«همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی»
دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب
۱۲ الی ۱۴ اردیبهشت ۱۳۸۵

کاربرد سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی(GIS) در مدیریت بهره برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی

قاسمعلی کیانی
دانشجوی دکترای عمران، دانشگاه آلبرتا، کانادا، gkiyani@ualberta.ca
محمد حسن موسوی‌زاده
استادیار، دانشگاه صنعت نفت
کورش محمدی
استادیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، صندوق پستی ۳۳۶-۱۴۱۱۵
kouroshm@modares.ac.ir

چکیده:

در مدیریت بهره برداری و نگهداری شبکه های آبیاری و زهکشی، اطلاعات متعددی که به اشکال مختلف از منابع گوناگون در بازه‌های زمانی متفاوت جمع‌آوری می‌شوند، مطرح می‌باشد. بنابراین لازم است با بهره گیری از فناوری‌های نو و پیشرفته کلیه این اطلاعات در قالب یک بانک اطلاعاتی به صورت منسجم و یکپارچه درآمده، به طور منظم بهنگام شده و با تحلیل و پردازش آنها در فرآیند تصمیم‌گیری بکار گرفته شوند.

سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری جهت جمع آوری، مدیریت، پردازش و نمایش اطلاعات مکانی و غیرمکانی می تواند در این راه به خدمت گرفته شوند. در این مقاله علاوه بر بیان مختصری از عوامل موثر در بهره برداری و نگهداری از شبکه‌ها، به چگونگی تهیه بانک اطلاعاتی GIS شبکه‌های آبیاری و زهکشی مغان، زرینه‌رود و تجن پرداخته خواهد شد و قابلیت‌ها و توانایی‌هایی که این سامانه در اختیار کاربران قرار می‌دهد معرفی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: سامانه های اطلاعات جغرافیایی، GIS ، آبیاری و زهکشی، بهره برداری و نگهداری

مقدمه

با عنایت به نیازهای روزافزون تولید مواد غذایی و محدود بودن منابع آب و خاک و همچنین سرمایه‌گذاری انبوهی که در طراحی و ساخت شبکه های آبیاری و زهکشی و زیر ساختهای مربوطه انجام می گیرد، ضروری است که بهره‌برداری از منابع موجود بهینه شود. در این راه ضمن آنکه با اتخاذ روشهای نوین بهره‌برداری و نگهداری، کمبودها و نواقص سامانه بهره برداری و نگهداری موجود در شبکه ها باید بهبود بخشیده شود، برای دسترسی سریع به اطلاعات دقیق و بهنگام مورد نیاز در مدیریت این کار باید از فناوری جدید و پیشرفته بهره گرفته شده و به ابزار کمکی مجهز گشت.

بنابراین به موازات اجرای پروژه بهسازی آبیاری که جهت بهبود و تکمیل شبکه های آبیاری و زهکشی دشتهای مغان، زرینه رود و تجن با استفاده از تسهیلات وام بانک جهانی انجام گرفت، به منظور بهره برداری مطلوب و بهینه از سرمایه گذاری-

های انجام شده، لزوم بهبود نظام مدیریت بهره برداری و نگهداری این شبکه‌ها و استفاده از فناوری‌های نوین در این زمینه مد نظر دست اندرکاران اجرایی در وزارت نیرو قرار گرفت.

براساس قراردادهای مربوطه انجام مطالعات شامل شناسایی مشکلات و محدودیت های موجود و ارائه پیشنهادات و راه حل‌های لازم برای ارتقای سامانه مدیریت بهره‌برداری و نگهداری مبتنی بر تجارب بین‌المللی و همچنین بکارگیری فناوری‌ها و روش‌های نوین از جمله سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در این راه بر عهده شرکت های ذی‌صلاح نهاده شد.

در مدیریت بهره برداری شبکه های آبیاری و زهکشی عوامل مختلف از جمله اجزا و تأسیسات شبکه و کاربران و متولیان توزیع آب دخیل می باشند. بنابراین با توجه به فراوانی، گسترش و تنوع پارامترهای موجود ضروری است که جهت بهره برداری مناسب و مطلوب از امکانات، برنامه ریزی جامع و کاملی صورت گیرد. انجام این مهم با تهیه یک بانک اطلاعاتی و استفاده از قابلیت و توانایی هایی که ایجاد چنین بانکی در اختیار کاربران می گذارد، بسیار تسهیل می گردد.

