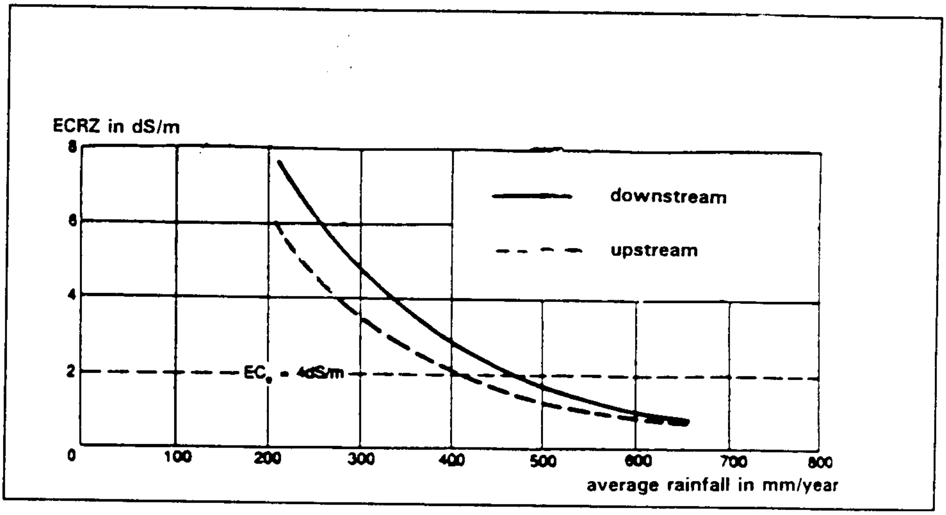
پدیدار شدن شوری آب و خاک (یعنی پدیدار شدن مقادیر زیاد نمک در آب و خاک که تأثیر منفی بر کشاورزی دارد) در ترکیب نسبتاً ظریف اقلیم، خاک، شرایط زمین‌شناسی و هیدرولوژیک قابل انتظار است. این محدوده ترکیب ممکن است به صورت طبیعی (به طور طبیعی یا خاک شور اولیه) رخ دهد اما هم‌چنین ممکن است توسط انسان ایجاد گردد (توسط انسان یا شوری ثانویه خاک). به‌خاطر تأثیر تسلط شرایط اقلیمی، پدیدار شدن شوری اضافی در مقیاس قاره‌ای و جهانی خصوصیات متمایز منطقه‌ای را به صورت گسترده و شدید در مناطقی که تبخیر خیلی بیش از بارندگی (اقلیم‌های نوع خشک و نیمه‌خشک) است نشان می‌دهد. در چنین اقلیم‌هایی آبشویی و رسوبگذاری نمک کم‌ترین بوده و این امر منجر به ایجاد یک سطح بالایی از تمرکز نمک در سنگ مادر، در آب (سطحی و زیرزمینی) و هم‌چنین در خاک‌ها می‌گردد (جدول ۱). اما شرایط شوری در منطقه نیمه‌خشک به طور قابل ملاحظه‌ای با تغییرات ناشی از تفاوت‌های شرایط خاک و هیدرولوژی خاک‌ها که یا تجمع نمک را کاهش می‌دهد و یا تمایل طبیعی اقلیم را تشدید می‌کند مربوط است. نمک‌ها به وسیله آب در منطقه پراکنده شده و در پستی‌ها یا منداب‌ها جمع می‌شوند. این مناطق پست در مقیاس‌های مختلف وجود دارند. در مقیاس بزرگ آنها در ته دره‌ها و پستی‌های مجاور ظاهر شده اما در چنین مناطقی تغییرات بیشتر در شوری خاک به‌خاطر تفاوت جزیی در شرایط خاک و توپوگرافی مورد انتظار است.

جدول ۱- روابط اقلیم - شوری در اوراسیا (اقتباس از Kovda ۱۹۷۳)

	صحرا	نیمه‌صحرای	استپ	استپ جنگلی
درجه حرارت (c)				
- متوسط سالیانه	۱۵-۱۸	۱۰-۱۲	۵-۱۰	۳-۵
- حداکثر تابستانی	۲۶-۳۰	۳۴-۳۶	۲۰-۲۵	۲۰-۲۵
بارندگی سالیانه (میلی‌متر)	۸۰-۱۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۴۵۰	۳۵۰-۵۰۰
تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه	۲۰۰۰-۳۵۰۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۸۰۰-۱۰۰۰	۵۰۰-۸۰۰
شوری سنگ‌های رسوبی	معمول	کراراً	بندرت	ندارد
حداکثر شوری (گرم در لیتر)				
- آب رودخانه	۲۰-۹۰	۱۰-۳۰	۳-۷	کمتر از ۱
- آب دریاچه	۳۵۰-۴۰۰	۳۰۰-۳۵۰	۱۰۰-۲۵۰	کمتر از ۱۰۰
- آب زیرزمینی	۲۰۰-۳۵۰	۱۰۰-۱۵۰	۵۰-۱۰۰	کمتر از ۳
کل نمک‌های محلول (درصد) در افق بالایی خاک‌های شوره‌زار	۲۵-۷۵	۵-۸	۲-۳	کمتر از ۱
نوع نمک‌های اصلی	$NaCl$ $NaNO_3$ $CaSO_4$ $CaCl_2$ $MgCl_2$	$NaSO_4$ $NaCl$ $CaSO_4$ $MgSO_4$	Na_2SO_4 $NaCl$ Na_2CO_3	$NaHCO_3$ $NaCO_3$ Na_2SO_4 $NaSiO_4$
شور شدن اراضی آبیاری	گسترده	کمتر اتفاق می‌افتد	بندرت اتفاق می‌افتد	نامشخص

همانگونه که انتظار می‌رود فاجعه شوری ناشی از آبیاری به موازات شوری طبیعی به صورت تجمع شوری پیش می‌رود. جدول ۱ نشان می‌دهد که مسئله عموماً در مناطق اقلیمی با بارندگی بیش از ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر اتفاق نمی‌افتد. این مقدار بارندگی حد در

شوری ناشی از آبیاری در مدلی که توسط Smedema (۱۹۹۲) (شکل ۱). مطالعه گردید مشخص شد. هم‌چنین طبیعت و فصلی بودن وقوع بارندگی نیز تأثیر دارد. به عنوان مثال در برخی کشورهای مدیترانه‌ای بارندگی سالانه کمتر که بیشتر در مواقع زمستانی اتفاق می‌افتد برای خاکشویی و خارج نمودن نمک‌هایی که در منطقه ریشه گیاه در طول فصل تابستان گرم و خشک انباشته شده‌اند کافی است.



شکل ۱- سطح تعادل شوری ناشی از آبیاری در ناحیه ریشه گیاه (ECRZ) در سطوح مختلف بارندگی سالیانه در دره علیای سند (Indus)

شوری ناشی از آبیاری

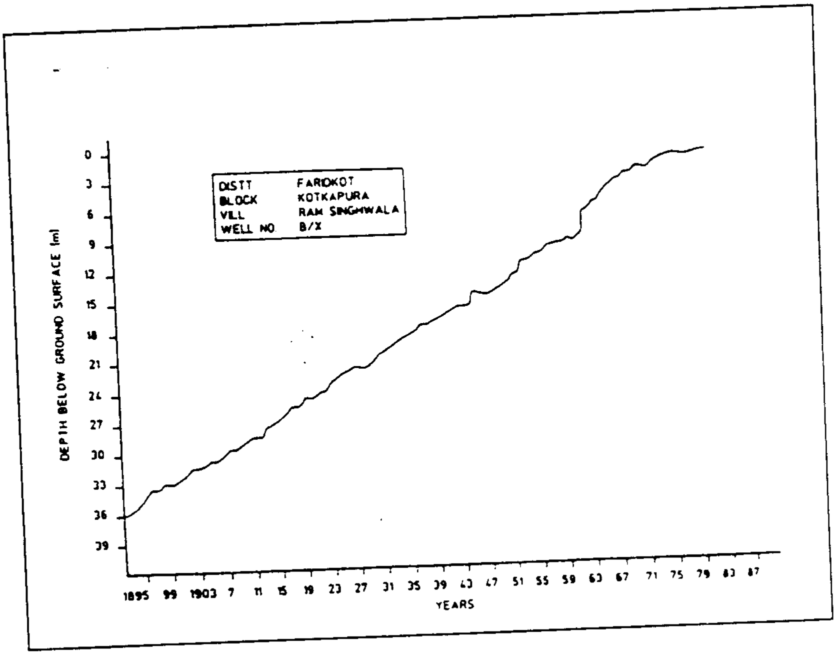
توسعه آبیاری در برگیرنده واردکردن نمک‌ها بوده و تقریباً به صورت اجتناب ناپذیری منجر به آب اضافی خواهد گردید. وقتی این نمک‌های اضافی و آب به‌خاطر ناکافی بودن زهکشی بیرون رانده نشوند، مسئله باتلاقی شدن و شوری اراضی پیش خواهد آمد. شور شدن اراضی آبیاری دشت سند در پاکستان می‌تواند در تشریح مسئله به کار گرفته شود. این اراضی طی قرون متمادی آبیاری شده اما حجم آب آبیاری محدود بوده لذا تعادلی بین

تخلیه آب زیرزمینی و زهکش طبیعی آب زیرزمینی با سطح سفره‌ای که غالباً در ۳۰ متری یا بیشتر زیر سطح خاک بود وجود داشت. اما تخلیه آب زیرزمینی با احداث سدها بر روی رودخانه‌ها و ایجاد سیستم‌های گسترده کانال‌ها در قرون ۱۹ و ۲۰ کاهش و برداشت آب از رودخانه‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافتند. بخش عمده تخلیه از طریق نفوذ آب در کانال‌های پوشش نیافته ناشی شده اما تلفات نفوذ عمقی آب در مزارع را نیز به همراه داشت (شامل نفوذ عمیق بارندگی‌های موسمی که در لایه‌های فوقانی خاک‌ها به علت رژیم‌های مرطوب خاک ناشی از سیستم‌های آبیاری باقی نمی‌ماندند). در نتیجه سفره‌های آب شروع به بالا آمدن نموده و امروزه در خیلی مناطق نزدیک به سطح خاک شده‌اند (شکل ۲).

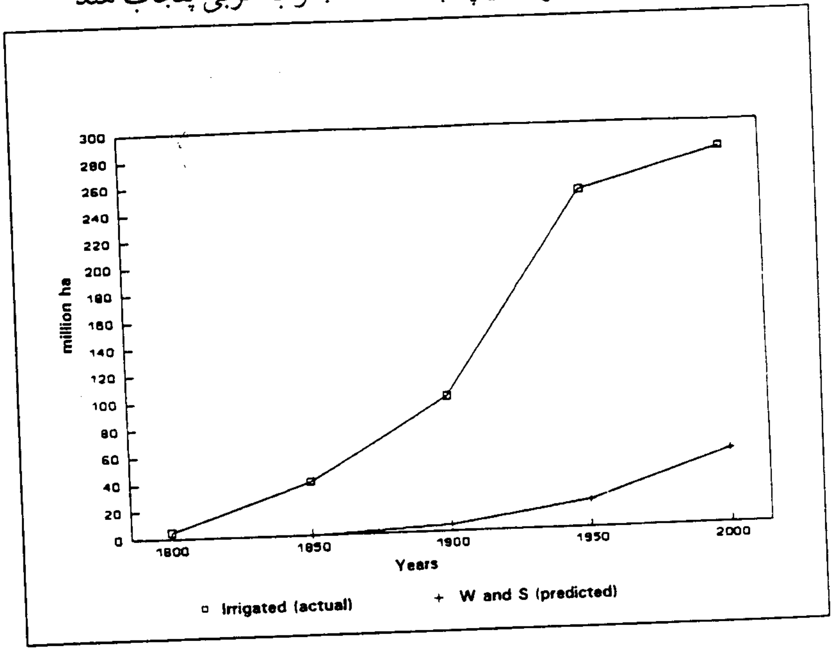
زمانی که این امر در مناطق دارای آب زیرزمینی شیرین اتفاق افتاد، بالا آمدن سفره عموماً منجر به شور شدن اراضی نشده از طرفی با آغاز آبیاری به وسیله چاه‌های لوله‌ای ارزان قیمت در سال‌های ۶۰ و ۷۰، سفره‌های بالای آب زیرزمینی به سرعت تحت کنترل درآمدند. بخش عمده آب زیرزمینی دشت سند به طور طبیعی دارای املاح شدند (که انتظار شرایط اقلیمی موجود را داشت، جدول ۱ را ملاحظه کنید) و بالا آمدن سفره‌های آب در این نواحی منجر به شوری و ماندابی شدن اراضی گردید.

این مسایل به وسیله آبیاری چاه‌های لوله‌ای حل نشده بلکه نیاز به عمران ویژه و کنترل روش‌ها دارد (بحث زیر را ملاحظه کنید).

ماجرای شوری ناشی از آبیاری در دشت سند پاکستان در خیلی از مناطق دیگر جهان صدق می‌کند. بالا آمدن سفره آب زیرزمینی سالانه بین ۲۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر بوده و سفره‌های آب عموماً ظرف مدت ۱۰ تا ۵۰ سال پس از ساختمان پروژه به منطقه ریشه گیاه می‌رسند (جدول ۲). سقوط پی‌درپی درازمدت این وضعیت در سند شبه قاره هند و پاکستان در اصل به‌خاطر سفره‌های آب در اعماق و میزان کم تخلیه (سیستم‌های کانال غالباً برای فقط ۳ تا ۴ میلی‌متر در روز طراحی شده‌اند) می‌باشد. پروژه‌های با زمان‌های بسیار کوتاه بهره‌برداری غالباً پروژه‌هایی هستند که تلفات آب در زمان آبیاری، بسیار بالا و یا از شرایط زهکشی طبیعی ضعیفی برخوردار می‌باشند.



شکل ۲- هیدروگراف تیپ چاه منطقه جنوب غربی پنجاب هند



شکل ۳- توسعهٔ اراضی تحت آبیاری در دنیا

جدول ۲- فاصله زمانی بین ساختمان پروژه و ظهور اولین نشانه‌های ماندابی و شوری در اراضی

پروژه کانال راجستان (هند)	کمتر از ۱۰ سال
پروژه صحرای غربی (مصر)	کمتر از ۱۰ سال
پروژه امی بارا (اتیوپی)	۱۰ تا ۲۰ سال
پروژه دولتی ۲۹ ایالت سین جیانگ (چین)	۱۰ تا ۲۰ سال
پروژه اسکارپ ۶ (پاکستان)	۴۰ تا ۵۰ سال
جنوب غربی پنجاب (هند)	۵۰ تا ۷۰ سال

به طور محافظه‌کارانه برآورد می‌گردد که تولید محصول در حداقل ۲۵ درصد منطقه آبیاری در ناحیه نیمه‌خشک تحت تأثیر شوری قرار گرفته و اینکه شوری در حدود ۱۰ درصد از این مناطق بسیار شدید بوده به طوریکه خطر ترک سریع ان توسط زارعین وجود دارد. به علاوه برآورد می‌گردد که متوسط شوری مؤثر بر اراضی آبیاری به میزان ۱ تا ۲ هکتار در سال در حال رشد بوده که این مقدار تقریباً به میزان همان توسعه سالانه کل اراضی آبی است (Umali ، ۱۹۹۳)، تقریباً تمامی مناطق دارای مسئله در کشورهای درحال توسعه قرار دارند، و بدین سبب که مسئله مذکور زندگی چندین میلیونی کشاورزان خرده‌پا را تهدید می‌کند.

عوامل متعدد غیر فنی باعث ایجاد یا تشدید مسایل ماندابی و شوری می‌شوند. (Umali ، ۱۹۹۳). عامل عمده سیاست‌های هیئت حاکمه می‌باشد که به راندمان پایین آبیاری (بی ارزش بودن آب، یارانه‌های مخرب و غیره) اهمیت نمی‌دهد.

بنابه دلایلی مهم (از آنجاکه سفره‌های آبی هنوز در سطوح پایین خاک قرار دارند)، سرمایه‌گذاری در زهکشی غالباً متفاوت است اما در خیلی از موارد این امر منجر به عدم ساخت زهکش شده و در زمان نیاز سرمایه‌ای برای احداث زهکش در دسترس نبوده است. منافع سرمایه‌گذاری در آبیاری عموماً زودرس‌تر و منطقی‌تر به نظر می‌رسد تا سرمایه‌گذاری در زهکشی و بنابراین ملاحظات سیاسی هر دو مسئله سرمایه‌گذاری اولیه

قابل تعلل و استفاده از سرمایه‌های زهکشی را در مقاصد سرمایه‌گذاری آبیاری (مثلاً صدور فرمان جدید ارضی در مقایسه با ساختمان سیستم‌های زهکشی در مناطق قدیمی) تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌خاطر کمبود آگاهی کشاورزان در زمینه مسایل مشارکتی، این‌گونه سیاست‌ها ممکن است حتی حمایت کشاورزان را جلب ننماید چرا که زهکشی غالباً دربر گیرنده تلفات از سهم زمینشان می‌باشد. ماهیت خزنده حالت‌های ماندابی و شوری در تمامی این مسایل عمل می‌نمایند. درحالیکه مسئله آن است که غالباً تولید به طور منطقی افزایش می‌یابد لیکن کشاورزان عموماً تا مسئله بحالت بحرانی نرسد فشار سیاسی را شروع نمی‌کنند.

روند مورد انتظار

شکل شماره ۳ روند توسعه اراضی آبی دنیا را از آغاز قرن ۱۹ نشان می‌دهد. زمان‌های زیر را می‌توان متمایز نمود (هم‌چنین جدول ۳ را ببینید):

۱۹۰۰ - ۱۸۰۰ : توسعه تدریجی و ملایم طرح‌های آبیاری روستایی مبتنی بر فن‌آوری سنتی

۱۹۴۰/۴۵ - ۱۹۰۰ : رواج آبیاری فنی در غرب امریکای شمالی و توسط ادارات مستعمراتی در آسیا و برخی مناطق دیگر، که منجر به توسعه طرح‌های موجود آبیاری سیلابی در دشت‌های رودخانه‌ای و انجام طرح‌های جدید در مناطق نیمه‌صحرایی گردیدند.

۱۹۸۰-۱۹۴۰/۴۵ : توسعه سریع مناطق آبیاری در بسیاری ازکشورها به خصوص (به ترتیب اهمیت) در چین، جنوب و شرق آسیا، خاور نزدیک، آسیای مرکزی و مکزیکو، که مورد تشویق دولت‌های انقلابی استقلال یافته قرارگرفته و از منابع مالی دولتی، کمک‌ها و سرمایه‌های بین‌المللی بهره‌مند گشته‌اند. فن‌آوری به کار رفته اساساً همان فن‌آوری دوره قبلی است.

۱۹۸۰ تاکنون : ادامه روند توسعه ولی با سرعت کمتر همراه با کاهش سرمایه‌گذاری در آبیاری و به طور افزاینده‌ای با هدف نوسازی و بهبود بهره‌وری مناطق موجود بجای اضافه

نمودن مناطق جدید به عنوان بخشی از عملیات نوسازی، محدودیتی در نوآوری فنون آبیاری به کار گرفته شد تا توجه بیشتری به زهکشی و دیگر اقدامات پیشگیری کننده در زمینه کنترل شوری به شود.

جدول ۳- توسعه اراضی تحت آبیاری از سال ۱۸۰۰ تاکنون

زمان	میلیون هکتار در سال
۱۸۰۰-۱۹۰۰	۰/۳
۱۹۰۰-۱۹۴۰/۴۵	۱/۰
۱۹۴۰/۴۵-۱۹۷۰	۵/۰
۱۹۷۰-۱۹۸۰	۴/۰
۱۹۸۰- تاکنون	۲/۰

قسمت عمده توسعه آبیاری در قبل از سال‌های ۸۰ بدون تدبیرهای پیشگیری کننده در زمینه کنترل شوری صورت گرفت و انتظار می‌رود که مسایل شوری در زمانی نه چندان دور خود را نشان دهند[1]. بیشتر اراضی که در حال حاضر تحت تأثیر عوامل شوری قرار دارند در زمانی کوتاه پس از جنگ جهانی دوم و یا سال‌ها بعد از آن توسعه یافته‌اند. گرچه کل اراضی توسعه یافته در سال‌های ۶۰، ۷۰ و ۸۰ در زمان‌هایی بلندمدت و میان‌مدت تحت تأثیر مسائل شوری قرار گرفته‌اند و این احتمال وجود دارد که در دهه‌های آینده نیز پیش آید.

---

[1] - مشکل بتوان اظهارنظر کرد که چه مقدار از اراضی آبیاری در ناحیه نیمه‌خشک مستعد توسعه شوری هستند. بعضی طرح‌های معروف در این منطقه هیچ مسئله‌ای نداشته‌اند بدون آنکه هیچ اقدامی در زمینه شوری کرده باشند. چنانچه قبلاً ذکر گردید حدود ۱۰ تا ۲۵ درصد اراضی اخیراً آبیاری شده در این منطقه مواجه با مسئله شوری بوده و این درصد بهترین مبنا در برآورد میزان تحت تأثیر قرار گرفته درآینده بنظر می‌رسد.

روش‌های کنترل شوری

برنامه‌ریزی جهت روش‌های کنترل شوری بایستی در مرحله مقدماتی تهیه پروژه آغاز گردد. در این مرحله اثر برنامه‌ریزی توسعه آبیاری بر هیدرولوژی و شیمی زمین منطقه بایستی بررسی و در طراحی پروژه منظور گردد. به طور کلی این امر نیازمند بررسی قابل ملاحظه، مدل‌سازی و تحلیل جهت حصول به یک نتیجه قابل اطمینان از افزایش مورد انتظار سفره آبی و به جریان درآوردن نمک‌های فسیلی در منطقه است. امروزه مدل‌سازی منطقه‌ای آب زیرزمینی تعادل / جریان ابزار توان‌مندی است که بایستی با ظرفیت کامل مورد استفاده قرار گیرد. اما نه فقط تمامی اثرات منفی آبیاری دقیقاً قابل پیش‌بینی است، بلکه شرایط بحرانی قابل شناسایی بوده و می‌توانند با آغاز یک پروژه شاهد یا مراحل منطقی ثبت اثرات پروژه در اجرای احتیاط‌آمیز انجام شود. در برخی موارد ویژه، توسعه آبیاری در نواحی مشخص نبایستی صورت پذیرد.

روش‌های فنی کنترل شوری که می‌توان اجرا نمود به سه مقوله طبقه‌بندی می‌شود:

الف : روش‌هایی که بار آب و نمک اضافی را کاهش می‌دهند

این روش‌ها به عنوان پوشش کانال و افزایش راندمان آبیاری مزرعه معروف هستند. اصلاح زهکشی سطحی که آب اضافی سطحی را قبل از نفوذ (هر دو آب ناشی از تلفات آبیاری و بارندگی تجمع یافته) و اضافه شدن به آب زیرزمینی خارج می‌سازد در این مقوله جای دارند. هم‌چنین این فرصت به دست می‌آید که بتوان بار نمک حاصله در حوضه‌های بالادست را کاهش داده و یا آب‌های شور نشت کرده را منحرف نمود.

ب : روش‌هایی که تخلیه آب و نمک را از منطقه افزایش می‌دهند

در این مقوله مهم‌ترین روش کاربردی زهکشی جریان زیرسطحی است که هم آب اضافی و هم نمک را از زمین خارج می‌سازد. زهکشی سطحی تاثیر کمی برآب و نمک موجود در خاک دارد اما همان‌گونه که قبلاً مشخص گردید به عنوان یک ابزار کاهش دهندهٔ

زهاب سطحی مفید بوده و از فواید ویژه زهکشی برخوردار می‌باشد.

ج : روش‌هایی که اثرات منفی آب و نمک اضافی راکاهش می‌دهند

این روش‌ها به روش‌هایی مانند کاشت گیاهان مقاوم به شوری، کاربرد عملیات ویژهٔ آب و خاک، تغییر تقویم زراعی جهت اجتناب از زمان‌های بحرانی و دیگر روش‌های کاهش دهنده خطر موسوم می‌باشند.

کاربرد موثر این روش‌ها ممکن است به عملیات پشتیبانی نظیر تغییرات بنیادی و آموزش نیاز داشته باشد. مسئله اصلی قابل بحث، نقش مناسب بخش دولتی و خصوصی است. هرچند که نیاز کنترل شوری یک امر دولتی است که بایستی مورد پشتیبانی دولت قرار گیرد لیکن خیلی از کشورها سرگرم یافتن روش‌هایی هستند که درگیری مدیریتی و مالی دولت را در پروژه‌های کنترل شوری کاهش دهند. مشارکت بیشتر افراد ذی‌نفع در مطالعات، اجرا و نگهداری پروژه‌ها ثابت کرده که پروژه‌های پایدارتری را به بار خواهد آورد. امروزه تأکید بیشتری بر احیای کامل نقش افراد ذی‌نفع لااقل در اجرای پروژه و هزینه‌های نگهداری می‌باشد و حتی برخی کشورها واگذاری مسئولیت بیشتر در سطح ثالث را به افراد ذی‌نفع یا سازمان‌های ذی‌نفع تجربه می‌کنند.