همچنین استفاده از این سامانه بانک اطلاعاتی در نگهداری از شبکه آبیاری و زهکشی و برنامه ریزی جهت ترمیم و مرمت بخشهای آسیب دیده به نحوی که در بهبود عمر مفید شبکه مؤثر بوده و از تحمیل هزینه های گزاف ناگهانی جلوگیری کند، یک ضرورت اجتناب ناپذیر است. تجربه های سایر کشورها نیز در این زمینه مؤید این مطلب بوده و نشان دهنده اثرات مثبت و مؤثر این فناوری ها در مدیریت شبکه های آبیاری است (Fipps and Leigh, 2000; Menenti et al., 1995; Ray and Dadhwal, 2001; Xanthoulis et al., 1998). همچنین سارنگی و همکاران (Sarangi et al., 2001) در تحقیقی در هندوستان امکان استفاده از سامانه های اطلاعات جغرافیایی را در مدیریت آبیاری و حوزه آبریز بررسی کردند و نشان دادند که مدیریت همزمان حوزه و شبکه می تواند به بهبود راندمان کمک نماید. در ایران نیز در دهه گذشته استفاده از GIS در مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی گسترش یافته و استفاده از آن در شبکه های کوثر در خوزستان و بیله سوار مغان مورد تحقیق قرار گرفته است (تکاملی و همکاران، ۱۳۸۳ ؛ دیانی و همکاران، ۱۳۸۲). بنابراین در مدیریت بهره برداری و نگهداری، لازم است که کلیه اطلاعات مرتبط از شبکه به طور منظم جمع آوری و بهنگام شده و طبق ضوابط و معیارهای مدون موجود پردازش گردند و سپس براساس نتایج حاصل اقدامات مقتضی صورت گیرد.

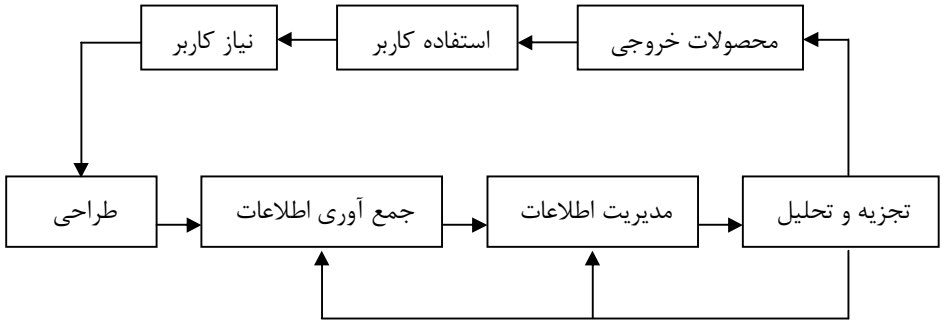
سامانه های اطلاعات جغرافیایی در دهه‌های اخیر به علت گسترش چشمگیر امکانات نرم افزاری و سخت افزاری بسیار متداول شده و به عنوان ابزاری قدرتمند در جمع آوری، مدیریت و تجزیه و تحلیل داده های مکانی و غیر مکانی در زمینه های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به کلیه عوامل دخیل در مدیریت بهره برداری و نگهداری شبکه ها و قابلیت های GIS، تهیه بانک اطلاعاتی در سامانه های اطلاعات جغرافیایی بخش عمده ای از خواسته های مورد نظر را تأمین نموده و ابزار تصمیم گیری مناسبی را مهیا می سازد.

در ادامه به عوامل موثر در بهره برداری و نگهداری شبکه های آبیاری و زهکشی و چگونگی تهیه بانک اطلاعاتی GIS و استفاده از آن در این کار پرداخته می شود.

چگونگی تهیه بانک اطلاعاتی GIS از شبکه‌های آبیاری و زهکشی

امروزه GIS به عنوان ابزاری در جمع آوری، نگهداری، بازیابی و پردازش داده های مکانی و غیرمکانی در فرآیند های تصمیم گیری حیطه های مختلف به کار گرفته شده و روز به روز بر مقبولیت آن افزوده می شود. بی شک سرعت، دقت و سهولت استفاده از آن و ارائه نتایج خروجی به اشکال متفاوت، گویا و سازگار با کامپیوتر در گسترش آن نقش بسیاری داشته است.