تهیه پروژه

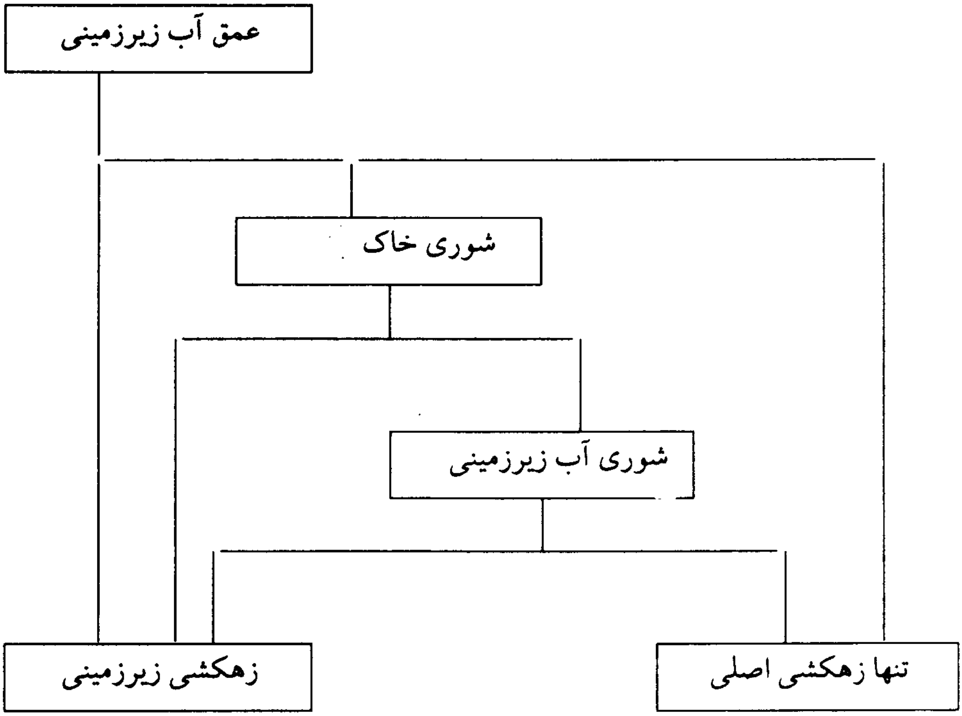
بحث در این مقاله محدود به طراحی خصوصیات فنی است، اما در بسیاری از موارد، عوامل غیرفنی نظیر ماندابی شدن اراضی و مسائل شوری تأثیر کلی داشته و در چنین مواردی، خصوصیات فنی زمانی می‌توانند مؤثر باشند که دیگر عوامل مورد توجه قرار گیرند.

شرایط اساسی در طراحی مطلوب پروژه کنترل شوری به شرح زیرمی‌باشد.

☐ در دسترس بودن اطلاعات قابل اطمینان و بهنگام چاه‌های مشاهده‌ای و شرایط شوری در منطقه پروژه

☐ تشخیص درست ضرورت کنترل شوری و روش‌های مورد نیاز

شکل ۴- ضرورت‌های لازم برای زهکشی زیرزمینی



انجام شرط دوم به طور آشکار بستگی به شرط اول دارد. شکل ۴ نشان می‌دهد که چگونه و چه نوع اطلاعاتی جهت تعیین ضرورت کنترل سفره آبی مورد نیاز است. در بسیاری از پروژه‌ها غالباً کم‌رنگ شدن مطالعات صحرایی و بررسی‌های لازم جهت جمع‌آوری اطلاعات دیده می‌شود. جدول ۴ برخی آمارهای اساسی در مورد سفره آبی، شوری خاک و مشاهدات شوری آب زیرزمینی را در طراحی سه پروژه کنترل شوری در پاکستان نشان می‌دهد. در برخی موارد داده‌های قدیمی که شرایط پروژه را در زمان اجرا به‌طور کافی منعکس نکرده مورد مطالعه قرار گرفتند که این خود مشکل‌ترین نوع مشاهده شرایط شوری می‌باشد. شوری خاک یکی از شرایط پویای خاک است که به‌طور قابل ملاحظه‌ای با زمان و مکان تغییر کرده و به عواملی نظیر بارندگی، آبیاری، مدیریت خاک، توپوگرافی (میکرو)، عمق و دیگر عوامل مربوطه بستگی دارد. به منظور ارزیابی مطمئن از

شرایط شوری خاک، غالباً لازم است که به طور کوتاه و قبل از طراحی پروژه در فصول مختلف و طی چند سال بررسی گردد.

در واقع استانداردهای مورد استفاده امروزی در بررسی‌های صحرایی کاملاً دلخواه بوده و در پروژه‌های محدودی اندازه‌گیری شوری به صورت منظم و مستمر صورت می‌گیرد (برعکس تعداد کم مشخص شده در جدول ۴ کافی است تا امکان انجام مطمئن زیر تقسیمات منطقه پروژه به زیر مناطق لازم فراهم گردد). این استانداردها به طور ایده‌آل مبتنی بر تحلیل هزینه‌های جنبی بررسی و هزینه‌های جنبی طراحی با ضریب اطمینان بالا و پایین باشد. در طراحی زهکش زیرسطحی، بررسی‌های صحرایی غالباً نیاز به چگالی کافی که بتواند ۹۰ درصد احتمالات را تضمین نماید داشته تا نفوذپذیری خاک از ۲۰ درصد نفوذ واقعی منحرف نگردد با کاربرد تحلیل بالا، Smedema (۱۹۹۰) نتیجه‌گیری نمود که یک چگالی بالاتر مشاهده‌ای مبتنی بر تنها انحراف ۵ درصد به طور کلی بایستی مورد ملاحظه قرار گیرد (شکل ۵). اما از آنجا که عوامل دیگری بر طراحی روش‌های کنترل شوری موثرند که ممکن است حتی از اهمیت کمتری نسبت به داده‌های نفوذپذیری خاک برخوردار باشند، چگالی‌های امروزی ممکن است هنوز بهترین چگالی‌های کلی باشند.

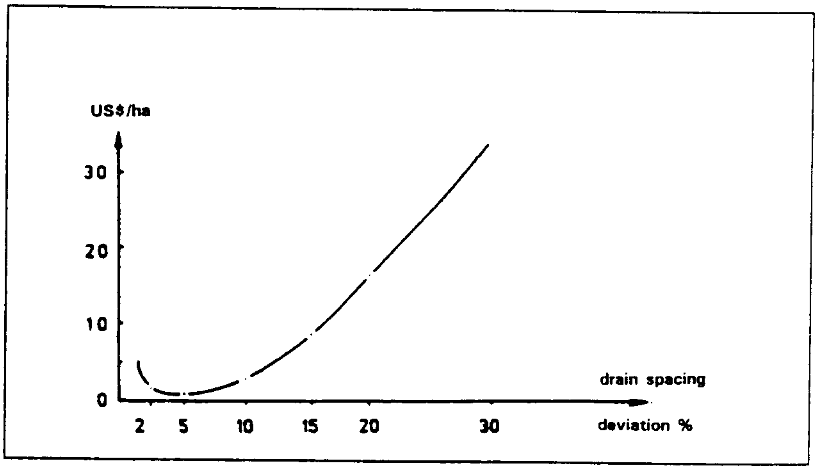
نتایج

تقریباً در تمامی کشورهای مبتلا به مسئلهٔ ماندابی و شوری خاک زنگ خطر کمبود اطلاعات در مورد طبیعت واقعی و وسعت مسئله وجود دارد. در سطح ملی این امر یک سیاست امتیاز دادن است در حالی که در سطح پروژه یک امتیاز دادن به طراحی است. ضعف بنیادی قسمتی از مسئله است اما هم‌چنین بنظر می‌رسد که روش‌های موجود مشاهده‌ای ماندابی و شرایط شوری به منظور ثبت نتایج و تهیه نقشه وسعت و اثر مسئله ناکافی است. شوری و ماندابی ناشی از آبیاری به میزان زیادی مربوط به پویایی زمین می‌باشد که به طور گسترده‌ای با زمان و مکان تغییر می‌نمایند. به کارگیری روش‌های مطمئن، ساده از نظر کاربرد و کم هزینه سنجش از دور در ثبت نتایج و تهیه نقشه شرایط ماندابی و شوری در نواحی آبیاری به کشورهای مربوطه، ابزار خیلی با ارزشی در مبارزه و کنترل شوری در اراضی آبیاری می‌باشد.

جدول ۴- بررسی صحرایی انجام شده در طراحی سه پروژه کنترل شوری در پاکستان

	خای‌پور شرقی	مردان	زهکش ۴
ساختمان	۱۹۷۷-۸۶	۱۹۸۳-۸۶	۱۹۸۷-۹۳
عمق سفره آب			
- چگالی	۱x۲۰ هکتار	۱x۳۰۰ هکتار	۱x۲۰۰ هکتار
- زمان	۱۹۷۶	۱۹۷۸-۸۱	۱۹۷۶-۸۱
- فراوانی	(مونسون خشک) ۱x	(فصل خشک‌ومرطوب) ۲x	قبل و بعد از مونسون ۲x
شوری خاک			
- چگالی	۱x۲۰ هکتار	۱x۳۰۰ هکتار	۱۹۷۸
- زمان	۱۹۷۶	۱۹۷۳-۷۴	۱x۴۰۰ هکتار
- فراوانی	(فصل خشک) ۱x	(فصل خشک) ۱x	(فصل خشک) ۱x
- اعماق	سانتی‌متر ۲۰-۰	سانتی‌متر ۲۰-۰	سانتی‌متر ۲۰-۰
	سانتی‌متر ۵۰-۲۰	سانتی‌متر ۵۰-۲۰	سانتی‌متر ۵۰-۲۰
شوری آب زیرزمینی			
- چگالی	۱x۲۰۰ هکتار	۱x۳۰۰ هکتار	۱x۲۰۰ هکتار
- فراوانی	(مونسون خشک) ۱x	(فصول تر و خشک) ۲x	(قبل و بعد از مونسون) ۱x

شکل ۵- جمع تلفات برگشتی و هزینه‌های مربوط به بررسی خاک برای سطوح معنی‌دار مختلف

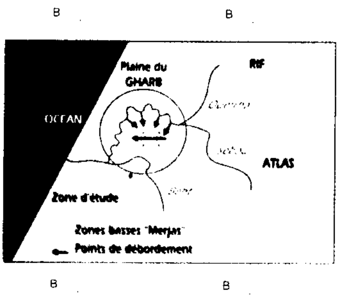


کنترل سیلاب در مراکش

اهداف، منطقه مورد مطالعه و محیط زیست

دشت Gharb در قسمت شمال غربی مراکش واقع شده و مساحتی بالغ بر ۶۱۶۰۰۰ هکتار دارد که ۱۰۰۰۰۰ هکتار آن آبیاری می‌شود. این منطقه تحت مدیریت ORMVAG[1] قرار دارد. محصولات عمده عبارتند از چغندر قند، نیشکر، باغ‌های میوه و حبوبات. این محصولات به طور جدی در معرض سیل‌های متعددند که در طول ۲۷ سال اخیر، ۳۷ مورد اتفاق افتاده و مهم‌ترین آنها (۲/۵ میلیون متر مکعب) بمدت ۱۵ روز ۱۸۰۰۰۰ هکتار را دچار سیل‌گرفتگی نمود.

سیلاب‌ها عمدتاً از رودخانه Ouerrha که از کوه‌های Rif سرچشمه گرفته و در ورودی دشت غرب که بیشترین اختلاف ارتفاع آن ۲۵ متر است با رودخانه Sebou تلاقی می‌نماید (شکل ۱). از آن نقطه بیشترین جریان پایین‌دست رودخانه Sebou ۲۰۰۰ مترمکعب در ثانیه بوده و حتی سیلاب‌ها به ۷۰۰۰ تا ۸۰۰۰ متر مکعب در ثانیه می‌رسد. یک شناخت بهتری از سیلاب‌ها توسط ORMVAG به منظور برنامه‌ریزی گردش زراعی و حفاظت در مقابل سیل با ایجاد تأسیسات زیربنایی و شناخت سطح و زمان سیل‌گرفتگی و معرفی آن به زارعین ضروری می‌نمود.



شکل ۱ - موقعیت منطقه مورد مطالعه

---

1 - (Office régional de mise en valeur agricole du Gharb)

روش مطالعاتی

آب به خاطر انعکاس پایین آن در طول موج مادون قرمز و تمایز حرارتی آن با سطح زمین به سادگی در تصاویر ماهواره‌ای قابل تشخیص است.

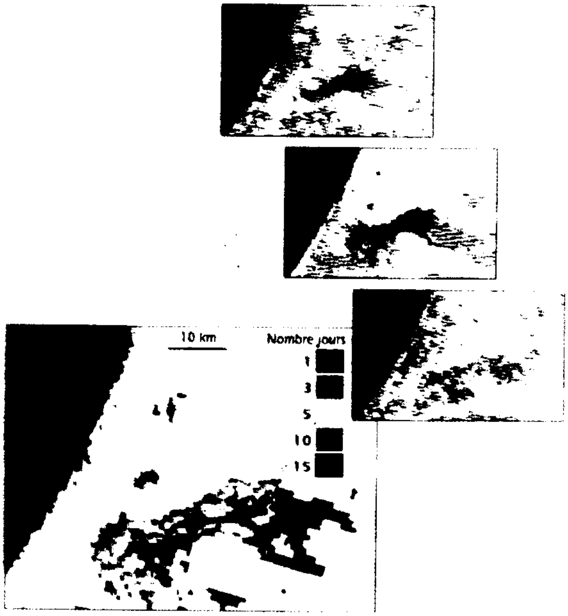
جدول ۱- سه مرحله سیلاب و خصوصیات آن در مشاهده ماهواره‌ای

مراحل سیلاب	۱ فعال	۲ ساکن	۳ ساکن
پدیده مورد مشاهده	جاری	ساکن‌بودن	داغاب سیلاب
تداوم زمانی (غرب)	۱-۵ روز	۱۰-۲۰ روز	۲-۳ ماه
داده‌های ماهواره	NOAA - AVHRR	SPOT وLANDSAT	SPOT وLANDSAT

مطالعات اولیه نشان داد که هر سیلاب به سه مرحله متوالی قابل تفکیک بوده و تداوم زمانی آن یک مشخصه منطقه مورد مطالعه بوده و میزان تفکیک بالای داده‌هایی نظیر SPOT یا لندست نمی‌تواند در روزهای اولیه سیلاب مورد استفاده قرار گیرد در حالیکه داده‌های با میزان تفکیک پایین (NOAA - AVHRR) به طور آنی در شرایط آسمان کاملاً و یا قسمتی صاف و حتی در شب با استفاده از باندهای حرارتی مادون قرمز در دسترس می‌باشند (جدول ۱).

تصاویر NOAA - AVHRR در تهیه یک "فیلم" از سیلاب در مرحله فعال آن مورد استفاده قرار گرفت. جدایی بین آب و سطح زمین با استفاده از انعکاس مادون قرمز نزدیک در طول روز و مادون قرمز حرارتی در شب انجام گردید. طبقه‌بندی بر مبنای سطوح آب نظیر مخازن و دریاچه‌ها صورت گرفت. به علاوه نقشه‌های گسترش سیلاب در هر تصویر NOAA می‌تواند ترکیب شده تا نقشه تداوم زمانی سیل‌گرفتگی تهیه شود.

تصویر گرفته شده SPOT در چندین روز پس از آغاز سیل در بررسی وجود آب یا خاک اشباع شده مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۲- تصاویر NOAA در تاریخ‌های ۱۲، ۱۳ و ۲۴ فوریه ۱۹۸۶
(فیلم سیلاب) و نقشه مدت تداوم زمانی سیل‌گرفتگی

نتایج فنی

از تصاویر NOAA - AVHRR دو نوع محصول از سیل ۱۹۸۶ (شکل ۲) به دست می‌آید:

☐ فیلم از سیلاب که نشان‌دهنده توسعه شکل و موقعیت و هم‌چنین سرعت انتشار آن در دشت است می‌تواند در مدل (۰/۱۵ متر در ثانیه در ۱۹۸۶) هیدرولیکی مورد استفاده

قرار گیرد.

☐ نقشه تداوم زمانی سیل گرفتگی (۱:۱۰۰۰۰۰۰) که توسط ORMVAG گرفته شده می‌تواند در برآورد خسارت به محصولات مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

محصولات نقشه‌ای از تصویر SPOT در ۱۹۹۰ تهیه گردید:

☐ نقشه پدیده هیدرولیکی مربوط به سیلاب مبتنی بر تفسیر عکس (شکل ۳).

☐ نقشه بیشترین گسترش سیلاب براساس طبقه‌بندی نظارت شده (Supervised Classification) که توسط ORMVAG گرفته شده برای شناساندن به زارعین مورد استفاده قرار گرفت.

به‌علاوه تکمیل مشاهدات ماهواره‌ای از طریق مطالعات زمینی انجام گردید (جدول ۲).

هزینه‌ها و زمان

کاربرد روش‌های ذکر شده نشان می‌دهد که تصاویر NOAA می‌تواند به سرعت توسط اداره مربوطه سفارش داده شود. تصاویر SPOT بایستی مطابق با برنامه‌ای که به مجرد آنکه سطح آب رودخانه احتمال وقوع سیل را نشان می‌دهد (۳-۲ روز مانده به وقوع سیل) تهیه شود. از آنجاکه تهیه یک تصویر SPOT نیاز به دو هفته زمان پس از گرفتن تصویر توسط ماهواره تحت شرایط خدمات آبی (ارزانترین تصویر) دارد. البته خدمات قرمز (گران‌ترین تصویر) در صورت تأمین هزینه ارجحیت دارد.

کل هزینه روش موجود شامل تصاویر NOAA و SPOT، خدمات کامپیوتری و پرسنلی، از ۱۰۰۰۰ دلار آمریکا (سرویس آبی SPOT) تا ۱۵۰۰۰ دلار آمریکا (سرویس قرمز) یعنی ۰/۲ تا ۰/۳ دلار در هکتار برای تمامی منطقه متغیر می‌باشد. یک مطالعه اقتصادی نشان داده است که در تهیه یک نقشه دقیق مناطق سیل گرفته کشاورزان ۸۰۰۰۰ دلار آمریکا صرفه‌جویی نموده و بنابراین سودآوری روش مطرح شده آشکار می‌گردد.

شکل ۳ - تصویر SPOT XS در اول ژانویه ۱۹۹۰، که در آن مناطق سیل گرفته به رنگ آبی و گیاهان به رنگ قرمز نشان داده شده‌اند. تصویر نشان‌دهنده نقاط سرریز آب (۱)، عرض جریان پایین‌دست (۲)، توانایی مناطق مشخص در تخلیه سریع سیلاب (۳) و یا عدم توانایی (۴)، کارآیی شبکه زهکشی (۵) و اراضی سیل نگرفته (۶) می‌باشد.

جدول ۲- تکمیل مشاهدات ماهواره‌ای و زمینی

مشاهدات زمینی (ORMVAG)	مشاهدات سنجش از دور
اندازه‌گیری‌های سطح آب رودخانه (عمودی)	محدوده مناطق سیل گرفته (افقی)
تمامی مشاهدات هواشناسی	در صورت ابری‌بودن هیچ اطلاعاتی وجود ندارد
مشاهدات هم‌زمان تمامی منطقه	مشاهدات به‌موقع و غیرهم‌زمان
عینی بودن مشاهدات ماهواره‌ای	ذهنی‌بودن بررسی زمینی

نتیجه : بهره‌برداری و انتقال

روش به طور موفقیت‌آمیزی به ORMVAG که آن را از ۱۹۹۰ مورد استفاده قرار می‌داد منتقل گردید. شرحی از سخت‌افزار و نرم‌افزار مورد استفاده توسط Baqri و Vidal داده شده است (در همین مجموعه مقالات).

صرف‌نظر از محصولات ارائه شده، تصاویر ماهواره‌ای گرفته شده در زمان وقوع سیل نیز در مدل‌سازی سیل و بررسی امور زیربنایی موجود و آینده در حفاظت از سیل می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

در نهایت این روش احتمالاً در بسیاری از قسمت‌های جهان با توجه به تحلیل پدیده سیل و خصوصیات مکانی و زمانی آن می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

ارزیابی عملکرد زهکشی در دشت Gharb مراکش با استفاده از سنجش از دور

ارزیابی عملکرد شبکه‌های زهکشی زیرسطحی توجه اصلی مهندسین زهکشی را به علت آنکه نه فرایندهای سنی این شبکه‌ها و نیز اثرات این سنی بودن بر پتانسیل‌های گیاهی و شورشدن ثانویه هنوز به خوبی کشف نشده‌اند به خود جلب نموده است. معیار اجرا و روش‌های ارزیابی اجرا هنوز به خوبی شناخته نشده و فقط اخیراً برخی اقدامات صورت گرفته است (Bos et, al., 1993; Frejefond, 1993).

در دشت Gharb در مراکش مسئله ارزیابی اجرای شبکه‌های زهکشی به وسیله مهندسین محلی مطرح می‌باشد (Hamid & Lahlou, 1993). به دنبال تشخیص عملکرد نامطلوب (Frejefond, 1993)، یکی از مسایل عمده که با آن روبرو شدند گسترش نتایج محلی صحرایی و توجه به تمامی منطقه موردنظر است. سودمندی سنجش از دور برای این منظور شامل مطالعه و انتخاب یک روش ترکیب تحلیل تصویر و آزمودن اعتبار صحرایی آن می‌گردد. سئوالات اصلی در شروع کار به شرح زیر می‌باشد (Frejefond, 1993).

کدام تصویر بهترین است و داده‌هایی که قبل از پردازش بایستی جمع‌آوری شوند کدامند و صحت نتایج تا چه حد است؟

وضعیت منطقه

دشت Gharb در شمال غربی مراکش و در ناحیه Kenitra واقع شده است. خروجی اصلی دریای آتلانتیک رودخانه Sebou است که حوضه آبریز ۴۰۰۰۰ کیلومترمربعی را تخلیه می‌کند. اقلیم مدیترانه‌ای آن تأثیرپذیر از آتلانتیک بوده و میزان بارندگی آن از شرق به غرب افزایش می‌یابد (متوسط ۴۷۰ میلی‌متر در Sidi Kacem و ۶۶۰ میلی‌متر در دریا طی ۳۰ سال آمارگیری). عمران اراضی در اواخر ۱۹۶۰ شروع شده و از آن تاریخ ۱۰۰۰۰۰

هکتار که ۴۰۰۰۰ هکتار آن به شبکه آبیاری و زهکشی و ۶۰۰۰۰ هکتار آن فقط به شبکه آبیاری (حدود ۴۰۰۰۰۰ هکتار بایستی آباد گردند) مجهز گردیدند. تمامی منطقه آباد شده که به نام پروژه غرب نامیده می‌شود تحت کنترل ORMVAG قرار دارد (اداره منطقه‌ای عمران غرب). منطقه پروژه به چندین بخش که به قطعات ۴۰ هکتاری تقسیم شده‌اند مجزا گشته است. در هر قطعه ۴، ۵ و ۶ نوع محصول مطابق با گردش زراعی وجود دارد. در هر بخش حدود ۲۰۰ قطعه وجود دارد.

چهار بخش که در آنها شبکه زهکشی عملکرد خوبی نداشت، یعنی S۱۷, S۱۱, P۸ و CTCAS (مرکز فنی چغندرقند، یک بخش ORMVAG) انتخاب شدند. این بخش‌ها برای مدیران محلی شناخته شده بوده و نماینده بخش بزرگی از منطقه پروژه غرب می‌باشند.

تشریح روش

روش عبارت از استفاده از مطالعات صحرایی و ترکیب آن با نتایج تحلیلی به دست آمده از تصاویر ماهواره است.

تحلیل تصویر ماهواره

این روش براساس این واقعیت قرار دارد که سطح آب زیرزمینی در شرایط نامناسب کم‌عمق باقی ماند. شکست در طرح زهکشی و هم‌چنین آبیاری عبارت است از نامتجانس بودن خاک عاری از پوشش یا گیاه که به صورت عوارض غیرمعمول رادیومتریک در تصاویر ماهواره ظاهر می‌شوند (Vidal et, al., 1992). دو نوع اطلاعات ماهواره‌ای در مطالعات مورد استفاده قرار گرفتند، SPOT XS و لندست TM.

دو معیار مورد استفاده عبارتند از: عمق سفره آب زیرزمینی (یا میزان آب موجود در خاک) و خصوصیات ساختمانی سطح خاک.

مزرعه با سیستم ناقص زهکشی در مدت زمان طولانی‌تری مرطوب بوده و ماندابی

شدن اراضی غالباً اتفاق می‌افتد، آب آزاد اضافی توسط هر دو ماهواره لندست TM و SPOT به ترتیب در باندهای TM5 و TM7 و باندهای XS2 و XS3 آنها ثبت می‌گردد. انتخاب تصاویر چند روز بعد از رگبار شدید می‌تواند در ارزیابی شبکه زهکشی مفید باشد. اگر تصاویر در تاریخ‌های مختلف پس از بارندگی گرفته شوند تشخیص دقیق میزان کمی آن نیز عملی است.

ماندابی شدن اراضی ناشی از ضعف زهکشی آثار خود را به صورت تأخیر در رشد گیاه و کاهش میزان محصول نشان می‌دهد (Elmessaoudi, 1992). حالت ماندابی هم‌چنین اثرات خود را در ساختمان خاک به صورت افزایش سختی خاک و کاهش کلوخ‌ها و کوچک‌شدن شکاف‌ها نشان می‌دهد. طیف‌های نوری SPOT و لندست دراینجا به عنوان مشخصه‌های حالت فیزیولوژیکی گیاه (XS2, XS3, TM3, TM4) و حالت فیزیکی سطح خاک (XS2, XS3; TM5, TM4) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مطالعات صحرایی

در این رابطه دو راه مورد استفاده قرار گرفته‌اند:

☐ روش صحرایی پرکردن پرسشنامه از کشاورزان، بررسی شبکه و اندازه‌گیری سفره آب.

☐ اندازه‌گیری محصول‌دهی چغندرقند و پرکردن پرسشنامه از محققین CTCAS.

هم‌چنین نقشه‌های خاک‌شناسی در مقیاس‌های مختلف، نقشه‌های شبکه زهکشی و زهکش‌های اصلی و یک نقشه کاربری اراضی (ژانویه ۱۹۸۸) در تهیه داده‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

انتخاب تصاویر

به خاطر اجتناب از عدم شناسایی و تشخیص شبکه آبیاری از زهکشی تصاویر زمستانی انتخاب گردیدند. پس از ملاحظه تصاویر آرشیو مشخص گردید که در زمان بارندگی، تصاویر پی در پی فاقد پوشش ابری وجود نداشته، بنابراین تصاویر نسبتاً

قدیمی‌تر زیر انتخاب گردیدند:

- ☐ تصویر SPOT XS در تاریخ ۲۸ نوامبر ۱۹۸۷.
- ☐ یک چهارم تصویر لندست TM در تاریخ اول ژانویه.

این تصاویر به ترتیب ۳ روز پس از بارندگی ۴۶ میلی‌متری و ۱۱ روز پس از بارندگی ۸۰ میلی‌متری را شامل می‌شوند.

پردازش تصویر

پردازش تصویر SPOT

فلوچارت پردازش تصویر در شکل ۱ نشان داده شده است.

شکل ۲ و جدول ۱ چگونگی جدانمودن سطح زیرکشت چغندرقند را از محصولات دیگر با استفاده از مقادیر بالای شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) نشان می‌دهد:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

که در آن :

NDVI = شاخص نرمال شده پوشش گیاهی
NIR = انعکاس در باندهای مادون قرمز نزدیک
R = انعکاس باند قرمز

به علاوه نیشکر تنها محصولی است که در این زمان خاک را می‌پوشاند، برش‌های جوان سال و جوانه‌های ایجاد شده از سال قبل خیلی کوتاه بوده و مقادیر رادیومتریک پایینی را در مادون قرمز نزدیک (NIR) و قرمز (R) نشان داده و درست مانند خاک عاری از پوشش (شکل ۲ و جدول ۱) تمامی دیگر محصولات (غلات، نیشکر، لوبیا، یونجه، آیش) در همان زمان همان رفتار رادیومتریک خاک عاری از پوشش را به علت رشد کم نشان می‌دهند.

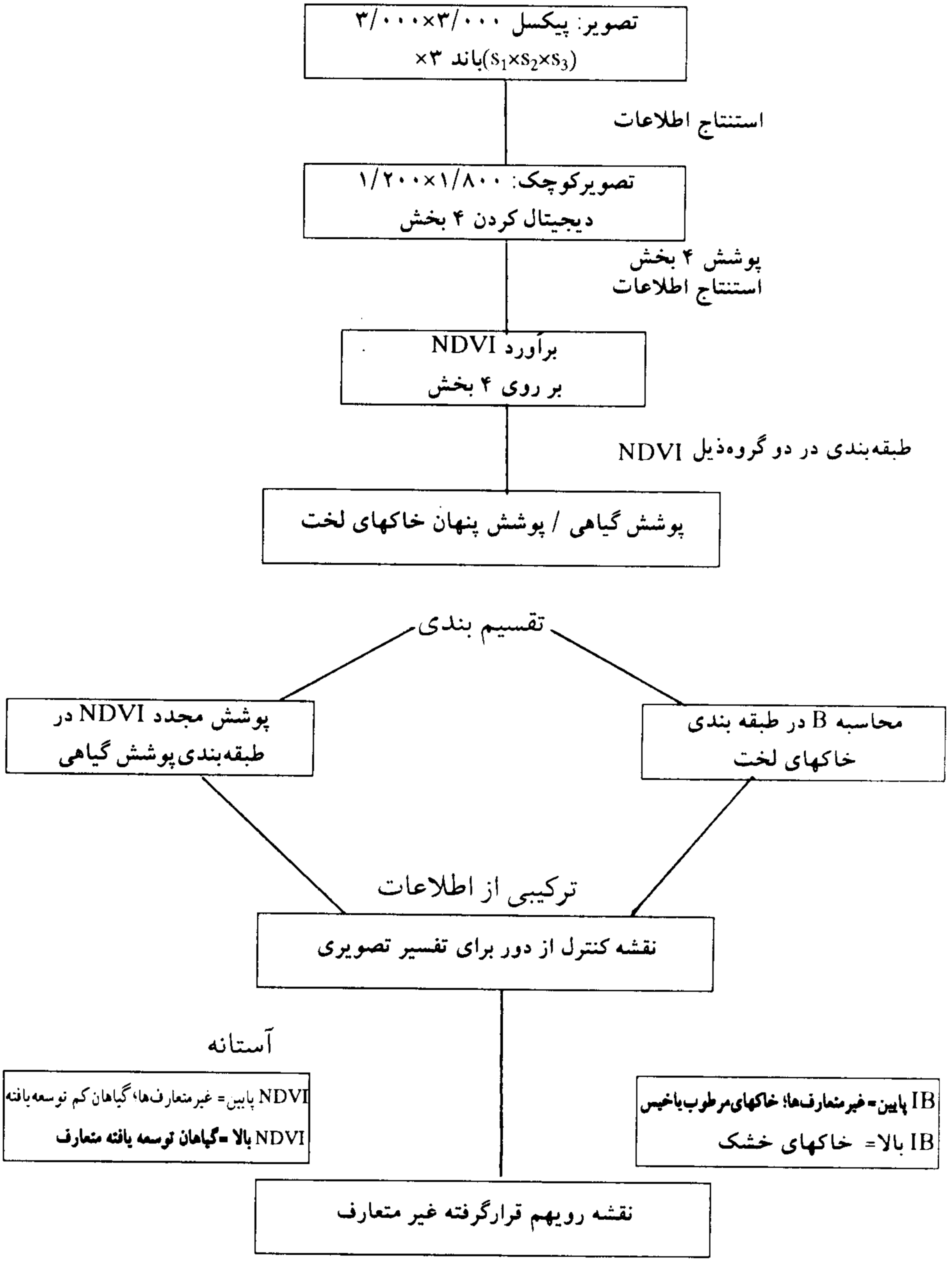
این گروه از خاک‌های عاری از پوشش براساس درجه روشنایی در یک تصویر رنگی مرکب و پلات نمودن مقادیر رادیومتریک XS3 با XS2 که تطابق خوبی با خط تئوریک خاک ۰ = NDVI دارند مشخص گردیدند. آب آزاد در نهرهای رودخانه Sebou وجود دارد. این نهرها مقادیر رادیومتریک بالا و غیرعادی در NIR و R (شکل ۲) که مقدار آن بالاتر از میزان آن در خاک است را نشان می‌دهند. مقادیر رودخانه مربوط به بار بالای مواد معلق می‌باشد (Girard، ۱۹۸۹). مقادیر مربوط به نهرها احتمالاً ناشی از پیکسل‌های مخلوط شده با آب آزاد، پوشش گیاهی کف نهر و خاک عاری از پوشش کناره‌ها می‌باشند.

جداسازی سطح زیرکشت چغندرقند امکان تقسیم‌بندی تصویر به دو لایه «پوشش گیاهی پوشاننده» و «خاک عاری از پوشش» و پردازش جداگانه آنها را فراهم می‌آورد. جداسازی براساس مقادیر NDVI در طبقه‌بندی نظارت شده انجام گردیده است.

یک شاخص درخشندگی (IB) در «لایه خاک عاری از پوشش» محاسبه گردید:

$$IB = (R^2 + NIR^2)^{1/2}\ NIR$$

مشخص گردید که مقادیر بالای IB مربوط به زهکشی ناکافی بوده و براساس یک مشاهده صحرایی (چاله‌های بازرسی شکسته شده محلی، زمین‌های زهکشی نشده، شبکه‌های زهکشی دارای مشکل) این امر محقق گردید. به نظر می‌رسد این مقادیر غیرقابل انتظار مربوط به قشر فوقانی خاک یا انباشت مواد رسوبی معلق آب در خاک می‌باشد.

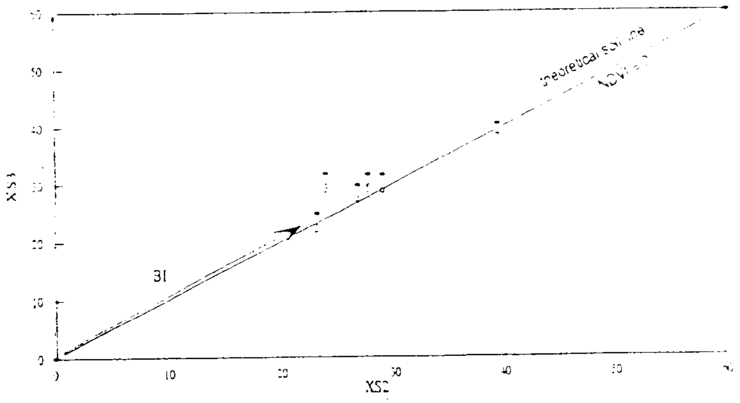

تصویر: پیکسل ۳/۰۰۰×۳/۰۰۰
$(s_1 \times s_2 \times s_3)$باند ۳×
استنتاج اطلاعات
تصویرکوچک: ۱/۸۰۰×۱/۲۰۰
دیجیتال کردن ۴ بخش
پوشش ۴ بخش
استنتاج اطلاعات
برآورد NDVI
بر روی ۴ بخش
طبقه‌بندی در دو گروه‌ذیل NDVI
پوشش گیاهی / پوشش پنهان خاکهای لخت
تقسیم بندی
پوشش مجدد NDVI در
طبقه‌بندی پوشش گیاهی
محاسبه B در طبقه بندی
خاکهای لخت
ترکیبی از اطلاعات
نقشه کنترل از دور برای تفسیر تصویری
آستانه
NDVI پایین= غیرمتعارف‌ها، گیاهان کم توسعه‌یافته
NDVI بالا =گیاهان توسعه یافته متعارف
IB پایین= غیرمتعارف‌ها؛ خاکهای مرطوب یا خیس
IB بالا= خاکهای خشک
نقشه رویهم قرارگرفته غیر متعارف

شکل ۱- فلوچارت پردازش تصویر SPOT XS، در ۲۸ نوامبر ۱۹۸۷
(شاخص نرمال پوشش گیاهی : NDVI، شاخص درخشندگی: IB)

جدول ۱- متوسط مقادیر رادیومتریک موضوعات در R و NIR تصویر SPOT XS
در ۲۸ نوامبر ۱۹۸۷

موضوعات	NIR (XS3)*		R (XS2)*	
	متوسط مقدار رادیومتریک	انحراف معیار نمونه	متوسط مقدار رادیومتریک	انحراف معیار نمونه
چغندرقند	۵۶/۰	۶/۴	۱۵/۸	۱/۲
چغندرقند درو شده	۳۱/۷	۲/۶	۲۳/۹	۱/۴
خاک تیره	۲۴/۸	۲/۶	۲۳/۱	۱/۵
خاک روشن	۲۹/۷	۱/۷	۲۶/۷	۱/۸
خاک خیلی روشن	۳۱/۵	۲/۴	۲۸/۹	۱/۵
نهرها	۳۱/۶	۲/۶	۲۷/۶	۱/۸
رودخانه Sebou	۴۰/۴	۰/۷	۳۹/۴	۰/۷

* مقادیر شمارش رقومی در نمونه‌های ۱۰۰ پیکسل یک موضوع محاسبه شده‌اند. پیکسل‌ها در بخش‌های S۱۱ و CTCAS پراکنده شده‌اند.



۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
رودخانه	خاک‌های خیلی روشن	نهرها	خاک‌های روشن	چغندرقند دروشده	خاک‌های تیره	چغندرقند

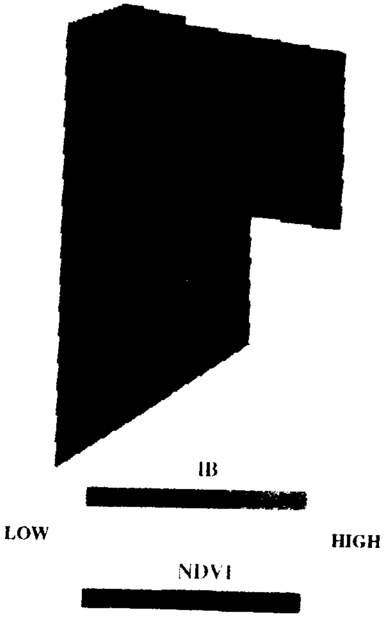
شکل ۲- توزیع موضوع در پلات (NIR(XS3 و R(XS2). تصویر SPOT
در ۲۸ نوامبر ۱۹۸۷

بدین‌وسیله مشخص گردید که مقادیر بالای IB به کمبود زهاب وابسته بوده و باتوجه به واقعیت موجود در اراضی (تعیین محل قوطی‌های شکسته، اراضی فاقد زهکش، شبکه‌های تحت پوشش زهکش) این‌گونه مقادیر غیرقابل انتظار وابسته به خاک پوشش‌دار یا ماندابی شدن اراضی توسط بار معلق آب می‌باشند.

همان‌گونه که در نقشه‌های خاک‌شناسی مشخص شده در مقیاس یک بخش تحلیل IB هیچ‌گونه رابطه‌ای را با بافت‌های مختلف خاک نمی‌دهد.

هر دو لایه چغندرقند و خاک عاری از پوشش روی هم قرار گرفته‌اند تا نقشه‌ای که دربرگیرنده مقادیر NDVI چغندرقند و IB خاک باشد به دست آید (شکل ۳). موارد نامطلوب زهکشی در مناطق با مقدار کم NDVI و مقدار زیاد IB ظاهر شده و نقشه به کمک توابع آستانه‌ای نرم‌افزار "Multiscope"که در این کار مورد استفاده قرار گرفته تفسیر می‌گردد (شکل ۴). فقط پیکسل‌های نامطلوب نشان داده می‌شوند و کار شامل شناسایی علل احتمالی موارد نامطلوب می‌باشد. با مشاهده موقعیت موارد نامطلوب در رابطه با زهکش‌های اصلی، نهرها، خروجی‌های زهکش و در کنترل رابطه این موارد نامطلوب با ضعف شبکه زهکشی، ضعف نهر یا هر عامل دیگر می‌توان پی برد. به

شکل ۳- نقشه CTCAS؛ نیشکر NDVI و خاک لخت IB، مقیاس حدود ۱/۵۰۰۰۰ بدون اصلاح هندسی.تصویر SPOTXS در ۲۸ نوامبر ۱۹۸۷



عنوان مثال یک مورد نامطلوب واقع شده پیرامون یک زهکش اصلی احتمالاً ناشی از ضعف نهر، افزایش تغییرات IB (یا کاهش NDVI) از بالادست به پایین‌دست زهکش و احتمالاً ناشی از ضعف زهکش و غیره می‌باشد.

پردازش تصویر لندست TM

لندست TM اطلاعات را در NIR (کانال‌های TM5 و TM7) عرضه می‌کند و به نظر می‌رسد که این ماهواره از نظر مشخص نمودن موارد نامطلوب زهکشی بر SPOT برتری دارد.

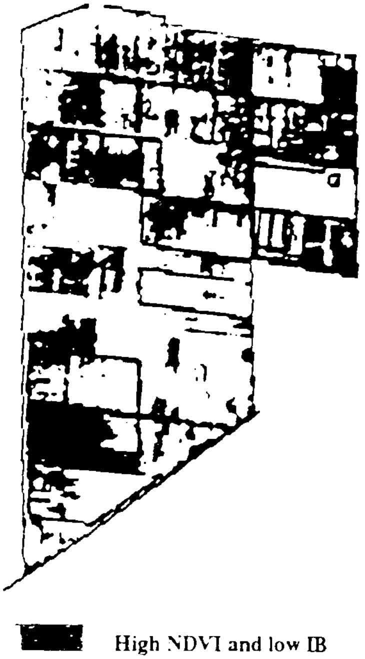
متأسفانه تصویر ژانویه ۱۹۸۸ به علت آنکه دینامیسم رادیومتری‌ها خیلی ضعیفتر از آن است که اختلافات بین قطعات را که زهکش‌ها در آنها مورد بهره‌برداری قرار گرفته و موارد نامطلوب مورد انتظار را نشان دهد، لذا بدون استفاده است. فقط مقادیر حد می‌توانند با یک موضوع مرتبط گردند در این رابطه مقادیر صفر برای آب آزاد و بالاترین مقادیر برای شکاف‌ها و جاده‌ها اختصاص یافته‌اند.

دو پدیده این مشاهده را توضیح می‌دهند:

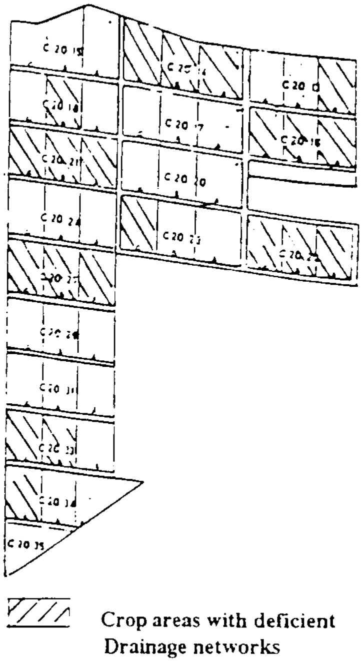
☐ تصویر در صبح زود (محلی GMT ۹:۳۰) گرفته شده و تغییرات انعکاس انرژی خورشیدی دریافت شده خیلی کمتر از آن بوده که ماهواره بتواند آن را ثبت نماید.

☐ تصویر در زمان طولانی پس از زمان بارندگی گرفته شده و خاک‌ها به اندازه کافی مرطوب نبوده‌اند.

شکل ۴ - نقشه بخش CTCAS ؛آستانه مقادیر پایین نیشکر NDVI و مقادیر بالای خاک لخت IB، مقیاس حدود ۱/۵۰۰۰۰ بدون اصلاح هندسی. تصویر SPOTXS در ۲۸ نوامبر ۱۹۸۷


High NDVI and low IB

شکل ۵ - نقشه بخش CTCAS ؛ مناطق با کمبود شبکه‌های زهکشی مزروعی


Crop areas with deficient Drainage networks

نتایج و آزمودن اعتبار صحرایی آنها

نتایج تفسیر چشمی در نقشه نشان داده شده است (شکل ۴). این نتایج هم‌چنین می‌توانند در نقشه‌های مناطق مزروعی که احتمالاً در برگیرنده موارد نامطلوب در شبکه زهکشی می‌باشند (شکل ۵) یا در جداول (جدول ۲) نشان داده شوند. نتایج به علت آنکه اعتبار آنها در بخش‌های دیگر کاملاً تأیید نگردیده در CTCAS نشان داده شده‌اند.

روش مورد استفاده شامل چندین منبع خطا می‌باشد:

- ذهنی بودن و غیرجامع بودن روش تفسیر چشمی.
- ذهنی بودن مقادیر آستانه.
- ضعف نسبی مشاهدات زمینی زیرا که در سال ۱۹۹۳ کسب اطلاعات از موارد نامطلوب خاک فاقد پوشش مشخص شده از تصویر گرفته شده در سال ۱۹۸۷ مشکل بود.
- امکان عدم انطباق NDVI موارد نامطلوب زهکشی با دیگر علل (بیماریها، چغندرهای پیرو عملیات کشاورزان).

از آنجاکه اطلاعات از سال ۱۹۸۷ موجود بود اعتبار بخش CTCAS مورد تأکید قرار می‌گیرد. فهرستی از مناطق زیرکشت که دارای مشکل بر مبنای تجربه زمینی (ماندابی زمستانه، مشکلات ترافیک، رشد کم چغندر، شوری) و تحلیل محصول‌دهی سال‌های ۱۹۹۰–۱۹۸۹ داشته‌اند در جدول ۳ ارائه شده است.

مقایسه جداول ۲ و ۳ نشان می‌دهد که تمامی مناطق زیرکشت دارای مشکلات زهکشی بوده و بجز دو مورد از آنها (شکل ۴: B از بلوک ۳۴ و A از بلوک ۲۴). از طرف دیگر تحلیل تصویر یک برآورد دست بالا از مناطق دارای مشکل به دست می‌دهد.

جدول ۲- محل مناطق مزروعی CTCAS که شبکه‌های زهکشی آنها دارای مشکل می‌باشد. تفسیر مقادیر NDVI و IB، تصویر SPOT XS در ۲۸ نوامبر ۱۹۸۷

بلوکها	مناطق مزروعی
۱۴	A - B - C
۱۸	B
۲۱	A - B - C
۲۳	C
۲۷	A - B - C
۳۳	B - C
۳۴	C
۱۳	A
۱۶	A - B - C
۲۲	A - B - C

جدول ۳- محل مناطق مزروعی درگیر در مشکلات شبکه زهکشی از CTCAS. شاهد زمینی ۱۹۸۷ مورد ارزیابی متخصصین CTCAS قرار گرفته و محصول‌دهی چغندرقند تحلیل گردیده است.

بلوکها	مناطق مزروعی
۲۱	A - B - C
۲۴	A
۲۳	C
۲۷	A - B - C
۳۳	B - C
۳۴	B - C

داده‌ها از بخش‌های دیگر S۱۱، S۱۷، P۸ در ۱۹۸۷ موجود نیست. پرسشنامه سال ۱۹۹۲ کشاورزان و میراب‌های ORMVAG بایستی مورد استفاده قرار گیرند. مسئله بهره‌برداری از شبکه‌های زهکشی که دارای مشکل می‌باشند، با گذشت زمان بهبود نیافته و مشکلاتی که بعدها ایجاد خواهند نمود، قابل تشخیص نبودند. نتایج پرسشنامه کشاورزان و میراب‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است.

نتایج جدول ۴ نسبتاً خوش‌بینانه است. از آنجایی که شخصی که در ترجمه فرانسه عربی کمک نموده، طراح شبکه زهکشی ORMVAG نیز بوده است، کاملاً مشخص است که چندین شبکه زهکشی دارای مشکل، توسط کشاورزان اعلام نگردیده است. روشی خاص جهت بهینه‌نمودن این پرسشنامه مورد آزمون قرار گرفت. بهر صورت NDVIهای CTCAS,S و آستانه‌های IB به‌کار برده شده در بخش‌های دیگر نشان‌دهنده مناطق احتمالاً دارای مشکل بوده ولی موضعی بودن آنها مورد تعجب مدیران ORMVAG قرار نگرفت.

اصلاح روش و هزینه‌ها

در مقیاس یک بخش، بافت خاک نشان داده است که هیچ تأثیری بر مقادیر رادیومتریک ندارد. در مقیاس کل منطقه دشت غرب این امر درست نبوده و قبل از توسعه روش بایستی مورد ملاحظه قرار گیرد. تصویر SPOT XS با رنگ ترکیبی چهار منطقه بزرگ یکنواخت را نشان می‌دهد که از نظر روشنایی و رنگ‌های غالب با یکدیگر متفاوتند: تیره‌تر و عمدتاً آبی در مرکز و روشن‌تر و عمدتاً زردرنگ در جنوب. این امر نشان‌دهنده تغییرات منطقه‌ای وسیع بوده و می‌تواند ناشی از بیان رادیومتریک تأثیر خاک باشد (خاک‌های رس "merjas" در مرکز، منطقه شنی و آهکی جنگل Marmora، منطقه ساحلی و منطقه دشت). خوشبختانه بخش‌هایی که روی آنها کار می‌شود در منطقه دشت قرار دارند که در برگیرنده قسمت عمده‌ای از اراضی آباد شده است. بنابراین کار در منطقه پروژه غرب کاملاً با ارزش است. به هرجهت، به نظر می‌رسد توسعه روش در هر منطقه با استفاده از آستانه قراردادن اولیه و فنون ماسک نتایج مستقلی خواهد داشت.

تفسیر عکس‌های هوایی ذهنی بوده و قدری زمانگیر است. قابل اطمینان بودن و سرعت با ایجاد ارتباط بین سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نظیر فاصله تا زهکش اصلی، تغییرات شوری، زمان تمیزکردن انهار و غیره افزایش می‌یابد. هزینه روش در ۴۰۰۰۰ هکتار زهکش زیرسطحی حداکثر ۲/۵ دلار آمریکا در هکتار (۶۰۰۰۰ دلار آمریکا برای سخت‌افزار و نرم‌افزار، ۲۰۰۰۰ دلار برای تصاویر، ۲۵۰۰۰ دلار برای پردازش تصاویر) می‌گردد.