تاکنون گزارش‌های متعددی از کاربرد این فناوری در مطالعات آبیاری و زهکشی، مدیریت بهینه آب مصرفی شبکه، تعیین پوشش گیاهی، برآورد محصولات کشاورزی و غیره منتشر شده است. البته لازم به ذکر است در بعضی از کاربردهای مذکور سنجش از دور در تامین اطلاعات گسترده و بهنگام مورد نیاز GIS نقش اساسی داشته است. یک GIS متشکل از سامانه بانک اطلاعاتی داده‌های مکانی و غیرمکانی و مجموعه عملیات کار با این داده‌ها می باشد. شکل (۱) اجزا این سامانه را به طور شماتیک نشان می دهد (تکاملی و همکاران، ۱۳۸۳).



شکل (۱): اجزای یک سامانه بانک اطلاعاتی

قابلیت‌هایی که این سامانه اطلاعاتی باید دارا باشد عبارتند از جمع‌آوری اطلاعات، پیش پردازش، مدیریت اطلاعات، تجزیه و تحلیل و پردازش نهایی و تولید محصول خروجی. شکل (۲) به‌طور خلاصه مراحل تهیهٔ بانک اطلاعاتی را نشان می دهد (Menris, 1999). در ایجاد بانک اطلاعاتی همانند هر کار دیگری اولین گام طراحی آن می‌باشد. در این مرحله در مورد کلیات شامل محدوده مورد مطالعه، سامانه تصویر، لایه های اطلاعاتی، عوارض موجود در هر لایه و چگونگی رمزگذاری اطلاعات تصمیم گیری می شود. در تهیه بانک اطلاعاتی شبکه های آبیاری و زهکشی مغان، زرینه رود و تجن محدوده های مورد مطالعه به شرح زیر می باشند (بی‌نام ۱۳۸۰-الف):

- مغان: ناحیه تحت پوشش کانال اصلی و کانال A به ترتیب برابر با ۵۴،۰۰۰ و ۱۸،۰۰۰ هکتار جمعا ۷۲،۰۰۰ هکتار.
- زرینه رود: نواحی تحت پوشش واحدهای ۱ (۶،۷۲۵ هکتار)، ۲ (۶،۲۷۲ هکتار)، ۳ (۷،۴۳۲ هکتار)، ۴ (۹،۳۸۶ هکتار)، ۵ (۷،۸۳۹ هکتار) و ۸ (۳،۵۰۰ هکتار) جمعا ۴۰،۹۵۴ هکتار.
- تجن: واحد ۴ جمعا ۷،۵۰۰ هکتار.

لایه های اطلاعاتی مورد نیاز به دو دسته عمده تقسیم می گردند:

الف- لایه های اطلاعاتی اجزا شبکه شامل کانال ها، زهکش ها، ابنیه فنی، پیزومترها و در صورت امکان کاداستر اراضی.

ب- لایه های اطلاعاتی عمومی شامل راههای دسترسی، جاده ها، روستاها، رودخانه ها و عوارض دیگری که در منطقه موجود بوده و در بهره برداری و نگهداری شبکه ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