جدول ۴- نتایج پرسشنامه‌های کشاورزان و میراب‌های ORMVAG در ۱۹۹۳، P۸, S۱۷, S۱۱, CTCAS

بخش	شماره بلوک	شخص مورد پرسش قرار گرفته	ماندابی زمستانی	اراضی شور	کاهش محصول	جمع‌شدن مشکلات
CTCAS	۲۲	کشاورز	موضعی	آری	وضعیت‌بد	آری
	۱۵	کشاورز	کلی	آری	رشد کم	
S۱۱	۳۶	کشاورز	راه‌راه	آری	نه	
	۸	میراب	نه (b)	نه	نه	
	۶/۵	میراب	نه (b)			
	۶۸b	میراب	نه (b)	نه		
		کشاورز	راه‌راه	نه	نه	
	۴	کشاورز	نه	نه	نه	
	۵	میراب	نه (b)	نه	نه	
S۱۷	۱۶۶	میراب		آری		
	۱۷۳	میراب	موضعی	نه		
	۱۶۲	کشاورز	راه‌راه	نه	بد	آری
	۱۶۴	کشاورز	کلی	آری	آری	آری
	۱۲۵	میراب	موضعی	آری		نه
		کشاورز	کلی	آری		نه
P۸	۱۰	میرآب				
		کشاورز	راه‌راه	نه	نه	
	۱۲	میرآب	نه			
		کشاورز	موضعی	نه	آری	آری
	۲۵۰	میرآب	نه	نه	محصول‌کم	
	۲۵۲	میرآب	نه (b)			
	۲۱۱	میرآب	نه (b)			
	۲۱۰	کشاورز	موضعی	آری	نه	
	۲۵۱	کشاورز	موضعی	آری	نه	نه

نتایج

از آنجا که این کار در سپتامبر ۱۹۹۲ آغاز گردید، دست‌اندرکاران نسبت به نتایج کاربرد سنجش از دور در ارزیابی شبکه‌های زهکشی دارای مسئله مطمئن نبودند. پردازش تصویر محدود به اندازه پیکسل SPOT XS نشده و علیرغم رادیومتریهای غیرمعمول امکان ایجاد یک چهارچوب در روش مبتنی بر عملکردهای استاندارد نرم‌افزار پردازش تصویر وجود داشت.

کار هنوز کاملاً تمام نشده بود و بررسی اعتبار آن در زمستان ۹۴-۹۳ ادامه یافت. رادیومتری‌های غیرمعمول حالت‌های مرطوب فاقد پوشش و آب آزاد انهار بایستی کنترل شوند (شبیه‌ساز SPOT). حساسیت نسبت به مقادیر آستانه که در تفسیر - تصویر مورد استفاده قرار گرفته و استفاده از فنون ماسک در توسعه نتایج به کل منطقه پروژه غرب هم‌چنین بایستی مورد کنترل قرار گیرد.

از آنجا که پردازش این روش آسان بوده و هم‌چنین ORMVAG توانایی‌ها و ابزار لازم در کاربرد آن را در اختیار دارد پایدار می‌باشد. امروزه امکان داشتن یک شناخت کامل از موقعیت کاستی‌های زهکشی و روش‌های دقیق کاربردی در شناخت کاستی‌ها وجود دارد. این امر عملیات نگهداری شبکه‌های زهکشی را ممکن می‌سازد.

مراجع

Bos, M. G., Murray-Rust, D.H., Merrey, D J., Johnson, H.G. and Snellen, W.B. 1993. Methodologies for assessing performance of irrigation and drainage management. *Proceedings of 15th congress of the ICID*. The Hague, The Netherlands. 30 August - 11 September.

Elmessaoudi, M. 1992. Effet de la salinité et du mauvais drainage sur les rendements de la canne à sucre. *Rapport interne CTCAS - ORMVAG*, novembre 1992. Maroc, 12 p.

Frejefond, E. 1993. Evaluation des performances des réseaux de drainage. *Mémoire de troisième année, ENGEES*. 139 p.

Girard, M.C. and Girard, C.M. 1989. Télédétection appliquée, zones tempérées et intertropicales. Sciences agronomiques, Masson. 259 p.

Lahlou, O. and Hamdi, 1989. *Problématique du drainage dans la plaine du Gharb*. Kénitra Maroc, pp. 1-13.

Vidal, A., Pozzobon, D. and Baqri, A. 1992. Télédétection appliquée à la gestion des grands périmètres irrigués; détection des anomalies, synthèse. *Rapport ORMVAG*, IAV Hassan II, CEMAGREF, 30 p.

وضعیت سنجش از دور در برزیل و کاربرد آن در آبیاری، زهکشی و مسایل شوری

نیاز روزافزون نسبت به شناخت، ارزیابی و توسعه منابع طبیعی و ثبت اطلاعات محیط زیست ضرورت تحقیقات در این زمینه را با استفاده از فن‌آوری‌های مناسب در شناخت، حل و جلوگیری از مسایل مختلفی که بر کره خاکی تأثیر می‌گذارند مطرح می‌سازد.

سنجش از دور برای کمک به حل این مسایل بوجود آمده است. در ابتدا سنجش از دور در ارتباط با توسعه سنسورهای عکسبرداری هوایی قرار گرفت و بعداً برای سنسورهای فضایی مورد استفاده در برنامه‌های فضایی نظیر ERTS که در سال ۱۹۷۵ LANDSAT نامگذاری شد اختصاص یافت. در همان زمان برنامه SKYLAB شوروی وارد عمل شد و ایالات متحده آمریکا لندست با سنسور MSS را که بین سال‌های ۱۹۸۲ تا ۱۹۸۴ عمل می‌نمود به فضا پرتاب نموده و با سنسور TM لندست بهنگام نمود. بعداً فرانسه (۱۹۸۶) ماهواره SPOT را با سنسور HRV به فضا پرتاب نمود و ماهواره‌های شوروی از سری‌های SOJUSKARTA و ماهواره‌های هواشناسی دیگر نظیر GOES و NOAA در مدار قرار گرفتند.

این وقایع به اصطلاح مشخصه «عصر فضایی» بوده و مشارکت بزرگ و با ارزش را در کاربرد سنجش از دور به عنوان یک ابزار حیاتی در شناخت، تحلیل و ایجاد ارتباط بین تشعشعات الکترومغناطیسی اجزاء کره زمین را مطرح ساختند. این فن اساساً در فهرست‌برداری و ثبت محیط زیست و روندهای منابع طبیعی با استفاده از نقشه‌های موضوعی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این مقاله در ابتدا خلاصه‌ای از سوابق تاریخی سنجش از دور و توسعه و کاربرد آن در برزیل را ارائه می‌دهد. به علاوه منظور اصلی توصیف و تشریح مهم‌ترین تحقیقات فنی انجام شده به کمک سنجش از دور که به طور عینی در مطالعه آبیاری، زهکشی و شوری مورد استفاده قرار گرفته شده، می‌باشد. در ملاحظات نهایی این مقاله بعضی تذکرات در مورد این نتایج، برتری‌ها و محدودیت‌های تحقیقاتی ارایه گردیده است.

سوابق تاریخی سنجش از دور در برزیل

شناخت فنون سنجش از دور به‌کار گرفته شده در منابع زمینی به گرفتن عکس‌های هوایی قرن قبل از بالن‌ها و اخیراً توسط هواپیماها باز می‌گردد. ظهور ماهواره‌ها همراه با توسعه سنجش از دور در دهه‌های اخیر مشخصه عصر فضایی می‌باشد. در این عصر در برنامه‌های فضایی ERTS، لندست، SKYLAB، SPOT و دیگر ماهواره‌ها به فضا پرتاب شد و همراه با مقاصد هواشناسی و ارتباطی فعالیت در این زمینه به اوج خود رسید. توسعه این فن امتیازات زیادی نظیر دید فضایی، تکرار، تحلیل‌های چشمی و چند طیفی، قدرت تفکیک و سرعت‌یابی در فراهم‌نمودن اطلاعات و یک دید نو و بهنگام از واقعیت‌های جهان را به همراه آورد.

در برزیل، اولین پوشش فتوگرامتریک هوایی در سال‌های ۱۹۳۰ از ایالت Sao Paulo توسط شرکت ایتالیایی SARA[1] تهیه گردید. اما استفاده از سنجش از دور طی موافقتنامه توسعه تکنولوژیک با آمریکا اساساً از سال‌های ۱۹۶۰ آغاز گردید. این امر با همکاری کمیسیون ملی فعالیت‌های فضایی سابق (Comissao Nacional de Atividades Espaciais) که امروزه مؤسسه تحقیقات فضایی (INPE) نامیده می‌شود انجام شد. هدف اساسی این مؤسسه توسعه پروژه سنجش از دور (SERE) بود که با همکاری یک مؤسسه بین‌المللی نقش بسیار مهمی در تحقق فعالیت‌های فضایی در برزیل ایفا نمود.

بعدها در سال‌های ۱۹۷۰ برزیل یک موافقت‌نامه با NASA امضا نمود. این اولین پروژه براساس سنجش از دور هوایی بود که تهیه نقشه نمونه از آمازون (۴۴۰۰۰ کیلومتر مربع) را دنبال نموده که پروژه RADAM (رادار در آمازون) نامیده شد. هدف این پروژه تهیه نقشه منابع طبیعی، شناخت و انتخاب براساس شیب آنها، و ایجاد یک بانک اطلاعاتی از منابع نقشه‌ای بود. نقشه‌برداری راداری با کمک هواپیمای مدل "Caravelle" مجهز به خیلی از سیستم‌های سنسور نظیر رادار هوایی جانبی (SLAR) انجام گرفت. SLAR مجهز به یک سنسور فعال بوده که امکان تهیه تصاویر در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ را

---

[1] - (Societá Anónima de Rivelamenti Fotogrametrici)

فراهم نموده و مستقل از زمان روز (فارغ از نور خورشید) یا حتی شرایط اقلیمی نامتعارف می‌باشد. وقتی نتایج تهیه شد، منطقه پروژه به منظور پوشش کل کشور گسترش داده شد. این پروژه RADAMBRASIL نامیده شد. هدف آن تهیه یک نقشه سیستماتیک از منابع طبیعی بود که به صورت نقشه‌های موضوعی (۱:۱۰۰۰۰۰۰) در ارتباط با زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی، اراضی مستعد کشاورزی، پتانسیل اراضی و برنامه‌ریزی منطقه‌ای کمک‌های زمینی منتشر گردید. این نقشه‌ها هم‌چنین می‌توانند در مطالعه اکتشاف معادن، کشاورزی، دامپروری، برداشت محصولات گیاهی و غیره مورد استفاده قرار گیرد.

در سال ۱۹۷۳ فعالیت‌های دیگری در ارتباط با سنجش از دور نظیر نصب یک آنتن گیرنده از ماهواره لندست و تأسیس یک آزمایشگاه فرآیند، ظهور و عملیات تصویری در شهر Cachoeira Paulista از ایالت Sao Paulo انجام گرفت. بعدها در ۱۹۸۸، INPE شروع به دریافت، پردازش و توزیع داده‌ها از ماهواره فرانسوی SPOT نموده و مشارکت خود را در توسعه و کاربرد سنجش از دور مداری در برزیل محقق نمود. براساس این وقایع و همراه با توسعه امور زیربنایی کارهای زیادی با استفاده از فنون سنجش از دور به منظور تفسیر تصاویر مقایسه‌ای با کمک هواپیما و اطلاعات صحرایی انجام گرفت.

با این وجود برزیل توسعه و کاربرد پردازش رقومی داده‌های فضایی، در مورد موضوعات اساسی را فقط در ۱۹۷۵ آغاز نمود. از آنجا که INPE سیستم فعال کار با تصاویر عددی و رقومی IMAGE 100(I-100) را خرید امکان تحقق امور فوق میسر گردید. INPE به منظور توانایی گروه خود یک دوره فوق لیسانس سنجش از دور ایجاد نموده و هم‌چنین دوره‌های تربیت تکنسین برای شرکت‌های دولتی و خصوصی، سازمان‌های دولتی، مؤسسات ملی و بین‌المللی و دانشگاه‌ها دایر نمود، هم‌چنین توافق‌نامه‌های مشاوره فنی با مؤسسات دولتی به منظور انتقال فن‌آوری مبادله گردید.

امروزه در برزیل فن‌آوری سنجش از دور فضایی، هوایی و زمینی به سرعت پیشرفت نموده و هزاران محقق و کمک کارشناس به صورت مستقیم و غیرمستقیم داده‌های اخذ شده را مورد استفاده قرار می‌دهند.

استفاده‌های برزیل از سنجش از دور در آبیاری، زهکشی و شوری اراضی

پس از آنکه لندست به فضا پرتاب گردید (۱۹۷۲)، INPE و دیگر مؤسسات دولتی و خصوصی کاربرد و ارزیابی تصاویر ماهواره را در نقشه‌برداری منابع طبیعی و کنترل فیزیکی محیط زیست آغاز نمودند، از آن موقع به بعد کارهای زیادی که عمدتاً توسعه بیشتر تکنولوژی برای مناطق متفاوت و مقاصد متفاوت می‌باشد انجام گرفت. سنجش از دور به طور گسترده‌ای در زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، کشاورزی، کاربری اراضی و بالاخره در آبیاری مورد استفاده قرار گرفت. بسیار مهم است که نقشه کاربری اراضی را تهیه نموده و کشت‌ها (چغندرقند، برنج، گندم، حبوبات، سویا) را به منظور مطالعه پیش‌بینی محصول و مدیریت منابع آب بررسی نمود. جالب‌ترین کارها در این زمینه انتخاب شده که در صفحات زیر ارائه می‌گردد.

اراضی آبیاری، ثبت اطلاعات با استفاده از سنجش از دور

(1983) Epiphanio, J.C.N; Vitorello,I. Brasilia, Revista, Item-Innig, Tecnol, Moderna no.14

این اولین کار در منطقه است. مؤلفین اصول پایه و مفاهیم سنجش از دور (RS) فضایی و کاربرد آنها را در کشاورزی، که اساساً ابزاری در شناخت و تهیه نقشه مناطق آبیاری است و منافع سرشاری دارد، مطالعه نمودند، نتایج نهایی با استفاده از کاربری داده‌های رقومی باندهای ۵ و ۷ MSS و کاربرد نسبت باندهای $\frac{۵}{۷}$، $\frac{۷}{۵}$ و باند اصلی ۵ که به ترتیب با کانال‌های آبی، قرمز و سبز مرتبط شده و ضمن تأکید بر مناطق آبیاری با I-100 پردازش شده حاصل گردیده است. این تحقیقات در منطقه Guaira در ایالت Sáo Paulo انجام گرفت. از آنجا که منطقه از نظر آبیاری متراکم است و انواع مختلف سیستم‌های آبیاری (Traveller, Centre Pivot) در آن وجود دارد، به عنوان یک مدل تفسیر برای مناطق دیگر مورد مطالعه قرار گرفت. روش به‌کار گرفته شده جنبه‌های زمانی (اراضی دیم)، طیفی (انتخاب

باندها) و مکانی (میزان قدرت تفکیک) را منظور می‌نماید. در این روش منظور شناخت تفاوت‌ها است نظیر مناطق غیرآبیاری که به صورت اراضی آیش یا پوشش گیاهی خشک است. در نهایت مؤلفین نتیجه گرفتند که فنون سنجش از دور به‌کار گرفته شده در شناخت و تحلیل اراضی آبیاری خیلی مفید بوده است.

ارزیابی مناطق آبیاری در ایالت Sáo Paulo با استفاده از داده‌های سنجش از دور

(1986). Pinto, S.A.F.; Novo, E.M.L.M.; Valério, M.; Chen, S.C; Rosa, R.Sáo Paulo, SP. Rel 3950 - RPE/513. INPE.

در این کار روش مورد استفاده در ارزیابی مناطق آبیاری در منطقه آزمایش نشان داده می‌شود. هدف آن برآورد اراضی آبیاری زیر کشت قبل از نیاز آبی است تا اثرات استفاده‌های مورد تلاقی در این زمان را به کمترین برساند. در ثبت چندزمانه، باندهای TM ۲، ۳، ۴، ۵ لندست که قبل از زمان نیاز آبی گرفته شده بودند مورد استفاده قرار گرفتند. این باندها دارای مشخصه‌های TM4R, TM3G, TM2B و هم‌چنین TM3G, TM5B و TM4G بودند. تفسیر داده‌های فضایی خصوصیات مکانی و زمانی گذرها (ماهواره) را با بهره‌گیری از داده‌های صحرایی که مقایسه دو روش در برآورد مناطق آبیاری را ممکن می‌سازد منظور می‌نماید. توسعه مستقیم مدل فقط داده‌های صحرایی جمع‌آوری شده از قطعه نمونه را مورد استفاده قرار داده و مدل برآوردی همبستگی اطلاعات صحرایی و داده‌های فضایی را ترکیب می‌نماید. نتایج کاهش ۹۴/۰۲٪ در واریانس برآورد شده از مناطق آبیاری را وقتی مدل برآورد همبستگی مورد استفاده قرار می‌گیرد نشان می‌دهد. در نهایت مؤلفین نتیجه‌گیری می‌نمایند که داده‌های لندست TM در تشخیص اراضی آبیاری و حتی در مناطق دارای پیچیدگی زیست محیطی سودمند می‌باشند. تحلیل زمانی ثابت نمود که ابزار مؤثری بوده و اطلاعات حاصل از تصاویر دقت برآورد اراضی آبیاری را به میزان بسیار زیادی افزایش می‌دهد.

شناخت اراضی آبیاری با استفاده از تصاویر رقومی لندست TM

(1986) Valério, M; Pinto, S.A.F.; Novo, E.M.L.M. Brasilia - DF. VII Cong. Nac. Irrig. Dren Vol.3.

براساس کاری که توسط Epiphanio و Vitorello (۱۹۸۳) انجام گردید، مؤلفین این مقاله استفاده از فنون پردازش رقومی را در تشخیص و تهیه نقشه توزیع مکانی مناطق آبیاری در شهرداری Guaira - SP با به‌کارگیری داده‌های لندست TM توصیه نمودند. Multispectral I-100 تصاویر رقومی (CCTs) باندهای ۲، ۳، ۴، ۵ را با استفاده از فنون افزایش وضوح رقومی به منظور پررنگ نمودن اراضی آبیاری مورد پردازش قرار داد. این اراضی هم‌چنین به وسیله اشکال هندسی‌شان نظیر توپوگرافی آرام صعودی نزولی که درخشندگی یکنواخت تصویر را آسانتر می‌سازد قابل شناخت هستند. منطقه مطالعه بزرگ شده (۱:۵۰۰۰۰) و ترکیب TM4R, TM3G, TM2B جهت وضوح اراضی آبیاری بهتر تشخیص داده شد. در نتیجه نهایی مؤلفین نتیجه گرفتند که داده‌های لندست TM نه فقط در ثبت اراضی آبیاری مفید می‌باشند، بلکه هم‌چنین در تشخیص نوع محصولات کشاورزی حائز اهمیت هستند.

برآورد اراضی آبیاری با استفاده از تصاویر ماهواره

(1986) Lange, R.; Telles, D.A.; Mendes, V.M.R. Brasilia - DF. VII Cong. Nac. Irrig. Dren., Vol 3.

در این مقاله مؤلفین روش مورد استفاده در شناسایی اراضی آبیاری را در منطقه حوضه رودخانه Piracicaba ارائه می‌نمایند. آنها تفسیر تصویر TM لندست را به منظور تعیین زمان‌های بهتر جهت تعیین قرار اراضی آبیاری، کوچکترین اندازه ممکن جهت تشخیص، تأثیر قرار دادند. به منظور کنترل توپوگرافی و هندسه قطعات مورد استفاده معیار تفسیر بعضی مناطق آزمایشی با خصوصیات مختلف انتخاب و زمان گذرها (ماهواره) با استفاده از روش بیلان آبی Thornthwaite که زمان بیشترین کمبود آبی را مشخص می‌کند، تعیین

گردید. کار رقومی از طریق ترکیب و تحلیل باندهای مختلف طیفی با استفاده از سیستم Image - 100 انجام شد. این سیستم امکان ساخت منحنی‌های طیفی مزارع آبیاری شده و آبیاری نشده را فراهم می‌آورد. این روش هم‌چنین با تفسیر چشمی و اطلاعات صحرایی ارائه شده در یک نقشه (۱:۵۰۰۰۰) تکمیل شده و نتایج توانایی زیاد کاربرد سنجش از دور در شناسایی اراضی آبیاری را که با شرایط محلی نظیر کمبود آب، تشخیص نوع محصول و زمان درو، در دسترس بودن تصاویر در زمان‌های مورد نیاز، شرایط هواشناسی و اندازه قسمت‌های قابل تشخیص آبیاری بایستی تطبیق داده شوند، تأیید می‌نماید.

تحلیل چند طیفی داده‌های لندست TM در ثبت اراضی آبیاری

(1986) Pinto, S.A.F.; NOVO, E.M.L.M., Valerio, M; Chen, S.C.; Rosa, R.; Mendes, V.Gramado - RS, IV Simp. Bras. Sens. Rem., Vol 1

هدف این تحقیق ارزیابی تسلسل زمانی تصاویر TM و توسعه ماهیانه اراضی آبیاری در منطقه Itatiba - Bragonca Paulista از ایالت Sao Paulo بود. مطالعه به منظور تعیین زمان بیشترین مقدار اراضی آبیاری و خطای تقریبی این برآورد در رابطه با کل دوره می‌باشد. روش شامل تهیه یک کلید شناسایی فرهنگ‌های آبیاری از طریق تصاویر رنگی کاذب TM می‌باشد. پنج تاریخ مورد ارزیابی قرار گرفته و تصحیحات و تطبیقات از طریق کار صحرایی هم‌زمان با گذرها (ماهواره) به‌گونه‌ای که امکان محاسبه کل اراضی آبیاری در هر تاریخ و کل اراضی در طول دوره فراهم آید اعمال گردید. در نتیجه مؤلفین نتیجه‌گیری نمودند که سه گذر اولیه در تهیه نقشه تقریباً تمامی اراضی آبیاری منطقه کافی است.

اثرات زیست محیطی در تعیین اراضی آبیاری با استفاده از داده‌های لندست TM

(1986) NOVO, E.M.L.M., Pinto, S.A.F.; Valerio, M.; Chen, S.C.; Rosa, R.Gramado - RS, IV Simp. Bras. Sens. Rem., Vol 1

این کار، اثر شرایط زیست محیطی را در تعیین اراضی آبیاری با استفاده از داده‌های

لندست TM مورد ارزیابی قرار می‌دهد. مناطق انتخابی در حوضه رودخانه Piracicaba شامل Iracemápolis و Itatiba از ایالت Sao - Paulo که شرایط زیست محیطی متمایزی را در مقایسه نهایی دارا هستند واقع می‌باشند. تمامی داده‌های هفت باند TM در دوره بیشترین کمبود آبی انتخاب شدند. این داده‌ها در تحلیل‌گر I - 100 پردازش و ترکیبات رنگی آن با اطلاعات صحرایی تفسیر و کنترل گردیدند. نتایج نشان می‌دهند که تصاویر امکان تمایز تمامی اراضی آبیاری را فراهم نمی‌آورند. آنها هم‌چنین در برگیرنده اراضی با محصولات دایمی (قهوه، مرکبات) بوده که از واکنش‌های طیفی مشابه آنها با محصولات آبی در دوره کمبود آبی ناشی می‌شود. مسئله دیگری که مطرح شد وجود چغندرقند یکرنگ بود که امکان تمایز اراضی آبی و غیرآبی را فراهم نمی‌نمود. بالاخره مؤلفین نتیجه‌گیری نمودند که روش واحد قابل کاربرد در شناسایی مناطق آبیاری همه جا به خاطر خصوصیات محلی خاک، اقلیم، پستی و بلندی و کاربری اراضی وجود ندارد. با این وضع لازم است که روش‌های ویژه را در هر شرایط زیست محیطی تطبیق داد.

ارزیابی سیستم برآورد مناطق آبیاری در مناطق حاره از طریق تصاویر لندست TM

(1986) Chen, S.C.; Novo, E.M.L.M.; Pinto, S.A.F.; Valério, M.; Rosa, R. Gramado - RS, IV Simp. Bras. Sens. Rem., Vol 1.

محققین اشاره می‌کنند شناسایی اراضی آبیاری در مناطق نیمه خشک به خاطر وجود پوشش زنده گیاهی (Biomass) در مناطق آبیاری آسان شده و برعکس در مناطق فاقد پوشش گیاهی این امر در شرایط اقلیمی حاره‌ای مشکل‌تر می‌باشد. منطقه مطالعه شده مثالی از این مشکل بوده و علت آن است که این‌گونه مناطق دارای مزارع کوچک بوده و محصولات متنوع مزرعه‌ای در طول دوره کمبود آبی و در پستی و بلندی کوهستانی وجود دارند. روشی که مورد پذیرش قرار گرفته عبارت است از مقایسه دو روش در برآورد مناطق آبیاری: توسعه مستقیم مدل با استفاده از تنها اطلاعات جمع‌آوری شده صحرایی در قطعه نمونه و برآورد نسبت یا همبستگی ترکیبی اطلاعات صحرایی و داده‌های سنجش از دور در قطعه نمونه. به عنوان نتیجه آنها یک کاهش ۹۴/۰۲ درصد را در واریانس برآورد

شده اراضی آبیاری در رابطه با برآورد توسعه مستقیم در نمونه نظیر تا ۱۰/۲۰ درصد جمعیت وقتی مدل برآورد با همبستگی را به‌کار می‌بردند به دست آوردند.

استفاده از داده‌های لندست TM در تهیه نقشه مناطق کشاورزی آبی در نواحی نیمه خشک

(1989) Pinto, S.A.F.; Valério, M.; Ferrante, J.E.T. Barioloche - Agrentina no IV Simp. Lation - Americano Percen, Rem. Vol 1.

هدف این مقاله شناسایی، ثبت و تهیه نقشه اراضی کشاورزی آبی با استفاده از داده‌های TM بود. منطقه مورد مطالعه در ناحیه نیمه خشک شمال غربی آرژانتین در حوضه رودخانه سائو فرانسیسکو قرار گرفته است. محصولات رقومی و خطی با ملحوظ نمودن روش‌های زمانی و طیفی گذر مداری انتخاب گردیدند. در تفسیر چشمی ترانسپارانسی‌های رنگی با ترکیبات زیر مورد استفاده قرار گرفتند: TM4R, TM3G, TM2B. کار رقومی انجام شده شامل افزایش وضوح خطی تقابل (Contrast) در باندهای TM4R, TM3G, TM7B که الگوی بهتری از تقابل جهت شناسایی اراضی آبی است بود. نتیجه نهایی نقشه‌ای است که مشخص‌کننده اراضی آبیاری شده در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ می‌باشد. روش ارزیابی Ginevan از طریق کنترل اطلاعات صحرایی جهت تصحیح دقت درون‌یابی (interporetation) تصویر انجام گردید. دقت تهیه این نقشه حدود ۹۳درصد و در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است که کارآیی این درون‌یابی را اثبات می‌نماید. درنهایت فرض گردید که روش تحقیقی به‌کار رفته کافی بوده و داده‌های سنجش از دور حتی با وجود بعضی محدودیت‌های موضعی نظیر مداخله انسان، نبود تقویم زراعی به خوبی تعریف شده، کوچک بودن قطعات مسایلی مثل میزان تفکیک مکانی و شرایط محیطی (ابرها)، اطلاعات کافی جهت ثبت اراضی آبیاری در اختیار می‌گذارد.

تعیین و ثبت اراضی آبیاری با استفاده از تصاویر SPOT-HRV

(1991) Mello, A.F.; Silva, P.A.; Verdin, J.P.; Cavalcanti, C.A.B; Galvao, W.S. Serra Negra - Sp. I Encontro Usuários Spot.

این کار یک پروژه تکمیلی در تحقیق پروژه قبلی با تصاویر TM می‌باشد. پروژه قبل نشان داد که برخی محدودیت‌ها در رابطه با میزان تفکیک مکانی (۳۰ متر) و تناوب زمانی تصاویر بدون ابر در محصولات با دوره کوتاه رشد وجود دارد. هدف محققین یافتن پتانسیل و برتری‌های تصاویر HRV - SPOT 1 و توسعه یک روش در شناسایی و ثبت مناطق آبیاری، قطعات بسیار کوچک و تمایز محصولات در مراحل مختلف رشد بود. آنها فنون پردازش رقومی تصویر را پذیرفته و رادیومتری صحرایی را در برآورد آب مصرفی محصولات آبیاری مورد استفاده قرار دادند. آنها هم‌چنین فن‌آوری پردازش زمینی (geoprocessing) را با استفاده از GIS PC ARC/INFO عملی نموده و به عنوان یک ابزار کمکی در ترکیب اطلاعات جدولی و مکانی در بهنگام نمودن نقشه‌های موضوعی و توپوگرافیک به‌کار بردند. منطقه‌در ایالت Verde Grande River region-Minas Gerais واقع شده و شامل حدود ۵۰۰۰۰ هکتار در پلی‌گن‌های خشک که نیاز افزاینده‌ای به آب جهت آبیاری دارد می‌گردد. اگر نتایج مثبت باشد این روش با همان هدف در مناطق دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. داده‌های مداری مورد استفاده تصاویر HRV - SPOT 1 (3/7/88) در باندهای XS3, XS2, XS1 تصاویر خطی و ترانسپارانسی‌های XS3-R, XS2-G, XS1B و تصاویر TM لندست (26/8/90) در باندهای TM5-G, TM4-R, TM3-B بودند. رادیومتر دستی مورد استفاده EXOTECH مدل BX 1000 با چهار کانال سازگار با داده‌های تصویری بود. به منظور تعیین بهتر هدف‌های جالب فنون پردازش رقومی آشکارسازی زیر در HRV - SPOT 1 و TM لندست به‌کار برده شد: تقویت تقابل خطی، انتقال به وسیله Main Components، انتقال به وسیله تحلیل Canonic، انتقال به وسیله Bands Decorrelation، انتقال به وسیله IHS/RGB و شاخص پوشش گیاهی با اختلافهای نرمال. نتیجه‌گیری شد که اهداف به ویژه در رابطه با تصاویر HRV - SPOT1 جهت تعیین کاربری خاک و عمدتاً مناطق

آبیاری کاملاً تحقق یافتند. آنها هم‌چنین اهمیت پردازش رقومی به وسیله SITIM - 150 که نشان داد ترکیب رنگ تصاویری XS3-R, XS2-G, HRV-SPOT, XS1-B که با S3-R, XS2-G, IHS/RGB[XS1-S(B)] و آنهایی که به وسیله decorrelation [XS3-3D(R), XS1-1D(B), XS2-2D(G)] افزایش وضوح یافته‌اند طیف مشخص‌تر و الگوهای مکانی بهتری ارائه می‌دهند. از طرف دیگر ترکیبات Main Components و تصاویر Canonic Components یک تقابل طیفی پایینی نشان می‌دهند. تصاویر لندست TM که از SITIM-150 گرفته شده‌اند مشابه HRV - SPOT1 می‌باشند.

خصوصیات طیفی خاک‌های شورشده در Assuncao Island - Pernambuco براساس داده‌های لندست TM

(1992) Lobo, F.L.L. Campina Grande - Pb - UFPb. Dissert. Mestrado. Vol 1.

منطقه مورد مطالعه در شمال شرقی برزیل قرار گرفته و به خاطر وجود نمک در خاک‌هایش که عامل محدودکننده‌ای در تولید محصول کشاورزی در منطقه است انتخاب گردیده است. هدف از مطالعه توسعه روش بنیانی در مشخص نمودن خاک‌های شور شده به وسیله روش‌های زمینی و سنجش از دور است. تصاویر بر مبنای معیارهای زمانی و طیفی در دو زمان مختلف مورد مطالعه یعنی فصول بارانی و غیربارانی انتخاب شده‌اند. در این مطالعه باندهای ۱، ۲ و ۳ (مرئی)، ۴ و ۵ (مادون قرمز انعکاسی) و ۶ (مادون قرمز حرارتی) TM لندست مورد استفاده قرار گرفتند تا یک ترکیب بهتر در تشخیص خاک‌های شور به دست آید. در کار صحرایی مناطق بحرانی جهت معرفی خاک‌ها از طریق تحلیل نمونه‌ای از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی انتخاب گردیدند. هم‌چنین اندازه‌گیری‌های درجه حرارت و انعکاس با استفاده از یک دماسنج مادون قرمز و یک رادیومتر (Simulator SPOT) انجام شد. در پردازش رقومی تصاویر سیستم SITIM - 150 جهت افزایش کیفیت و الگوریتم‌های اتوماتیک در طبقه‌بندی کُمی مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج اصولی این کار مشخص نمود که دوره غیربارانی در مشخص‌نمودن خاک‌های شور به خاطر تشخیص آسانتر آنها در تصاویر مناسب‌ترند. باندهای ۳ و ۵ TM (دوره بارانی)، ۲ و ۵ TM (دوره غیربارانی) در تشخیص وجود خاک‌های شور مناسب‌ترین می‌باشند. از طرف دیگر رابطه بین درجه حرارت باند مادون قرمز در کار صحرایی و سطح خاکستری باند TMG مشخص می‌شود. اما هیچ سازگاری بین انعکاس رادیومترهای شبیه‌سازی SPOT و TM و داده‌های تصویر وجود نداشت. مؤلف کاربرد سنجش از دور را به عنوان یک گزینه ارزان قیمت، سریع و دقیق در تشخیص خاک‌های شور نتیجه می‌گیرد.

تهیه نقشه خطر شوری در حوضه رودخانه Sao Francisco

(1991) Silva, P.A.; Batista, M.J.; Siqueria, F.B.; Coelho, E.J.P.; Verdin, J.P.Natal - RN. IX Cong. Nac. Irrig. Dern., Vol 1

این کار یک مدل سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) را در مشخص نمودن مناطق حوضه رودخانه Sáo Francisco با یک خطر نسبی شوری خاک ناشی از آبیاری ارائه می‌دهد. هرچند که فن به‌کار رفته در این تحقیق از سنجش از دور استفاده نکرده با این وجود این کار از سهم مهمی در نشان‌دادن ضرورت ترکیب اطلاعات به منظور تعیین نقشه خطرات شوری که اهمیت خیلی زیادی در برنامه‌ریزی و مدیریت آبیاری دارد، برخوردار است. هدف این کار استفاده از ظرفیت مدل‌سازی GIS در توسعه فعال یک مدل تجربی است که عرضه‌کننده یک نقشه منطقه‌ای از مناطق مخاطره‌آمیز در مقیاس ۱۰۰۰۰۰۰ : ۱ می‌باشد. بر طبق نظر مؤلفین به خاطر تأثیر متقابل عوامل متعدد روند توسعه شوری خاک با استفاده از نرم‌افزار PC ARC/INFO که منطقه را به پنج طبقه تقسیم می‌کند، صورت گرفته است. در تهیه مدل، داده‌های بارندگی و تبخیر و تعرق و کیفیت آب آبیاری و هم‌چنین داده‌های مربوط به طبقه‌بندی خاک‌ها برای آبیاری مورد استفاده قرار گرفتند. مؤلفین نتیجه گرفتند که نتایج به دست آمده خیلی مثبت می‌باشند. آنها توصیه می‌کنند که برای یک مطالعه کاملتر اطلاعات بیشتری نظیر عمق آب زیرزمینی، کیفیت آب، سیستم آبیاری و راندمان آب مصرفی بایستی مورد ملاحظه قرار گیرد. این اطلاعات هم‌چنین

می‌تواند با داده‌های طیفی تصویری تکمیل گردد.

ملاحظات نهایی

تحلیل کارهای انجام شده خلاصه‌ای از کاربرد سنجش از دور در آبیاری، زهکشی و شوری در برزیل می‌باشد. این کارها به منظور آزمودن کارآیی و اقتصادی بودن آنها در مقایسه با روش‌های مرسوم توسعه، مورد تحقیق قرار گرفتند. بعضی ملاحظات و توصیه‌های به دست آمده در این تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

☐ تصاویر فضایی امروزه به خاطر خصوصیات طیفی، مکانی و تفکیک زمانی آنها مهم‌ترین منبع اطلاعات از راه دور می‌باشند.

☐ تنوع ترکیب باندها و کانال‌ها ترکیب چند طیفی را ممکن می‌سازد. آنها تصاویر را واضح نموده و تفسیر آنها را ساده می‌کنند.

☐ کاربرد ترکیبات رنگ تصاویر نظیر و تصاویر IHS/RGB نشان می‌دهد که اینها کامل‌ترین محصولات مرئی در شناسایی مناطق آبیاری و کاربری اراضی می‌باشند.

☐ در ارتباط با روش‌های متداول، سنجش از دور گزینه مناسبی است که نه فقط کار تفسیری را تسهیل می‌نماید بلکه هم‌چنین به برنامه بررسی‌های صحرایی کمک نموده، در زمان صرفه‌جویی نموده، پروژه‌های بزرگ را دقیق‌تر بهنگام‌تر و ارزان‌تر می‌نماید.

☐ نتایج ارائه شده ثابت نمود که استفاده از داده‌های TM و SPOT در شناسایی و برآورد نیاز آبی در مناطق آبیاری و استفاده چند منظوره از آب از قبل امکان مدیریت مطلوب را فراهم می‌نماید.

☐ کاربردهای سنجش از دور همیشه در تحقیقات خاک، آب و محیط زیست است اما هم‌چنین می‌تواند در تعیین تولید کشاورزی، محصولات جنگلی در مناطق آبیاری، توسعه شهری و غیره مورد استفاده قرار گیرد.

☐ در رابطه با شناسایی و تهیه نقشه خاک‌های شور شده حتی با کار اندکی در منطقه مورد مطالعه، سنجش از دور ثابت نمود که مفید بوده و خصوصاً در شناسایی پیشاپیش این خاک‌ها مؤثر است. در این صورت امکان جلوگیری‌کردن و یا حتی روش‌های

اصلاح‌کننده در حل این مسایل مطرح می‌گردد.

☐ شناسایی پستی‌ها، بلندی‌ها، اراضی باتلاقی و مسطح و معیارهای دیگر در مقیاس مناسب می‌تواند در تعیین مناطق مشکوک به شوری مفید واقع شود.

☐ وجود محصولات تک کشتی (چغندرقند) و محصولات دائمی کشاورزی در اراضی خیلی کوچک و نبود یک تقویم زراعی مشخص، هم‌چنین شرایط و محدودیت تفکیک مکانی عمدتاً در تصاویر TM محدودیت‌ها و پیچیدگیهایی است که در رابطه با شناسایی برخی اراضی آبیاری وجود دارد.

☐ تصاویر SPOT با خصوصیات مکانی، طیفی و زمانی‌شان که در کار صحرایی مورد آزمایش قرار گرفتند براین مشکلات غلبه نموده و در رابطه با شناسایی اراضی آبیاری و کاربری اراضی و هم‌چنین در بهنگام نمودن نقشه‌های توپوگرافیک و موضوعی توصیه می‌گردند.

☐ در مناطق مورد آزمایش قبل از آنکه روش‌ها در مناطق بزرگتر به‌کار برده شوند و از آنجا که فقط یک روش در تمامی مناطق قابل کاربرد نیست و به خاطر ویژگی‌های محیطی و فیزیکی هر منطقه، روش‌ها بایستی تعدیل شود.

بر اساس توضیحات فوق نتیجه گرفته می‌شود که ترکیب فنون سنجش از دور، پردازش زمینی، کارتوگرافی رقومی و خطی شناسایی و آماربرداری از کاربری اراضی، گسترش و اساساً تعیین اراضی آبیاری، زهکشی و شوری را تسهیل می‌نماید. این امر در شمال شرقی برزیل که اقلیم نیمه‌خشک دارد و توسعه مناطق آبیاری وقوع چنین مسایلی را تسهیل می‌نماید خیلی مهم است.

بالاخره امید است که ادامه مطالعات در این زمینه و پیشرفت سنجش از دور، امکان توسعه روش‌های بهتر را در تهیه نقشه و عرضه قابل اطمینان‌تر اطلاعات فضایی را به منظور کمک به روند شناسایی و کنترل تخریب محیط زیست فراهم نماید.

تشخیص شوری در مکزیکو

مکزیکو در قاره آمریکا و در منطقه حاره رأس السرطان واقع شده و مساحت آن ۲ میلیون کیلومتر مربع است. سازندهای مختلف زمین‌شناسی بر وسعت محیط‌های متضاد آن تأثیر می‌گذارند. به دلیل موقعیت جغرافیایی، پدیده‌های آب و هوایی منجر به بارندگی شدید همراه با ارتفاع بالای آب در رودخانه‌ها و سیل‌ها و خشکسالی‌های طولانی حادث می‌گردد.

براساس توزیع مکانی بارندگی و درجه حرارت، ۳۱درصد اراضی به عنوان صحراها و مناطق خشک، ۳۶درصد به عنوان نیمه خشک و ۳۳درصد به عنوان نیمه مرطوب و مرطوب طبقه‌بندی می‌شوند. متوسط بارندگی ۷۸۰ میلی‌متر است که از اواسط جولای تا اواسط نوامبر می‌بارد.

تقریباً ۱۵ میلیون هکتار از اراضی دارای پتانسیل بالا و ۲۶ میلیون هکتار نیز از پتانسیل مطلوبی برای کشاورزی برخوردارند. اگر رابطه بین آب موجود و ظرفیت تولید خاک در نظر گرفته شود، ۳۲ میلیون هکتار بایستی به کشاورزی اختصاص یابند که فقط ۲۰ میلیون هکتار از آن زیر کشت قرار دارند. شش میلیون هکتار تحت آبیاری بوده و بقیه به صورت دیم می‌باشند (CNA, 1990).

اراضی آبیاری به واحدها و بخش‌ها تقسیم شده که پرمحصول‌ترین مناطق کشاورزی هستند (۲/۳ برابر کشاورزی دیم). شوری به عنوان یک مسئله جدی در نظر گرفته شده و خصوصاً ۲ تا ۳ میلیون هکتار (۳۰درصد اراضی دایر) تا حدی تحت تأثیر این امر قرار دارند (Fernandez, 1990).

شناسایی اراضی تحت تأثیر نمک در بخش‌های آبیاری وظیفه تکنسین‌های کمیسیون ملی آب (CNA) است. مأموریت‌های صحرایی جهت بازرسی خاک‌ها و محصولات و گرفتن نمونه‌های خاک جهت تحلیل آزمایشگاهی انجام می‌شود. آزمایش‌های خاک شامل هدایت الکتریکی (EC) و درصد سدیم قابل تبادل (ESP) است. نقشه نتایج با ملحوظ نمودن شوری آشکار و شوری تحلیل شده و طبقه‌بندی شوری و درصد سدیم تهیه می‌شود (De la Pera).

از آنجا که ادامه این کار با این روش آماربرداری بیش از این امکان‌پذیر نمی‌باشد، مؤسسه مکزیکی فن‌آوری آب (IMTA) مشغول کار شناسایی، ارزیابی و پذیرش نوعی فن‌آوری است که بتواند خاک‌های تحت تأثیر شوری را شناسایی و احیا نموده و مانند دیگر کشورها توسعه فن‌آوری محلی را حتی‌المقدور عملی نماید.

سنسورهای هدایت الکتریکی

سنسورهای القایی الکترومغناطیسی

ابزار قابل حمل دستی Geonics EM - 38 هدایت الکتریکی را در مناطقی که آب موجود در خاک بیش از ۸۰درصد است اندازه‌گیری می‌نماید. دستگاه یک میدان الکترومغناطیسی را در ناحیه‌ای به عمق ۹۰ سانتی‌متر و قطر ۳ متر ایجاد می‌کند. جریانهای مدور حلقه‌ای ایجاد شده در صحرا متناسب با هدایت الکتریکی خاک می‌باشند. یک میدان الکترومغناطیسی ثانویه در بالای زمین ایجاد می‌شود که قابل اندازه‌گیری بوده و به واحدهای وزنی عمق هدایت الکتریکی خاک تبدیل شده و درنهایت به صورت شوری خاک مشخص می‌شوند (Becker, Senft, 1992).

Geonics EM - 38 جهت تعیین و ثبت شوری خاک در نواحی بزرگ که اندازه‌گیری‌ها توأم با بازرسی چشمی انجام می‌شود طراحی گردید. هرچند که این دستگاه دهها سال است که مورد استفاده قرار می‌گیرد، تجربه صحرایی محدود بوده و امتیازات و محدودیت‌ها به میزان زیادی نامشخص می‌باشند (Rhoads, 1982).

سنسورهای ۴- الکترودی هدایت الکتریکی

این سیستم مقاومت جریان الکتریکی بین دو جفت از الکترودها را که در خاک قرار گرفته‌اند اندازه‌گیری می‌نماید. دستگاه قابل دسترس تجاری شامل یک مته، واحد اندازه‌گیری منبع و الکترودهای متصل به یک دستگاه جدولی است. دستگاه هدایت الکتریکی را در فواصل عمق ۱۵ سانتی‌متر تا حداکثر ۱/۲ متر اندازه‌گیری می‌نماید. خاک

مورد آزمایش بایستی دارای حداقل ۸۰درصد رطوبت باشد (جدول ۱). اندازه‌گیری‌ها در حجم تقریبی ۲۳۵۰ سانتی‌متر مکعب انجام می‌شود (Rhoades, 1982). برای استفاده از سنسور تمهیداتی بایستی صورت گیرد که حدوداً ۱۵ دقیقه زمان لازم است که روش را کندتر از دستگاه EM - 38 می‌نماید.

هدایت‌سنج اندازه‌گیری خاک اشباع

دستگاهی که در IMTA آزمایش گردید GLA مدل M - 31 بود. اجزاء آن عبارتند از یک اهم متر، محلول استاندارد، یک سرنگ ۶۰ سی‌سی خلا، یک قیف فلزی ۲/۵، یک بطری شستشو، ظرف‌های پلاستیکی مخلوط نمونه و یک شارژر باطری. برای تعیین هدایت الکتریکی نمونه خاک، دستگاه به درجه حرارت بهره‌برداری ($25^{\circ}c$) رسانده می‌شود. یکی از سه مقیاس، ۲/۵ - ۰/۰۱، ۰/۱-۲۵/۵ و ۱-۲۵۰ دسی‌متر بر متر (ds/m) انتخاب و خواندن نمونه انجام می‌شود. غالب نمونه‌ها در مقیاس ثانیه قرار می‌گیرند. فقط نمونه‌های گرفته شده در مناطق شوری کم در قسمت ۰/۰۱-۲/۵ds/m قرار می‌گیرند.

دستگاه آزمایش هدایت الکتریکی ماشینی متحرک

دستگاه اتوماتیکی که شوری را در situ اندازه‌گیری می‌کند تهیه شده است. معمول‌ترین سیستم‌های مورد استفاده سنسور چهار الکترودی ثابت و سنسور انتشار الکترومغناطیسی می‌باشند (Rhoades, 1992).

چهار الکترود سنسور به منظور استفاده روی یک تیر متصل به تراکتور کشاورزی ساخته شده‌اند. تراکتور مجهز به یک گیرنده سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) و یک وسیله ورود داده‌ها (data logger) می‌باشد. علامت‌هایی که به وسیله ماهواره فرستاده می‌شود موقعیت جغرافیایی محلی را که تعیین شوری در آن صورت می‌گیرد مشخص می‌نماید. داده‌های تجربه شده به صورت اتوماتیک ذخیره شده و بعداً مورد استفاده منحنی‌های هم - شوری که به وسیله کامپیومتر ترسیم می‌شود قرار می‌گیرد. سیستم

امکان تعیین شوری در عمق‌های متفاوت را دارا می‌باشد.

یک دستگاه ماشینی دیگر که اخیراً ساخته شده "Spider" است. یک انتشاردهنده مغناطیسی روی یک وسیله نقلیه قرار گرفته و قادر است شوری را در اعماق مختلف یا در فواصل زمانی مختلف اندازه‌گیری کند. با استفاده از انتخاب فواصل زمانی قرائت‌ها در اعماق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰، ۹۰-۶۰، ۱۲۰-۹۰ سانتی‌متری صورت می‌گیرد. دستگاه شامل یک گیرنده GPS و وسیله ورود داده‌ها برای قرائت‌های موقعیت جغرافیایی و شوری است. داده‌های ذخیره شده توسط کامپیوتر به منحنی‌های هم - شوری در چهار عمق مختلف تبدیل می‌شود. این دستگاه در برنامه‌های محدود آزمایشی در ایالات متحده آمریکا مورد استفاده قرار گرفته و از نظر تجاری قابل دسترس نمی‌باشد. اما نتایج دقیق بوده و مقدار متوسط را در هر اندازه از منطقه به دست می‌دهد. کاربردها شامل تمامی بخش‌های آبیاری یا قطعات منفرد می‌گردد. روزانه به طور متوسط ۱۰۰ هکتار می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد.

جدول ۱- خصوصیات دستگاه‌های قابل حمل

روش	امتیازات و محدودیت‌ها
سنسور ۴ الکترودی	- رطوبت خاک ۸۰ درصد یا بیشتر - احتیاط مخصوص در خاک‌های سنگین - ۵۰ درصد کارآیی - ارزش ۲۶۰۰ دلار آمریکا - کاربرد در عمق متغیر
انتشار الکترومغناطیسی	- رطوبت خاک ۸۰ درصد یا بیشتر - تداخل با فلزات - عملکرد فقط در یک عمق - ۹۵ درصد کارآیی - ارزش ۳۵۰۰ دلار آمریکا
روش برداشت از خاک اشباع	- کاربرد مشکل در خاک رسی - هدایت الکتریکی خاک را تعیین می‌کند - هدایت الکتریکی و RAS را اندازه‌گیری می‌کند - ارزش ۸۶۰ دلار آمریکا

سنجش از دور

وجود نمک‌ها در منطقه ریشه گیاهان می‌تواند از راه‌های مختلف نظیر رشد کم، کاهش تولید کلروفیل و کاهش پوشش گیاهی و غیره بیان گردد. این اختلافات در ارتباط با مشاهدات انجام شده توسط USDA - ARS با استفاده از عکس‌های مادون قرمز رقومی شده، ویدئوگراف‌های چندطیفی هوایی [مادون قرمز نزدیک (NIR)، قرمز مرئی (قرمز) و زرد- سبز (YG)] و تصاویر SPOT - HRV که در زمان نزدیک درو در مزارع تحت تأثیر نمک قرار گرفته، مشخص می‌گردد. (Wiegand و همکاران، 1992a,b).

مطالعات USDA - ARS به طور وسیعی تجربی بوده و در قطعات ۱۵ تا ۶۰ هکتاری به منظور نشان‌دادن وجود همبستگی بین عوامل مؤثر در رشد مانند شوری خاک، شاخص‌های پوشش گیاهی و مقادیر انعکاس طبیعی که به وسیله دستگاه‌های سنجش از دور ثبت شده و قبلاً ذکر گردید، می‌باشند.