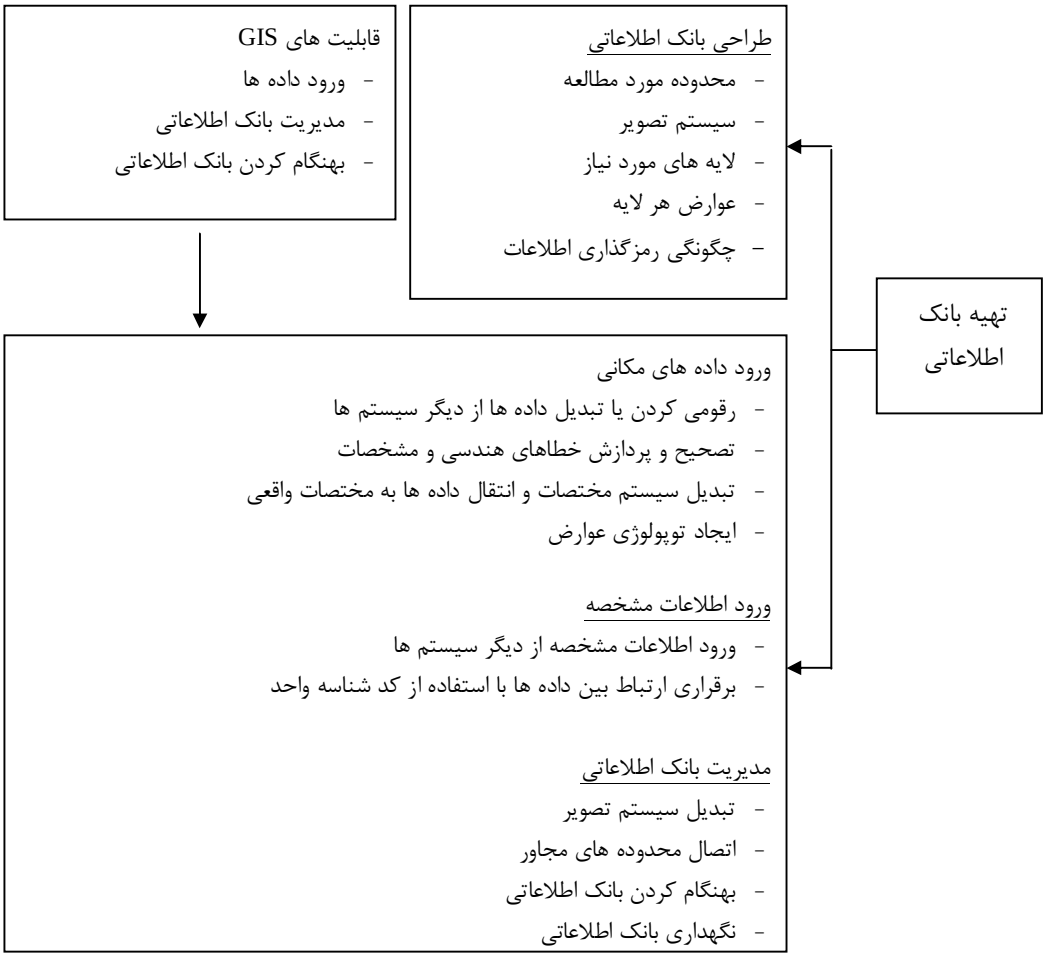
پس از مرحله طراحی، جمع آوری داده‌های موجود و ذخیره سازی آنها در سامانه مطرح می شود. GIS باید قادر باشد که داده ها را در محدوده وسیعی از فرمت ها شامل تصاویر، اعداد و ارقام و متن های نوشتاری بپذیرد. داده های موجود به عنوان اطلاعاتی که جمع آوری شده و در دسترس می باشند باید به صورت مناسب و قابل استفاده در GIS درآید. باید توجه شود که بخش عمده ای از بودجه لازم جهت تهیهٔ یک سامانه اطلاعات جغرافیایی در بخش جمع آوری و آماده سازی داده های ورودی هزینه خواهد شد (ثنائی‌نژاد، ۱۳۷۷).

بسیاری از داده هایی که از شبکه های آبیاری و زهکشی به خصوص شبکه های قدیمی در دسترس می باشد، به گونه ای نیست که در نرم افزارهای کامپیوتری قابل استفاده باشد. در این وضعیت لازم است که کلیهٔ این اطلاعات اعم از نقشه ها و مشخصات فنی به صورت رقومی در آید. تبدیل این مواد خام اطلاعاتی به صورت قابل استفاده درGIS یک فرآیند پر هزینه و وقت گیر است و باید در تأمین مالی کار مدنظر قرار گیرد.

پس از جمع آوری اطلاعات و رقومی سازی آنها، ضروری است که ارزش و دقت داده های ورودی به سامانه سنجیده شود. دقت تجزیه و تحلیل های GIS و تصمیم گیری های مبتنی بر آن به کیفیت داده های ورودی به آن وابسته است. بنابراین لازم است که جهت جلوگیری از بروز هرگونه خطا در تفسیر نتایج و اطلاعات خروجی GIS، در سر منشأ خطاها که مربوط به داده های ورودی است توجه خاص مبذول گردد. در مرحله پیش پردازش، خطاها (شامل غلط بودن، از قلم افتادگی، ثبت داده ها به صورت جابجا) اصلاح شده و خطاهای رقومی سازی نقشه ها تصحیح می گردد. شبکه های آبیاری و زهکشی به علت گستردگی سطح زیر پوشش غالبا در چندین صفحه نقشه ارائه می شوند و لازم است که خطای مربوط به ناپیوستگی لبه ها که ناشی از

رقومی سازی و یا چاپ نقشه های قدیمی است حذف گردد. در یک شرایط مطلوب باید کلیه داده ها قبل از ورود به GIS اصلاح گردند.