روش دنبال شده توسط USDA - ARS در مطالعات آنها چنین می‌باشد:

☐ انتخاب چشمی مناطق کشاورزی تحت تأثیر شوری.

☐ گرفتن تصاویر چند طیفی مادون قرمز (عکس‌ها، ویدئوگراف‌ها یا تصاویر ماهواره).

☐ نمونه‌گیری زیاد از مناطق تحت تأثیر شوری انجام می‌گیرد. پارامترهای ارزیابی شده شامل هدایت الکتریکی (EC) در سه عمق (۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متر)، ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، تعداد میزان تفکیک سنسور تعیین می‌شود.

☐ تصویر شاخص نرمال اختلاف پوشش گیاهی (NDVI) تهیه می‌شود تا ارتباط شرایط گیاه را نشان دهد. $NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED)$

☐ محل‌های نمونه‌گیری روی تصویر مشخص شده و شمارشهای رقومی (DC) برای هر باند طیفی و تصویر NDVI استخراج می‌شود.

☐ اطلاعات محل‌های نمونه‌گیری جهت اثبات مشاهدات طیفی و انتخاب یک عمق واحد نمونه‌گیری برای مقادیر ساده (Wiegand و همکاران، 1992a,b) یا محاسبه مقادیر وزنی از معادله زیر به دست می‌آید:

$$WEC = 0.5EC1 + 0.4EC2 + 0.1EC3$$

که در آن :

WEC = هدایت الکتریکی وزنی

EC1 = هدایت الکتریکی نمونه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر

EC2 = هدایت الکتریکی نمونه در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متر

EC3 = هدایت الکتریکی نمونه در عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متر

☐ تحلیل همبستگی چند متغیره با استفاده از مقادیر هدایت الکتریکی و مشاهدات طیفی جهت برآورد هدایت الکتریکی در هر پیکسل مزرعه بر مبنای محل‌های نمونه‌گیری انجام می‌گیرد.

$$EWEC = a_0 + a_1NIR + a_2Red + a_3Grn$$

که در آن :

EWEC = هدایت الکتریکی وزنی برآورد شده

NIR = شمارش رقومی باند مادون قرمز نزدیک

Red = شمارش رقومی باند قرمز

Grn = شمارش رقومی باند سبز

a_0,a_1,a_2,a_3 = ضرائب رگرسیون

☐ قسمت‌هایی از مزرعه که تحت تأثیر نمک قرار دارند به وسیله برش قسمت‌هایی از تصویر با استفاده از تقسیمات داخلی به عنوان مشخصه‌ها انتخاب می‌گردند.

☐ طبقه‌بندی غیرنظارت شده این تصاویر کوچک‌تر که در آن تعداد بیشتری از طبقه‌بندی‌های پوشش گیاهی وجود دارد انجام می‌گیرد.

☐ برآوردها از متوسط شوری در هر طبقه‌بندی طیفی بر مبنای معادله رگرسیون و با درنظر گرفتن متوسط مقادیر رقومی هر طبقه انجام می‌شود.

☐ دامنه تغییرات طبقه‌بندیهای شوری بر مبنای متوسط مقادیر شوری برآورد شده در هر طبقه‌بندی طیفی و گیاه تحت مطالعه تعیین می‌گردد.

☐ تصویر شوری با استفاده از معادله رگرسیون و طبقه‌بندی ایجاد شده شوری تهیه می‌شود.

IMTA اخیراً به صورت مشترک با USDA - ARS جهت کاربرد این روش تجربی در

تمامی یک بخش آبیاری در مکزیکوشمالی (بخش آبیاری El Carrizo Sonora) با استفاده از TM کار می‌کند. تعدیلات متعدد در روش بر مبنای فرضیات زیر برنامه‌ریزی شده است.

اثرات شوری بر رشد گیاه می‌تواند با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بر مبنای تغییرات در انعکاس طیفی و توزیع مکانی که امکان کاربرد طبقه‌بندی تقاطعی بین غلظت نمک‌های مشاهده شده در محدوده‌های کوچک نمونه در مزرعه و واکنش طیفی گیاه را فراهم می‌آورد تفسیر شود.

شرایط متعدد اولیه‌ای که باید تأمین شود تا تعدیل لازم در این روش انجام گیرد عبارتنداز:

☐ اراضی تحت آبیاری بایستی یک گیاه غالب داشته باشد.

☐ این گیاه بایستی حداقل مقداری مقاومت نسبت به نمک‌های خاک داشته و رفتار گیاه نسبت به سطوح مختلف نمک معلوم باشد. این امر به منظور برآورد افزایش تغییرات ثانویه نسبت به سطوح متفاوت نمک صورت می‌گیرد.

☐ یک تصویر ماهواره از مرحله بالاترین رشد سبزینگی گیاه که زمانی است که گیاه گل می‌دهد گرفته می‌شود.

☐ یک آمار کافی از خاک و اندازه‌گیری‌های پارامترهای فیزیولوژیک از مناطق کوچک نمونه (هریک ۳۰ هکتار) و یا به طور هم‌زمان از عکس‌های هوایی گرفته می‌شود.

☐ مناطق نمونه‌گیری بایستی روی نقشه‌های شوری و ترجیحاً در قسمت‌هایی با بیشترین تغییرات در سطوح نمک مشخص شوند.

☐ یک معادله رگرسیون چند متغیره برای متوسط واقعی شوری و انعکاس طیفی در هر باند (TM ۴،۳،۲) در نقاط نمونه‌گیری در هر منطقه نمونه تهیه شود.

☐ یک طبقه‌بندی غیر نظارت شده از مناطق نمونه‌گیری در تصویر بایستی انجام گیرد که در آن مقولات متعدد غلظت نمک بر مبنای درجه شوری وجود داشته باشد.

☐ با استفاده از مراکز طبقات طیفی در معادلات رگرسیون، فواصل هر طبقه‌بندی شوری بایستی همان‌گونه که به وسیله روش USDA - ARS توصیه شده تعیین گردد.

☐ هریک از باندهای تصویر بایستی به صورت تقاطعی با انواع محصولات روی نقشه در

منطقه مورد مطالعه طبقه‌بندی گردد و قانون «صحیح برای گیاه غالب و غلط برای گیاهان دیگر» رعایت گردد. این امر فقط جهت استخراج مقادیر طیفی مرتبط با گیاه غالب صورت می‌گیرد.

☐ معادلات رگرسیون چند متغیره در باندها برای گیاه غالب و گروه‌بندی درون تغییرات کلاس شوری به‌کار برده می‌شود تا تغییرات مکانی مشخص گردد.

نتایج

۱- روش‌های قابل حمل القا الکترومغناطیسی صرف‌نظر از قیمت و مسایل فنی آن ایده‌آلترین گزینه نسبت به روش‌های نمونه‌گیری سنتی شوری خاک می‌باشند. این روش‌ها هم‌چنین نیاز به آموزش کمتری در کاربرد فوری دارند. این روش‌ها بایستی در مناطق کوچک (۲۰۰۰۰ هکتار) و جایی که شوری به طور واضحی بالا بوده و هزینه مطالعات صحرایی را می‌توان پایین آورد مورد استفاده قرار گیرد. این روش‌ها هم‌چنین به عنوان پشتیبانی روش‌های دیگر غیرمستقیم ارزیابی شوری نظیر تصاویر ماهواره‌ای که داده‌های اساسی را در مناطق نمونه با استفاده از اطلاعات GPS که محل نمونه‌گیری را در تصویر قرار می‌دهد قابل کاربرد هستند.

۲- دستگاه‌های متحرک که روی سکوهای مکانیکی قرار می‌گیرند زمان و هزینه‌های مطالعات صحرایی را پایین می‌آورند و دقت داده‌ها را افزایش می‌دهند. کاربرد رقوم‌گرها زمان آزمایشگاهی را کاهش داده و کارآیی پردازش داده‌ها را از طریق استفاده از GPS و GIS افزایش می‌دهد.

۳- تصاویر ماهواره می‌تواند ابزار مفیدی در شناخت و آماربرداری از شوری در مناطق هم‌اندازه با بخش آبیاری (۱۰۰۰۰۰ هکتار) باشد. کاربرد تجربی انجام شده در مکزیکو در شرایط واقعی یک بخش آبیاری، تطابق‌پذیری سیستم و معرفی معیارهای اولیه را جهت کاربردهای عام بیشتر در بخش‌های دیگر آبیاری نشان می‌دهد.

جدول ۲- مقایسه روش‌های ثبت شوری

خصوصیت	نمونه‌های مستقیم صحرایی	تصویر ماهواره	الکترومغناطیسی القایی متحرک Spider	الکترومغناطیسی القایی قابل حمل (EM - 38)	سنسور ۴ هدایت الکتریکی قابل حمل	سنسور برداشت از خاک اشباع
کاربرد	بخش‌ها و قطعات آبیاری	بخش‌های آبیاری	بخش‌ها و قطعات آبیاری	قطعات منفرد	قطعات منفرد	قطعات منفرد
بهره‌برداری	ساده	پیچیده	پیچیده	ساده	ساده	ساده
دقت	متغیر	متوسط	بالا	متوسط	بالا	بالا
سرعت	پایین	سریع	سریع	متوسط	متوسط	متوسط
تجربه صحرایی	خیلی زیاد	کم	کم	قابل قبول	قابل قبول	قابل قبول
هزینه MexNps/district	۴۹۱۵۸۰	۵۸۲۰۹۰	۷۲۳۵۴۰	۴۰۵۷۹۱	۴۰۵۷۹۱	۴۰۵۷۹۱

منابع

Aceves, N.E. 1979. *El Ensalitramiento de los Suelos Bajo Riego (Identificación, Control, Combate y Adaptación)*. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mexico.

Becker, H. and Sneft D. 1992. Satellites key to new farming aids. *Agricultural Research*. February.

CNA. 1990. CNA Aprovechamiento Integral del Agua. Programas Hidroagrícolas 1990-1994. *Colección Desarrollo Institucional* 4.

De la Peña, I. Undated. Salinidad de los Suelos Agrícolas. Su Origen-Clasificación, Prevención y Recuperación. *Boletín Técnico No. 10*, SARH.

Díaz, L. and Herrero, J. 1992. Salinity estimates in irrigated soils using electromagnetic induction. Soil Science 154 (2).

Fernández, G.R. 1990. Algunas experiencias y proposiciones sobre recuperación de suelos con problemas de sales en México. *Terra* 8(2):226-240.

Makin, I.W. 1986. Applications of Remotely Sensed, Multispectral Data in Monitoring Saline Soils. *Hydraulics Research Technical Note 19*. HRL/IPRI.

Rhoades, J.D. 1982. Principles and Methods of Monitoring Soil Salinity. In: *Methods of Soil Analysis*. A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Kenney (eds.). Agronomy Monograph 9.

Rhoades, J.D. 1992. *Recent Advances in the Methodology for Measuring and Mapping Soil Salinity*. US Salinity Laboratory. International Symposium on Strategies for Utilizing Salt Affected Lands. Bangkok, Thailand, Feb. 17-25, 1992.

Thompson, M.D. 1981. *Landsat Analysis to Identify and Map Saline Dryland Soils in Southern Alberta, Phase II. Final Report*. INTERNA Environmental Consultants, Ltd, Calgary, Alberta, Canada.

Wiegand, C.L., Everitt, J.H. and Richardson, A.J. 1992a. Comparison of multispectral video and SPOT-1 HRV observations for cotton affected by soil salinity. *Int. J. Remote Sensing* 13(8):1511-1525.

Wiegand, C.L., Rhoades, J.D., Everitt, J.H. and Escobar, D.E. 1992b. Comparison of photography, videography and SPOT-1 HRV digital observations for salinity assessment in the San Joaquin Valley of California. In: *Land Reclamation. Advances in Research and Technology*. Proceedings of the International Symposium. December 14-15, 1992. ASAE.

تشخیص، تعیین حدود و کنترل تغییرات عرضه‌های شور در اراضی آبیاری با استفاده از تصاویر TM لندست

هدف

هدف این مطالعه تحلیل از طریق همبستگی بین مقادیر شوری خاک و شاخص‌های انعکاس موجود در تصاویر و روند حرکت شوری و هم‌چنین، استفاده از تصاویر ماهواره در طراحی یک روش در تشخیص و محدودکردن اراضی زیرکشت تحت تأثیر شوری است.

منطقه مورد مطالعه

مشخصه مناطق بزرگ آبیاری آرژانتین افزایش میزان شوری خاک و کاهش قابل ملاحظه ظرفیت تولید است. در Mendoza که منطقه عمده آبیاری کشور می‌باشد، برآوردهای موجود نشان می‌دهد که ۳۱درصد اراضی آبیاری دارای مسایل شوری هستند.

منطقه مورد مطالعه در آبادی‌های شرقی استان Mendoza قرارگرفته و قسمت مرکزی منطقه از نظر جغرافیایی در عرض ۳۳°۵′ جنوبی و طول ۶۰°۳۰′ غربی قرارگرفته است.

روش

نوارهای مغناطیسی لندست TM (CCT - TM) با خصوصیات زیر به منظور تحلیل رقومی تصاویر ماهواره در طول زمانی ۱۹۹۲-۱۹۸۶ (باندهای ۲، ۳، ۴، ۵ در فوریه ۱۹۸۶ و مارس ۱۹۸۸، ۱۹۹۰، ۱۹۹۲) مورد استفاده قرارگرفت.

کارتوگرافی مبنا شامل : (الف) نقشه به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ استان Mendoza، و (ب) نقشه به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه، انتخاب و موقعیت منطقه مورد مطالعه

براساس پوشش گیاهی و مناطق شور محتمل تعیین گردید.

کل تصویر شامل یک مربع به وسعت ۲۶۲۱۴۴ پیکسل، معادل ۲۳۰۰۰ هکتار است در حالیکه منطقه نمونه‌گیری شده در فاصله زمانی ۱۹۸۶/۹۲ شامل حدود ۱۰۰۰ هکتار است که ۴/۳درصد کل منطقه است.

کشاورزان به منظور تشخیص عوامل مختلف مربوط به محصولات (سن، شرایط) و خصوصیات خاک نظیر شوری و بافت مورد پرسش قرار گرفتند.

تحلیل خاک‌ها در مناطق شاهد از طریق جمع‌آوری نمونه‌ها در اعماق ۰/۰۵ - ۰، ۰/۵ - ۰/۰۵ و ۱ - ۰/۵ متر انجام گردید. یکصدو هشتاد و پنج نمونه جهت تعیین بافت و میزان شوری جمع‌آوری شد.

بافت با روش حجم رسوبگذاری و میزان شوری به وسیله هدایت الکتریکی خاک اشباع تعیین و به صورت دسی‌متر در متر (ds/m) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- همبستگی بین مقادیر شاخص KT، شرایط شوری و محصول و خاک

شرایط خاک و محصول	مقدار KT	EC ds/m
خاک با مقادیر مختلف رطوبت	< ۱۰۰	
موهای کم بازده:	۶-۷/۹	
تاکستان با محصول کم	۱۰۰-۱۱۹	۶-۷/۹
مزارع شخم خورده (بدون پوشش)	۱۲۰-۱۲۹	
موهای دارای بازدهی متوسط:		
تاکستان با محصول متوسط	۱۳۰-۱۳۹	۴-۵/۹
خاک Cespitose		
مو و تاکستان‌های پرمحصول یا بدون Cespitose یا نه	۱۴۰-۱۴۹	
موهای پرمحصول :		
درختکاری خیلی خوب	۱۵۰-۱۵۹	۲-۳/۹
خاک‌های شخم‌خورده یا نخورده با پوشش زمینی ناچیز	۱۶۰-۱۶۹	۸-۱۶
خاک با پوشش زمینی خیلی کم	۱۷۰-۱۹۰	
اراضی لم‌یزرع	> ۱۹۰	> ۱۶

جدول ۲- طبقه‌بندی نهایی

طبقه	مقدار KT	EC dsm^{-1}
خیلی شور، زمین بدون پوشش	> ۱۸۰	> ۱۲
شور، زمین با پوشش جزیی	۱۶۰-۱۸۰	۸-۱۲
نسبتاً شور، پوشش زمین خوب	۱۱۰-۱۱۹	۶-۷/۹
قدری شور، پوشش زمین خوب	۱۲۰-۱۳۹	۴-۵/۹
غیرشور، پوشش زمین خیلی خوب	۱۴۰-۲۵۰	۴>
مقادیر مختلف شوری	< ۱۰۰	
آب در روی سطح	< ۲۰	

در جریان پردازش تصویر (ارتباط باندها)، زیر تصویرهای مختلف تهیه شدند. در مقایسه با نتایج صحرایی شاخص Kauth Thomay (KT) با باندهای ۳ و ۵ یک همبستگی بهتری نشان داد.

اولین طبقه‌بندی از طریق همبستگی پوشش گیاهی با شاخص KT گرفته شد، پس از این اولین طبقه‌بندی، و با درنظر گرفتن این واقعیت که این طبقه‌بندی مقولات یا تغییرات خیلی وسیع را شامل می‌گردد، اقداماتی انجام شد تا آن را با متغیر رطوبت (به علت آنکه مطالعه در خاک‌های آبیاری انجام می‌شود) تعدیل شود. در این رابطه یک طبقه‌بندی ثانوی انجام شد.

پس از همبستگی شاخص KT، مقادیر شوری خاک و پوشش گیاهی هریک از محصولات اصلی، یک طبقه‌بندی سومی انجام شد (جدول ۱ را ببینید). به منظور تصحیح و تعدیل این طبقه‌بندی اولیه، نمونه‌های خاک جهت تعیین هدایت الکتریکی و بافت آنها تحلیل گردیدند. این امر امکان به دست آوردن یک طبقه‌بندی نهایی (جدول ۲) را فراهم می‌آورد. تعدیلات به وسیله گروه‌بندی مقادیر شاخص KT در هر طبقه و حدود نظیر سطوح شوری خاک انجام گرفت.

از آنجا که منطقه مورد مطالعه با محصولات متنوع مشخص می‌گردد، شاخص‌های KT و سطوح شوری خاک با هریک از محصولات اصلی با ملحوظ نمودن مرحله رشد آنها همبستگی داده شد.

تحلیل چند زمانی داده‌های جمع‌آوری شده در دوره ۱۹۹۲-۱۹۸۶ از طریق رویهم‌گذاری تصاویر انجام شد. به منظور جلوگیری از تداخل مراکز شهری با کلاس ۱ طبقه‌بندی نهایی، آنها از تصاویر محو گردیدند.

بحث و نتایج

تحلیل تصاویر مختلف نشان می‌دهد که با زیر تصویر Kauth Thomas امکان مشخص‌نمودن شوری‌های مختلف خاک و پوشش گیاهی وجود دارد.

اولین طبقه‌بندی امکان شناخت خاک‌های خیلی شور که جلوی رشد پوشش گیاهی را می‌گیرد فراهم می‌نماید. بررسی‌ها نشان داد که محصول غالب تاکستان (۷۸درصد) است و بعد از آن تاکستان‌های داربستی (۶۸درصد)، تاکستان‌های head-system (۱۰درصد) و درختان میوه، اراضی کشت نشده، جنگل و محصولات جالیزی قرار دارند.

۵۰ درصد نمونه‌های خاک از لایه بالایی (۰ تا ۰/۰۵ متر) مقادیر بیش از ۴ds/m، ۴۴درصد نمونه‌های خاک از لایه دوم است که مقادیر بالاتری داشته و ۳۳درصد نمونه‌ها از لایه آخر یا هم‌چنین لایه‌ای است که مقادیر بالاتری دارند.

سی و سه درصد نمونه‌های خاک از لایه بالایی است که مواد دانه درشت داشته و حال آنکه در نمونه‌های عمقی مواد نسبتاً سنگین قرار دارند.

پنجاه و پنج درصد ۱۰۰۰ هکتار نمونه‌گیری شده تحت تأثیر مسایل شوری هستند.

طبقه‌بندی دوم امکان این استنتاج که مهم‌ترین متغیرها وجود یا عدم وجود رطوبت، پوشش گیاهی خاک و تاجهای نمک در سطح خاک است را فراهم می‌آورد.

از طریق گرفتن همبستگی طبقه‌بندی اول و دوم با مقادیر شوری خاک، هر دو مورد سطحی و عمقی، یک همبستگی بین داده‌های تحلیلی نمونه‌های جمع‌آوری شده در

اعماق ۰/۵-۰/۰۵ متر، چنانکه در طبقه‌بندی سوم نشان داده شده (جدول ۱) ایجاد شده است. یک طبقه‌بندی جدیدی به دست آمده که نشان می‌دهد تا رسیدن به مقدار مشخص KT، شاخص‌ها مستقیماً بستگی به پوشش گیاهی داشته و به طور معکوسی به شوری خاک بستگی دارند.

طبقه‌بندی نهایی در برگیرنده ۷ کلاس براساس مقادیر KT و ۵ کلاس براساس میزان شوری و پوشش گیاهی (جدول ۲) می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهند که یک همبستگی بالایی بین تحلیل رقومی تصاویر، سطوح شوری و درصد پوشش زمین وجود دارد.

جدول ۳- مساحت به هکتار در سال در هر طبقه تصویر

طبقه	۱۹۸۶	۱۹۸۸	۱۹۹۰	۱۹۹۲
۱	۲۳۹۳	۲۸۶۰	۳۳۵۳	۵۹۳۹
۲	۳۸۸۶	۴۱۲۴	۴۴۴۹	۴۹۵۳
۳	۱۶۸۶	۲۲۰۰	۴۰۱۳	۱۳۵۵
۴	۷۳۲۶	۶۲۸۰	۵۸۸۴	۴۷۷۳
۵	۸۱۱۰	۶۸۱۶	۵۹۱۶	۶۱۶۰
۶	۱۴۰	۱۲۳۵	۸۹۲	۲۱۰
۷	۵۰	۷۵	۴۱	۲۰۴

در طبقه‌بندی نهایی، یک تحلیل چند طیفی از منطقه تحت مطالعه از تصاویر تابستان در سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۸۸، ۱۹۹۰ و ۱۹۹۲ بعمل آمد. جدول ۳ نشان می‌دهد که سطوح شوری به میزان ۹۴درصد افزایش یافته است.

مناطق شهری که ۴۵۰ هکتار را شامل می‌شود افزایشی نداشته‌اند. این منطقه بایستی از طبقه ۱ طبقه‌بندی نهایی کسر گردد.

هزینه کل در کیلومتر مربع

کل هزینه پروژه ۹۹۷۰۰ دلار آمریکا می‌باشد که به تفکیک شامل : ۹درصد به تجهیزات کامپیوتری و پردازش تصویری، ۳/۲درصد جهت خرید نوارهای CCT، ۷۲درصد حقوق، ۷/۲۱درصد برای کار صحرایی، ۲/۷درصد برای حمل و نقل و نگهداری ۱/۵درصد برای فعالیت‌های نمونه‌گیری، ۲درصد برای خدمات و ۱/۸درصد برای هزینه‌های جنبی می‌گردد. هزینه در کیلومتر مربع ۴۳۳ و در هکتار ۴/۳۳ دلار آمریکا می‌گردد.

از آنجاکه دیسکت‌های متداول در برگیرنده ۲۲۵ کیلومترمربع می‌باشند لذا لازم نیست که از نوارهای CCT در مناطق کوچک استفاده شود و به علت وقت‌گیری کمتر آنها و کاهش پرسنل مورد نیاز، این هزینه‌ها بایستی در آینده مورد توجه قرار گیرد تا از هزینه کل کسر گردد.

ملاحظات عملیاتی

دستگاه زیر مورد استفاده قرار گرفت: یک کامپیوتر VAX 11/780، پردازشگر تصویر COMTAL، یک آزمایشگاه خاک و یک وسیله نقلیه. اعضاء تیم متخصصینی هستند که از چهار مؤسسه مختلف بوده و خود را وقف تحقیقات محض و کاربردی و تدریس و فعالیت‌های وسیع نموده‌اند. دانش به دست آمده به مهندسین طراح دولتی، سازمان‌های تحقیقات و توسعه، کشاورزان، مجامع و غیره انتقال داده خواهد شد.

نتایج

☐ تصاویر ماهواره‌ای اخذ شده در تابستان به علت آنکه در زمان حداکثر رشد گیاه تهیه می‌شوند ارجحیت دارند. پوشش گیاهی عاملی است که بیشترین تأثیر را در انعکاس گرفته شده توسط سنسورها داشته و بنابراین شناسایی بهتر مناطق شور را عملی

می‌سازد.

☐ معین گردید که بهترین نمونه‌گیری عمق خاک بین ۰۵/۰ تا ۵/۰ متر بوده و در این عمق همبستگی بالاتری بین پوشش زمین، سطوح شوری و شاخص‌های به دست آمده وجود دارد.

☐ طبقه‌بندی نهایی با پنج سطح شوری و ۵ پوشش زمینی (درصد) به دست آمد.

☐ امکان مشخص‌نمودن رطوبت در خاک و آب روی سطح (سفره آبی نزدیک سطح خاک) وجود دارد.

☐ از طریق تحلیل چند زمانی داده‌ها، نشان داده شد که در زمان ۱۹۹۲-۱۹۸۶، مقدار ۹۴درصد افزایش شوری وجود دارد. در دوره زمانی ۹۲-۱۹۹۰ مقدار شوری ۳۰درصد افزایش یافت.

☐ یک روش مبتنی بر واکنش طیفی پوشش گیاهی به منظور تشخیص و حد مناطق شور در خاک‌های آبیاری شده به‌کار برده شد.

مأخذ

Ajai, D.S. *et al.* 1983. Spectral assessment of leaf area index, chlorophyll content and biomass of chickpea. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, American Society of Photogrammetry* XLIX(12): 1721/1727.

Gaviola, S., Mirabile, C., Hudson, R., Roatta, A. and Pippi, E. 1984. *Análisis de imágenes satelitarias para el manejo de los recursos hídricos de la Provincia de Mendoza.* Inédito.

Ibañez, G., Mirabile, C., Masotta, R., Hudson, R. and Morabito, J. 1990. The use of satellite images for saline soil detection and delimitation. In: *Remote Sensing in Evaluation and Management of Irrigation.* M. Menenti (ed.). INCYTH-Staring Centrum. pp.103/114. Mendoza. Argentina.

Leguizamon, S. 1987. *Manual de Procesamiento de imágenes PROCIM.* IIACE. Inédito.

Mirabile, C. 1985. *Mapas y balance salino del área bajo riego del río Tunuyán Medio.* Acta Congreso Nacional del Agua. Mendoza.

Mirabile, C., Hudson, R., Ibañez, G., De Smet, P. and Gaviola, S. 1988. Utilización de imágenes satelitarias para detectar y delimitar áreas salinas. In: *Mecanismos de aprovechamiento hídrico en la Región Andina. Modelos de Simulación e Imágenes Satelitarias*. M. Menenti (ed.). ICW-INCYTH-CRICYT. Mendoza. Argentina.

Somerfeidt, T. *et al*. 1984. Delineation and mapping of soil salinity in Southern Alberta from Landsat Data. *Canadian Journal of Remote Sensing* 10.

ارزیابی شوری براساس استفاده ترکیبی سنجش از دور و GIS

اهداف پروژه

تعیین حدود و امکانات سنجش از دور ماهواره‌ای در یک بخش آبیاری به منظور :

☐ تعیین محل و توزیع مناطق تحت تأثیر نمک‌ها.
☐ اندازه‌گیری تخریب خاک و درجه تأثیرپذیری.
☐ تعیین دینامیسم‌های پدیده براساس گذر زمان.
☐ شناسایی مناطق دارنده پتانسیل خطر شوری با استفاده از روش‌های GIS.

منطقه مورد مطالعه و محیط

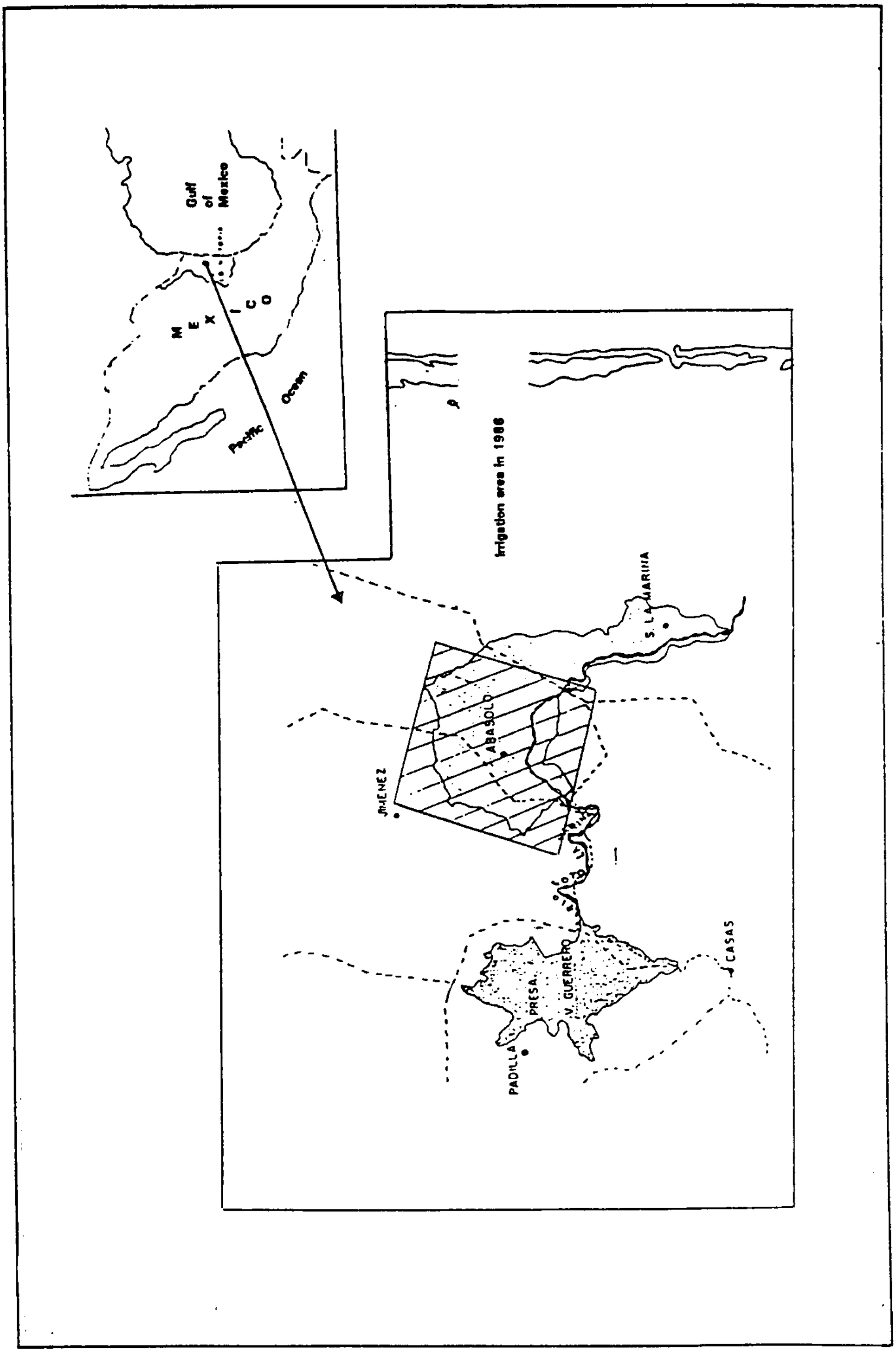
منطقه مورد مطالعه ناحیه آبیاری شماره ۸۶ "Soto la Marina" واقع در استان Tamaulipas در قسمت شمال‌شرقی مکزیکو می‌باشد. این منطقه بین مختصات جغرافیایی ۲۳°۴۴′ و ۲۴°۱۰′ عرض شمالی، ۹۸°۶′ و ۹۸°۲۸′ طول غربی (شکل ۱) قرار دارد.

بخش آبیاری مساحت ۵۵۰۰۰ هکتار را پوشانده و تقریباً ۳۵۰۰۰ هکتار از آن تحت آبیاری می‌باشد.

منطقه تقریباً مسطح بوده و دارای شیب‌های متغیر از ۰/۵ تا ۲/۲درصد می‌باشد. ارتفاع از سطح دریا تقریباً ۸۰ متر است. خاک‌ها رسوبی بوده و عمق آنها بین ۲۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر و از یک بافت رسی برخوردار است.

ناحیه دارای مالکیت خصوصی و "ejidal" (ejidal نوعی حق مالکیت زمین است که در آن گروه کشاورزان قطعه زمین بزرگی را به صورت اشتراکی اداره می‌کنند) بوده و ۳۱۵۷ مالک دارد و به طور معمول هر مالک خصوصی قطعه‌ای زمین دارد که فقط می‌تواند یک نوع محصول تولید کند. ناحیه به وسیله کمیسیون ملی آب که مسئولیت نگهداری و توزیع سیستم‌های زهکشی را دارد اداره می‌شود.

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه


Gulf of Mexico
M E X I C O
Pacific Ocean
Irrigation area in 1986
S. LA MARINA
ABASOLO
JIMENEZ
RIO
PRESA
V. GUERRERO
PADILLA
CASAS

مهم‌ترین محصولات ذرت، ذرت خوشه‌ای و گندم می‌باشد. به علت خشکی فوق‌العاده در فصول بهار و تابستان نیاز عمده به آبیاری در این دو فصل می‌باشد.

شوری بخش بزرگی از ناحیه را تحت تأثیر قرار داده است. مطالعات تحقیقاتی مختلف در منطقه توسط کارمندان ناحیه و برخی مؤسسات دیگر انجام شده است. در سال‌های ۱۹۸۲ و ۱۹۹۰ دو ارزیابی مهم انجام گردید تا اثرات شوری در منطقه را بررسی کند. این ارزیابی‌ها نشان داده‌است که تقریباً در ۳۵درصد منطقه مسایل شوری با درجات مختلف وجود دارد.

دلایل اصلی شوری در محدوده آبیاری عبارتند از : منشا دریایی خاک‌ها، وجود بافت رسی خاک، تلفات نفوذکانال‌های آبیاری، پایین‌بودن نگهداری سیستم زهکشی، بالاآمدن خطرناک سفره آب، آبیاری بیش از حد محصولات، نتایج مستقیم این عوامل در منطقه وجود پوشش گیاهی شورپسند، وجود خاک‌های معروف به «رس سیاه»، یک تاج نمک در سطح خاک مزارع تحت کشت محصول، و گیاهان با رشد و محصول‌دهی پایین است.

روش

نتایج مرئی شوری می‌تواند بسته به درجه تأثیرپذیری خاک به وسیله سنجش از دور مشاهده شود. درجات زیر تشخیص داده شده‌اند:

الف - شوری ملایم : قطعات زمین باگیاهان قامت افراشته که به شوری مقاومند:

در این سطح می‌تواند تمامی نواحی به ویژه مناطق مزروعی که قبلاً شوری داشته‌اند را شناسایی نمود. جهت شناسایی مناطق با پوشش گیاهی، قبلاً نقشه‌ای از منطقه تهیه شده و از روی نقشه گیاه شناسایی می‌شود. نتیجه، مشخص نمودن حساسیت گیاه به شوری است. این امر نشان می‌دهد که قبل از اقدام به کشت میزان شوری زمین مشخص شود.

ب - شوری زیاد : فقط گیاهان شورپسند باقی می‌مانند:

صفات خاص منطقه آزمایشی برای رادیومتری پوشش گیاهی شورپسند مشخص و با نتایج رادیومتریک گیاهان مقایسه گردید.

ج - شوری خیلی زیاد: مناطق با پوشش نمک :

این نوع شرایط شوری دارای درخشندگی زیادی می‌باشد. حتی از میزان

درخشندگی اراضی لم‌یزرع که تحت تأثیر شوری قرار نگرفته‌اند نیز بیشتر می‌باشد. پردازش رقومی جهت افزایش درجه روشنی به‌کار برده شد اما به خاطر امکان یکی گرفتن با مناطقی که انعکاس بالایی دارند وقت بسیار زیادی بایستی منظور شود.

د - Sodicity : **انحلال ماده ارگانیک در یک سطح خیلی تیره :**

برعکس پوشش‌های نمکی، خاک‌های سدیمی به علت انحلال ماده ارگانیک یک سطح سیاه رنگی را نشان می‌دهند. این بدان معنی است که روشنی بسیار پایین بوده، اما در اینجا بایستی خیلی مراقب بود تا با سطوحی که سایه داشته و یا خیلی مرطوب است اشتباه نشود. مورد آخر به علت وجود شیب در ناحیه آبیاری خیلی اتفاق می‌افتد. به خاطر پرهیز از این مسایل، داده‌ها نبایستی پس از بارندگی تهیه شده و تحلیل تاریخ‌های آبیاری بایستی منظور شود.

ه - **شناسایی مناطق با پتانسیل خطر شوری مستقل از خصوصیات خاک (تحت تأثیر بالابودن سفره آب زیرزمینی، سیل گرفتگی، غیره) :**

روش ذکر شده در قبل خصوصیات سطحی (پوشش گیاهی، انواع محصولات، خاک فاقد پوشش و غیره) را در نظر گرفته اما جنبه‌های دیگری نظیر نبود سیستم زهکشی، پستی و بلندی و پستی و بلندی میکرو، یا ارتفاع سفره آب وجود دارند که می‌توانند موجب شوری به صورت موضعی باشند.

تشخیص این موارد در سیستم آبیاری و زهکشی، نظیر تشخیص پوشش گیاهی و نفوذپذیری کانال‌های آبیاری می‌تواند منجر به شوری شود. به منظور مشاهده رطوبت آبراهه‌ها، برخی مناطق مرزبندی شده مشاهده می‌شوند و یک باریکه ۲۷۰ متری در لبه‌های سیستم‌های آبیاری و زهکشی مشخص گردید. این فاصله فقط به خاطر اطمینان از مناطق تأثیرپذیر نزدیک سیستم (آبیاری و زهکشی) رعایت گردید. در این مناطق باندهای SPOT - XS3 و TM5 لندست مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج فنی

در تعیین محل و میزان شوری لازم است که شوری را براساس میزان تأثیر آن تحلیل نمود.

شکل ۲- طبقه‌بندی کاربری اراضی: گردش زراعی ۹۰-۱۹۸۹

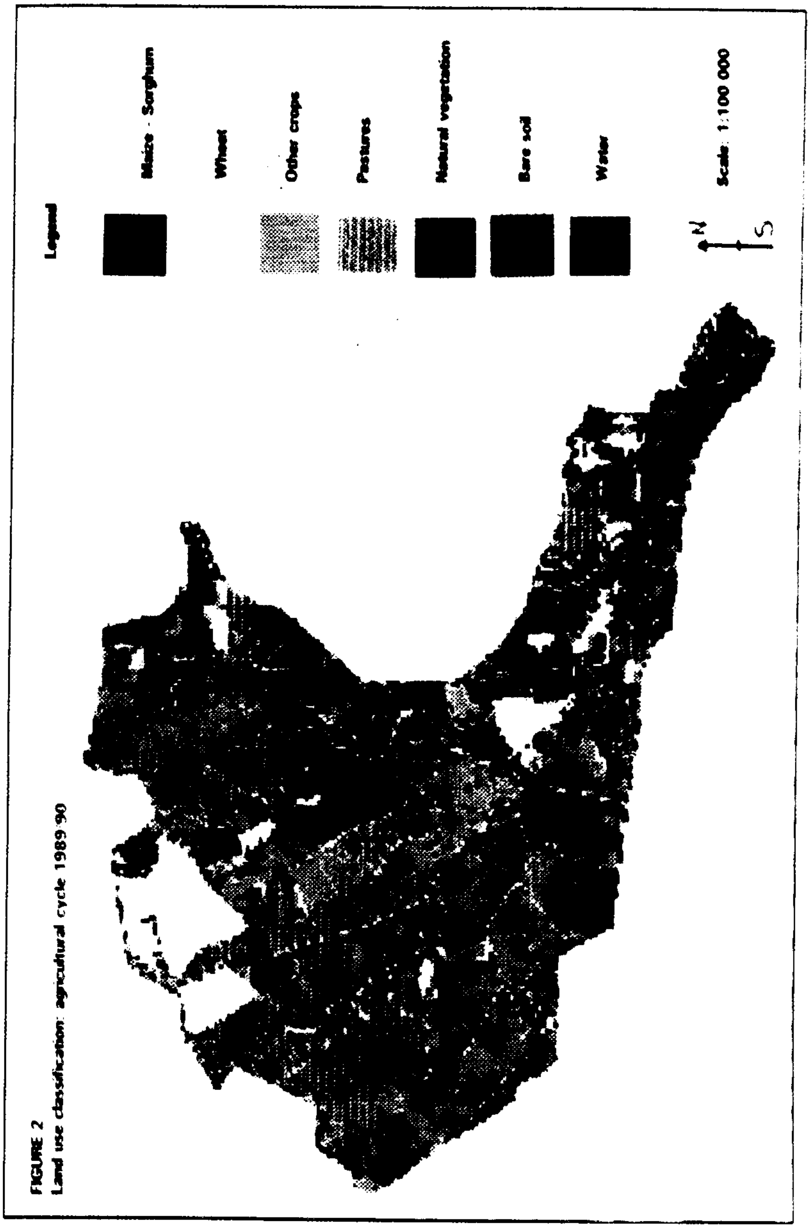

Legend
Maize - Sorghum
Wheat
Other crops
Pastures
Natural vegetation
Bare soil
Water
N
S
Scale: 1:100 000

FIGURE 2
Land use classification: agricultural cycle 1989/90

در شناسایی مناطق تحت تأثیر شوری کم، نقشه‌های کاربری خاک تهیه و رادیومتری موضوعات مختلف کنترل و یک فهرست از آنها تهیه می‌شود. در ۱۹۹۰ دو نقشه کاربری اراضی هم‌زمان با فصل آبیاری ۹۰-۸۹ و فصل دیم محصولات ۱۹۹۰ تهیه شدند.

برای تهیه نقشه کاربری اراضی در گردش زراعی ۹۰-۸۹، تصاویر لندست TM در ۱۸ مارس ۱۹۹۰ و تصویر SPOT در ۲۶ ژوئن همان سال اخذ شد. با روش طبقه‌بندی نظارت شده، یک نقشه کاربری اراضی تهیه و پس از هر دو تاریخ با روش جبر Boolean با یکدیگر ترکیب گردید (شکل ۲).

فایل مقاومت گیاه نسبت به نمک از نقشه کاربری اراضی در سال ۹۰-۸۹ به منظور ایجاد یک اشل بین محصول و میزان مقاومت تهیه گردید (شکل ۳).

درسطوح حدی شوری (پوشش‌های نمک و نمکی بودن خاک)، تحلیل برمبنای سه تصویر از ۱۹۹۰: TM در ۱۸ مارس ۹۰، XS در ۲۶ ژوئن ۹۰، TM در ۲۰ اکتبر ۹۰ که در هر تاریخ شاخص روشنی بابرخی نمونه‌های گرفته شده از خاک فاقدپوشش، خاک سبک، خاک تیره و خاک خیلی تیره مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۴). برخی نمونه‌ها از مناطق گزارش شده نقشه‌های شوری ناحیه گرفته شدند. هیستوگرام دو بعدی TM3/TM4 یا XS2/XS3 نشان می‌دهد که تمامی قطعات خاک‌های فاقد پوشش در پیرامون خط مستقیم خاک بوده و خاک‌های فاقد پوشش خیلی تیره و خیلی روشن در دو انتهای خط قرار دارند (شکل ۵).

در موردی که خاک‌ها به میزان زیادی انعکاس دارند احتمال زیاد وجود دارد که این خاک‌ها از یک منطقه رسوبگذاری نمک در قشر فوقانی خاک باشند. برعکس وجود پیکسل‌های با انعکاس بالا می‌تواند به عنوان یک خاک فاقد پوشش خیلی خشک تفسیر گردد (شکل ۶).

عدم وجود اطلاعات صحرایی از ۱۹۸۲ و محدودیت‌های ذاتی قدرت تفکیک ماهواره امکان تهیه یک نقشه شوری را برای سال ۱۹۸۲ فراهم نمی‌آورد. فایل تهیه شده از نقشه مرتع دائمی در دوره موردنظر (۹۰-۸۲) گرفته شده است ولی این محصول در ناحیه روشنی نسبت به شوری مقاوم است. نتایج در شکل ۷ نشان داده شده است.

شناسایی مناطق تحت تأثیر ماندابی یا سفره بالای آب زیرزمینی بر مبنای تحلیل سیستم آبیاری و زهکشی صورت گرفته است، نفوذپذیری کانال‌های آبیاری با استفاده از طبقه‌بندی باندهای TM5 لندست و XS3-SPOT مشخص شده است. شکل‌های ۸ و ۹ نتایج را نشان می‌دهند.

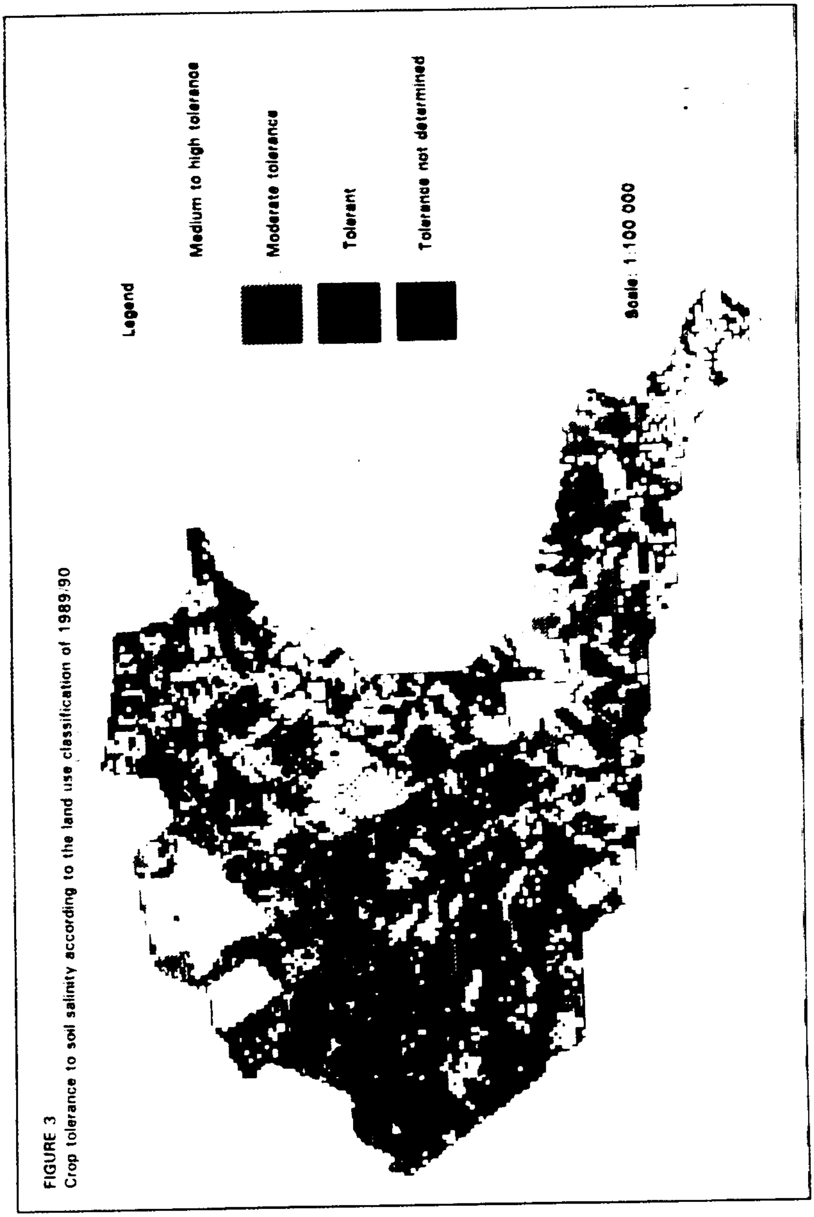


FIGURE 3
Crop tolerance to soil salinity according to the land use classification of 1989/90

Legend
Medium to high tolerance
Moderate tolerance
Tolerant
Tolerance not determined
Scale: 1:100 000