امروزه تصاویر ماهواره ای علاوه بر تامین اطلاعات دقیق و بهنگام، به صورت ابزاری برای کنترل دقت اطلاعات موجود نیز عمل می کند. در تهیه بانک اطلاعاتی شبکه آبیاری و زهکشی مغان و زرینه رود از تصاویر ماهواره ای لندست ۱۹۹۱ جهت کنترل نقشه های موجود و کاهش خطای ناپیوستگی لبه ها بهره گرفته شده است.



شکل (۲): مراحل تهیه بانک اطلاعاتی GIS

سامانه اطلاعات جغرافیایی یک سامانه زمین مرجع بوده و عوارض موجود بر سطح زمین در مختصات واقعی خود نشان داده می شوند. بنابراین لازم است که در ورود اطلاعات به GIS موقعیت آنها به موقعیت واقعی تبدیل گردد. این عمل زمین مرجع نمودن (Georeferencing) اطلاعات نامیده می شود. با این کار موقعیت واقعی عوارض مختلف نسبت به یکدیگر در بر هم نهی لایه‌های اطلاعاتی حفظ می شود.

در شبکه های آبیاری و زهکشی اندازه گیری‌ها در امتداد کانال‌ها و زهکش‌ها انجام شده و موقعیت ها بر این اساس تعریف می گردد. به عنوان مثال وضعیت پوشش بتنی کانال A در فاصله ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ متری آن و یا ترمیم آبگیر واقع در فاصله ۱۵۰۰ متری کانال B. بنابراین باید مشخصات و داده های اجزای شبکه با این فرمت تهیه شوند. نمونه ای از این اطلاعات در جدول (۱) نشان داده شده است.

قبل از ورود اطلاعات به GIS لازم است که بر اساس نوع داده ها، قابلیت های مورد نیاز و اهداف موردنظر، نرم افزار GIS مناسب انتخاب شود. یکی از نرم افزارهای پرطرفدار جهت ورود، مدیریت و پردازش داده ها و ارائه نتایج پردازش به اشکال متنوع، نرم افزار ArcView می‌باشد (ESRI, 1996). این نرم افزار با امکان ورود داده های برداری و رستری به کمک مدولهای تخصصی که امکان نصب بر آن را دارند، قابلیت های پردازش مختلفی از جمله آنالیز اطلاعات سه بعدی، تبدیل اطلاعات رستری و برداری به یکدیگر، آنالیز شبکه ها و غیره را فراهم می سازد. همچنین مدولهای مختلفی برای ورود، آنالیز و نمایش اطلاعات خروجی نرم افزارهای تخصصی دیگر نیز در دسترس می باشد. در تهیه بانک اطلاعاتی شبکه های مذکور از این نرم افزار استفاده شده است.

پس از جمع آوری و آماده سازی اطلاعات، نوبت به ورود آنها به GIS، ایجاد لایه های اطلاعاتی مورد نیاز و برقراری ارتباط بین اطلاعات مشخصه مختلف می رسد. در انجام این کار نرم افزارهای GIS امکانات فراوانی را در اختیار کاربر قرار می دهد. در تهیه بانک اطلاعاتی شبکه های مذکور، برای اتصال اطلاعات جدولی به اجزای شبکه از شیوه ای به نام Dynamic Segmentation استفاده شده است. این شیوه، زمانی استفاده می شود که برای آن جزء شبکه بیش از یک نوع اطلاعات وجود داشته باشد. به عنوان مثال طولی از کانال که نیاز به رسوب زدایی دارد یا تیپ مشخصی دارد لزوماً برابر با طول کل کانال نیست. برای استفاده از این شیوه لازم است که جداول اطلاعات مشخصه با فرمت From و To مطابق جدول (۱) تهیه شود (بی‌نام، ۱۳۸۰-ب).

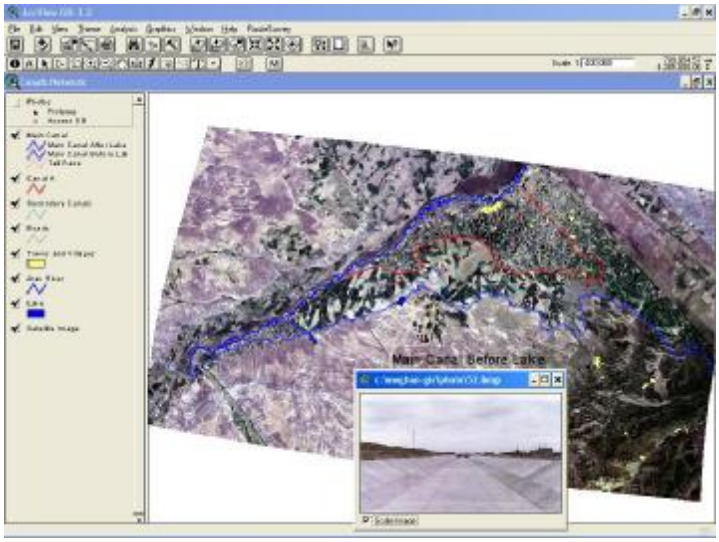
جدول(۱): مشخصات عوارض خطی شبکه

GISID	Name	From	To	Q (m^3/s)	B (m)	Z (1:Z)	S (m/m)	V (m/s)	H (m)
28	H19-L	0	1785.00	1.25	1.2	1.5	0.00013	0.50	1.35
28	H19-L	1785	4222.65	0.73	0.9	1.5	0.00022	0.53	1.05
41	H19-L-T1	0	2320.00	0.38	0.6	1.5	0.00029	0.50	0.90
41	H19-L-T1	2320	3339.48	0185	0.6	1.5	0.00036	0.45	0.75
27	H19-L-T2	0	1400.00	0.34	0.6	1.5	0.00080	0.71	0.75
27	H19-L-T2	1400	2891.56	0.145	0.3	1.0	0.00070	0.56	0.75
26	H19-L-T3	0	2065.60	0.23	0.6	1.5	0.00040	0.50	0.75
31	H20-L	49.73	1500.00	0.575	0.6	1.5	0.00060	0.73	0.95

پس از این مرحله بانک اطلاعاتی تهیه شده است و انجام آنالیزهای پیچیده با مجموعه داده‌های مختلف مکانی و غیرمکانی فراهم می‌باشد. اشکال (۳) تا (۵) به ترتیب سامانه اطلاعات جغرافیائی شبکه های آبیاری و زهکشی زرینه رود، تجن و مغان را که در نرم افزار ArcView تهیه شده است، را نشان می دهد.

شکل (۳): سامانه اطلاعات جغرافیائی شبکه آبیاری و زهکشی تجن

شکل (۳): سامانه اطلاعات جغرافیائی شبکه آبیاری و زهکشی زرینه رود

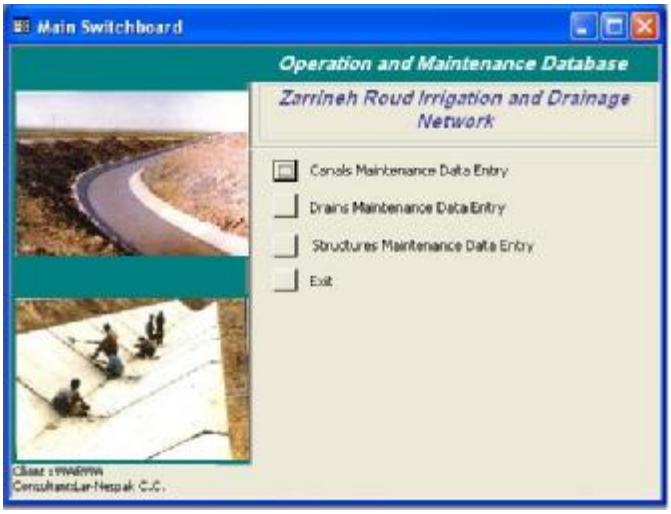


شکل (۵): سامانه اطلاعات جغرافیائی شبکه آبیاری و زهکشی مغان

استفاده از بانک اطلاعاتی GIS در مدیریت بهره برداری و نگهداری شبکه‌ها

قابلیت‌هایی که GIS در اختیار کاربران بانک اطلاعاتی تهیه شده می گذارد عبارتند از ارتباط و پیوند انواع اطلاعات، مدیریت اطلاعات شامل ذخیره و بازیافت آنها، پاسخ به سوالات شرطی، تجزیه و تحلیل اطلاعات، بررسی روند، تعیین الگو و مدل سازی. همانگونه که قبلا ذکر شد انواع مختلفی از اطلاعات به صورت نوشتاری، تصویر و اعداد و ارقام در بهره برداری و نگهداری از شبکه ها مطرح می باشد. امکان برقراری ارتباط بین این اطلاعات در GIS به راحتی از طریق کد شناسه واحد وجود دارد.