شکل ۳- مقاومت‌گیاه به‌شوری خاک براساس طبقه‌بندی کاربری‌اراضی ۹۰-۱۹۸۹

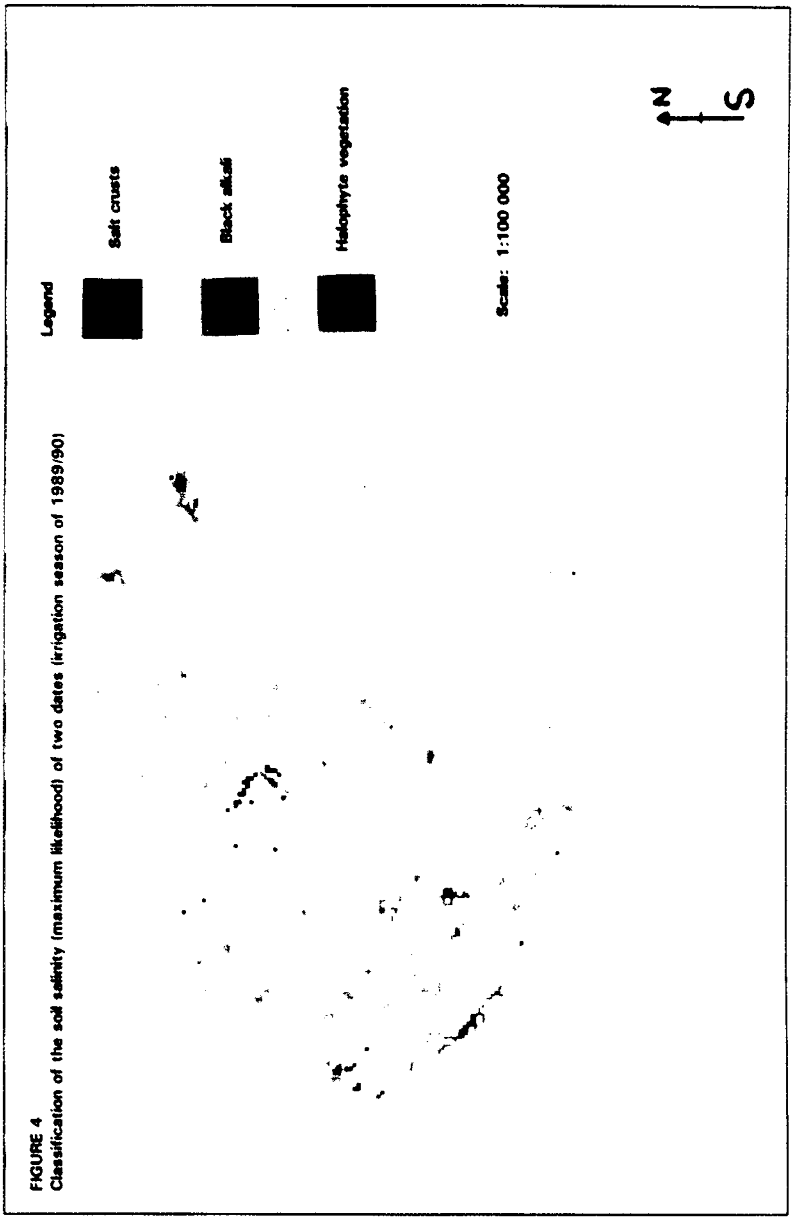
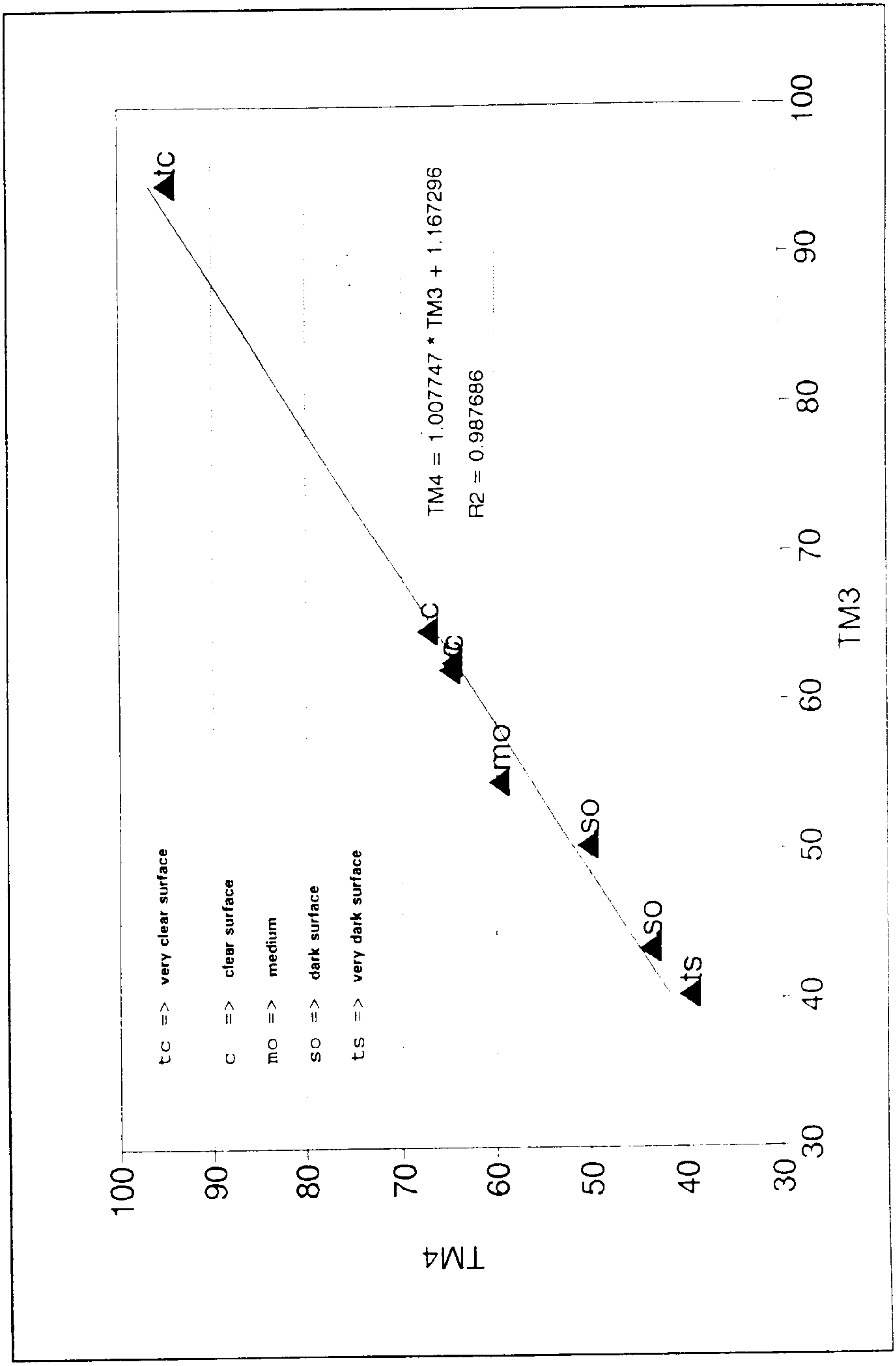


FIGURE 4
Classification of the soil salinity (maximum likelihood) of two dates (irrigation season of 1989/90)

Legend
■ Salt crusts
■ Black alkali
■ Halophyte vegetation
Scale: 1:100 000
N
S

شکل ۴- طبقه‌بندی شوری خاک (حداکثر درشت نمایی) در دو تاریخ (فصل آبیاری ۹۰-۱۹۸۹)

شکل ۵- هیستوگرام دوبعدی (مارس ۱۹۹۰) (خاک فاقد پوشش)



شکل ۶- طبقه‌بندی مضاعف خاک‌های فاقد پوشش از سه شاخص روشنایی

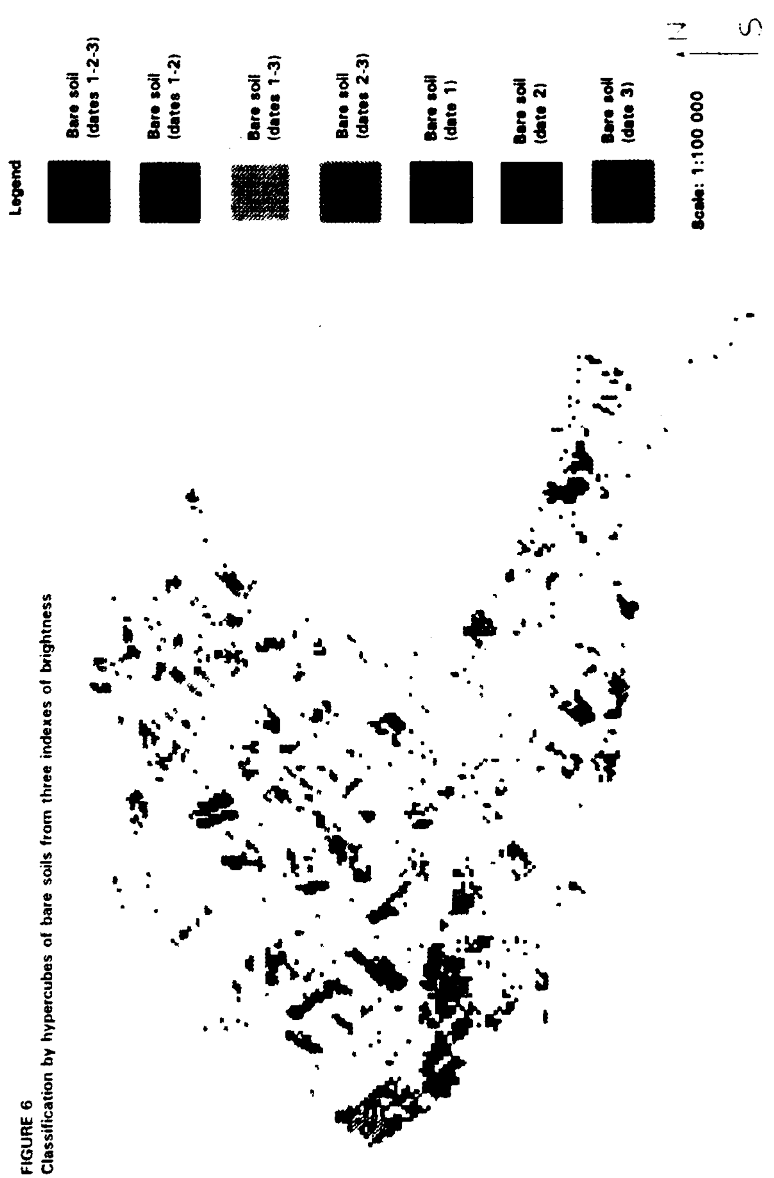

Legend
■ Bare soil (dates 1-2-3)
■ Bare soil (dates 1-2)
▨ Bare soil (dates 1-3)
■ Bare soil (dates 2-3)
■ Bare soil (date 1)
■ Bare soil (date 2)
■ Bare soil (date 3)
Scale: 1:100 000
N
S

FIGURE 6
Classification by hypercubes of bare soils from three indexes of brightness

شکل ۷- مقایسه محصولات دائمی مقاوم به شوری در ۱۹۸۲ و ۱۹۹۰

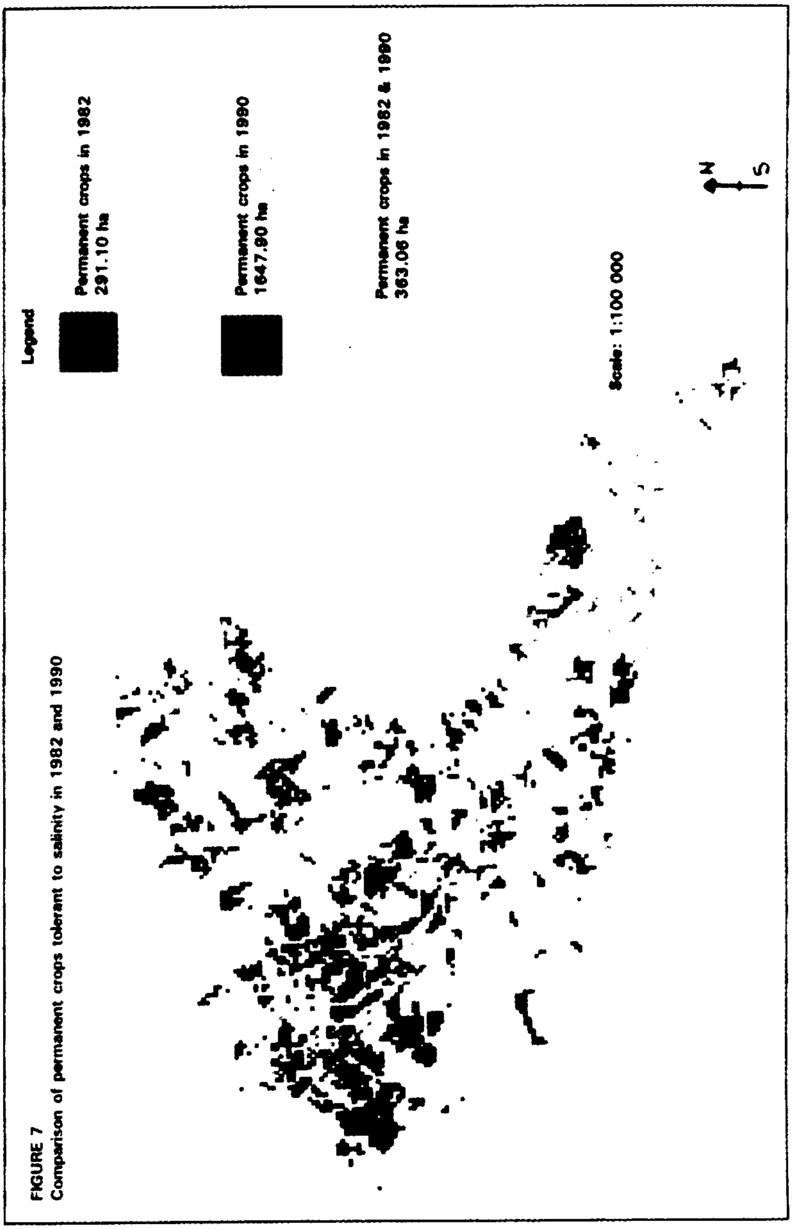


FIGURE 7
Comparison of permanent crops tolerant to salinity in 1982 and 1990

Legend
Permanent crops in 1982
291.10 ha
Permanent crops in 1990
1647.90 ha
Permanent crops in 1982 & 1990
363.06 ha
Scale: 1:100 000
N
S

شکل ۸- مناطق ماندابی واقع شده در عرض ۱۳۵ متر (در هر طرف کانال‌های آبیاری) حاشیه (TM5 مارس، XS3 ژوئن، TM5 اکتبر ۱۹۹۰)

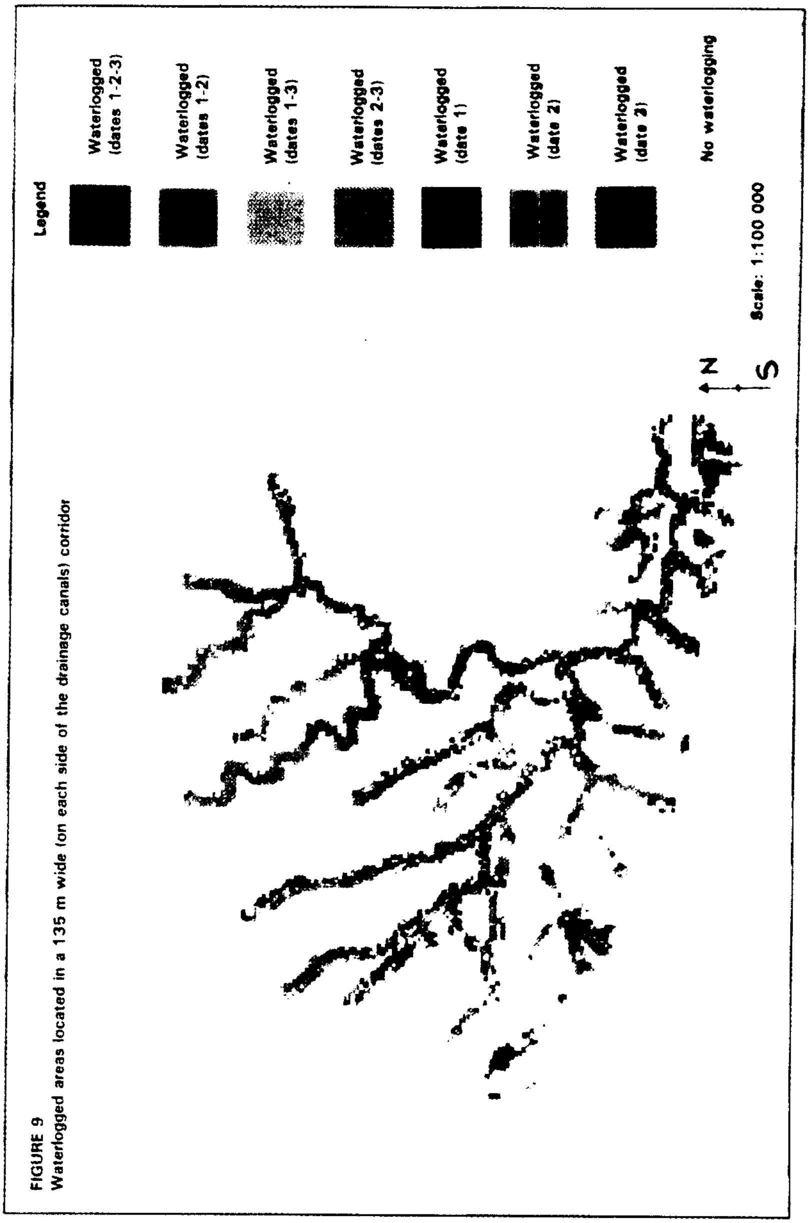


FIGURE 9
Waterlogged areas located in a 135 m wide (on each side of the drainage canals) corridor

Legend
■ Waterlogged (dates 1-2-3)
■ Waterlogged (dates 1-2)
▨ Waterlogged (dates 1-3)
■ Waterlogged (dates 2-3)
■ Waterlogged (date 1)
■ Waterlogged (date 2)
■ Waterlogged (date 3)
No waterlogging
Scale: 1:100 000
N
S

شکل ۹- اراضی ماندابی واقع در حاشیه ۱۳۵ متری (در هر طرف کانال‌های آبیاری).

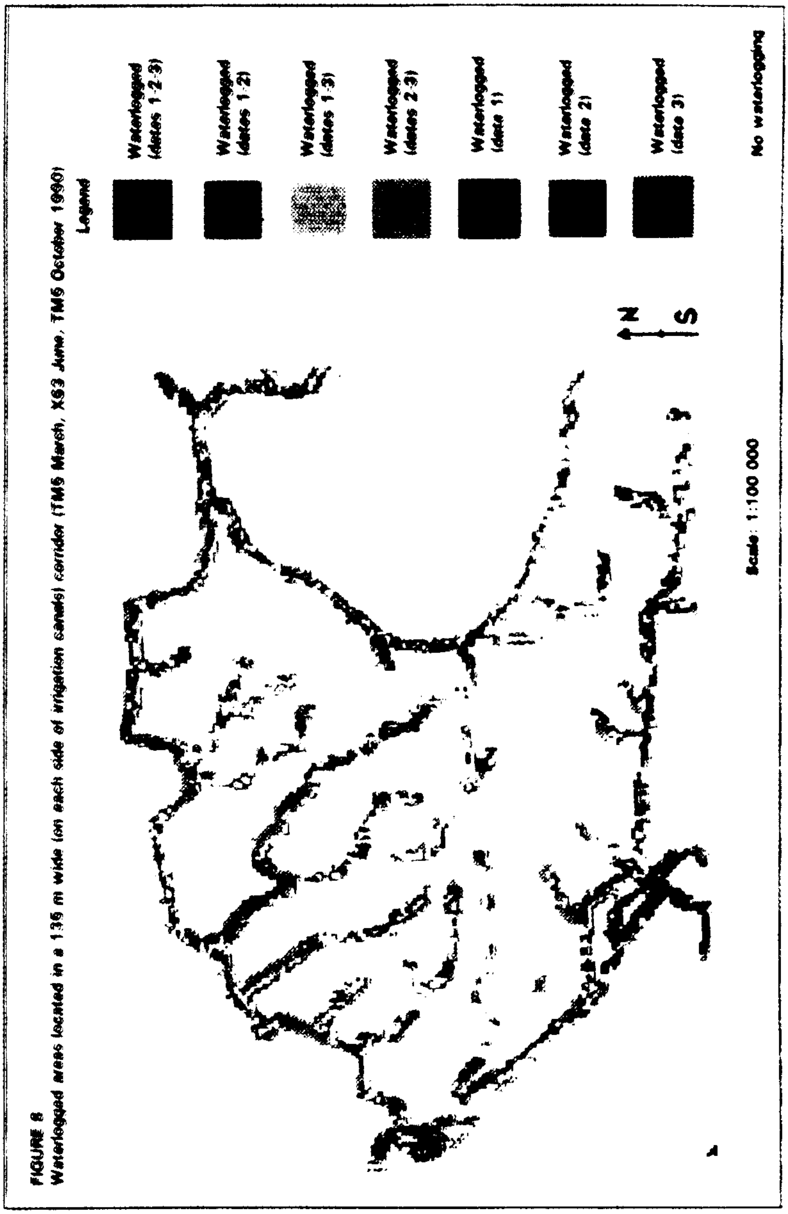


FIGURE 8
Waterlogged areas located in a 135 m wide (on each side of irrigation canals) corridor (TM5 March, XS3 June, TM5 October 1990)
Legend
Waterlogged (dates 1-2-3)
Waterlogged (dates 1-2)
Waterlogged (dates 1-3)
Waterlogged (dates 2-3)
Waterlogged (date 1)
Waterlogged (date 2)
Waterlogged (date 3)
No waterlogging
N
S
Scale : 1:100 000

نتایج

فراوانی فهرست‌ها اهمیت این پدیده را در جهان و حتی بیشتر در مناطق تحت آبیاری نواحی خشک و نیمه خشک نشان می‌دهد. شوری با زمان و اقلیم تغییر نموده و بنابراین به منظور نشان دادن شدت آن روش مورد استفاده نیازمند ترکیب اطلاعات مکانی و زمانی است.

اولین نکته‌ای که بایستی مورد تأکید قرار گیرد مشکل تحلیل سطوح میانی شوری است. یافتن مناطقی که پوشش گیاهی و محصولات تولید کمی دارند امری نسبتاً ساده می‌باشد. مداخله انسان در تهیه نقشه دقیق مشکل‌ساز می‌باشد. روش بعضی محدودیت‌ها را به علت آنکه شوری تنها مانع رشد گیاه نیست ایجاد می‌نماید. با این وجود امکان مشخص نمودن مناطق با میزان شوری کم که در آنها ذرت خوب رشد یافته قابل مشاهده است وجود دارد.

در تحلیل ناهمگنی قطعات تحلیل موضوعی بایستی در نظر گرفته شود تا اشتباه گرفتن با هر عامل ناسازگار دیگر خصوصاً آنهایی که مربوط به عملیات کشاورزی هستند بوجود نیاید. تفاوت‌ها می‌توانند از طریق تفسیر عکس‌های هوایی یا استفاده از ابزار موجود در GIS مشخص شوند.

با درنظر گرفتن پوشش گیاهی شوره‌زی در این تحقیق، نتایج به خاطر کمبود نمونه‌گیری از منطقه معنی‌دار نیستند.

در تحلیل سطوح حد شوری این تحقیق نشان می‌دهد که آسانترین روش تشخیص به‌کار گرفته شده است. روش به علت مبتنی بودن بر پدیده فیزیکی خیلی دقیق می‌باشد.

اولین گزارش عبارت از کار مقدماتی است که امکان تشخیص مسایل را در تعیین شوری فراهم می‌آورد. برخی جنبه‌ها که می‌توانند این تحلیل را اصلاح کنند عبارتند از میزان اعتماد به اطلاعات مرجع، انتخاب دقیق تاریخ‌های اخذ تصویر و استفاده از اندازه‌گیری‌های رادیومتریک در طول مطالعات صحرایی.

فنون سنجش از دور بیش از ده سال است که مورد استفاده قرار گرفته، کاربردهای زیاد، پروژه‌های تحقیقاتی و تجربیات نمونه در زمینه آبیاری و زهکشی به انجام رسیده‌اند. اما اسناد زیادی که نشانگر این فنون و رهنمود استفاده از آنها باشد وجود ندارد. به منظور رفع این نیاز مؤسسه فرانسوی تحقیقات مهندسی کشاورزی و محیط زیست (CEMAGREF) و FAO یک کارگاه آموزشی با شرکت ۳۰ کارشناس از ۱۳ کشور مختلف تشکیل دادند. مقالات، نتایج و توصیه‌های کارگاه آموزشی در این نشریه گردآوری شده است. مقالات براساس سه موضوع مورد بحث در کارگاه آموزشی یعنی برنامه‌ریزی و شناخت ظرفیت آبیاری، مدیریت سیستم‌های آبیاری و زهکشی و آماربرداری و کنترل شوری گروه‌بندی شده‌اند.

انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

ردیف	نام انتشارات
شماره ۱	فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی
شماره ۲	تحلیلی بر راندمان‌های آبیاری
شماره ۳	سالنامه سال ۱۳۷۳
شماره ۴	سالنامه سال ۱۳۷۴
شماره ۵	دستورالعمل‌های کم آبیاری
شماره ۶	مجموعه مقالات ششمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۷	مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۸	مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۹	ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی و عوامل موثر در آن
شماره ۱۰	آبیاری موجی
شماره ۱۱	آشنایی با آبیاری کابلی
شماره ۱۲	مدیریت محلی سیستم‌های آبیاری و زهکشی
شماره ۱۳	راهنمای ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی
شماره ۱۴	مجموعه مقالات کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
شماره ۱۵	راهنمای احداث زهکش‌های زیرزمینی
شماره ۱۶	معرفی جهات نظری و کاربردی روش پنمن ـ مانتیس
شماره ۱۷	Water and Irrigation Technics in Ancient IRAN
شماره ۱۸	تلاش ایرانیان در تامین و مدیریت توزیع آب
شماره ۱۹	تحلیلی بر ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی
شماره ۲۰	تجارب جهانی مشارکت کشاورزان در مدیریت آبیاری
شماره ۲۱	مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۲۲	مفاهیم زهکشی و شوری آب و خاک
شماره ۲۳	مجموعه مقالات کارگاه مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی
شماره ۲۴	معیارهای انتخاب سیستم‌های آبیاری

USE OF REMOTE SENSING TECHNIQUES IN IRRIGATION AND DRAINAGE

Food and Agriculture Organization of the United Nations

Translated by:

Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID)

M.Meschi M. Danesh A.Farzaneh E.Sedighian

Edited by:

M.Meschi M.Ehsani

USE OF REMOTE SENSING TECHNIQUES IN IRRIGATION AND DRAINAGE

Food and Agriculture Organization of the United Nations

Iranian National Committee on
Irrigation and Drainage (IRNCID)

No. 25 - 1999

ISBN: 964-6668-09-7 شابک: ۹۶۴-۶۶۶۸-۰۹-۷

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
تهران - خیابان وحید دستگردی (ظفر) - خیابان شهید کارگزار - خیابان شهرساز
پلاک ۲۴ - طبقه دوم تلفن: ۲۲۵۷۳۴۸ نمابر: ۲۲۵۷۳۳۸