اطلاعات و داده های بهره برداری و نگهداری شبکه می تواند در یک بانک اطلاعاتی دیگر مانند Access جمع آوری شده و با بانک اطلاعاتی GIS مرتبط گردد. بدین طریق هر لایه اطلاعاتی در GIS به صورت یک نقشه تعاملی با قابلیت پرسش و پاسخ عمل خواهد کرد. کاربر به سادگی با مشخص کردن محل مورد نظر اطلاعات مشخصه آن بخش را که به سامانه وارد شده، مشاهده می کند. ضمن آنکه امکان تهیه نقشه های موضوعی مختلف بر اساس کاربرد مورد نظر نیز فراهم می باشد. شکل (۶) بانک اطلاعاتی Access شبکه آبیاری و زهکشی زرینه رود را نشان می دهد.



شکل (۶): بانک اطلاعاتی Access شبکه آبیاری و زهکشی زرینه رود

در GIS، امکان تهیه نقشه ها در زمانهای متوالی و انجام انواع پردازش و عملیات جبری بر روی آنها به سادگی فراهم می باشد. بدین طریق روند و الگوی تغییرات مکانی و زمانی پدیده های مختلف در محدوده شبکه تعیین می گردد. همچنین در مواردی که نیاز باشد تا یک تغییر در وضعیت بهره برداری مدلسازی شده و اثرات آن تعیین گردد، GIS و برنامه های تخصصی مدلسازی می توانند بکار گرفته شوند. یافتن الگوی بهینه کشت برای کسب حداکثر سود با توجه به منابع آبی موجود و تعیین بهره برداری تلفیقی مطلوب از آبهای زیرزمینی و منابع آبی شبکه از مواردی است که با مدلسازی در GIS و برنامه های تخصصی قابل انجام می باشد.

نتیجه گیری و پیشنهادات

لزوم و اهمیت دسترسی سریع به اطلاعات دقیق و بهنگام در بهره برداری و نگهداری شبکه های آبیاری و زهکشی ایجاب می کند که کلیه اطلاعات متنوع و ناهماهنگ، با بهره گیری از فناوریهای نو نظیر سامانه های اطلاعات جغرافیایی در قالب یک بانک اطلاعاتی به صورت یکپارچه و منسجم در آید. با تهیه بانک اطلاعاتی شبکه در GIS، امکان مدیریت اطلاعات، بهنگام کردن سریع اطلاعات، برقراری ارتباط بین انواع اطلاعات مکانی و غیرمکانی، جستجو، تحلیل های آماری، بررسی روند تغییرات، تحلیل و پردازش داده ها نسبت به هم، تهیه نقشه های ترکیبی، مدلسازی و غیره فراهم می شود.

بانک اطلاعاتی شبکه های آبیاری و زهکشی زیربنای مناسبی برای استفاده از GIS در فعالیتهای مختلف مرتبط با بهره برداری و نگهداری شبکه را ایجاد می نماید و هر یک از عوامل که به نحوی با مدیریت آب شبکه سر و کار دارند اعم از شرکت های بهره برداری، تشکل های آب بران، کشاورزان و غیره می توانند اطلاعات مورد نیاز خود را دریافت کرده و از آن استفاده نمایند. امروزه با پیشرفت سامانه های اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور، سامانه های موقعیت یابی جهانی (GPS) و فناوری اطلاعات، امکان جمع آوری و بهنگام کردن سریع اطلاعات فراهم شده و با کاربرد مناسب آنها مدیریت مطلوب بهره برداری و نگهداری شبکه های آبیاری و زهکشی میسر می گردد.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از شرکت مهندسین مشاور لار که اطلاعات این پروژه در اختیار نویسندگان مقاله قرار داده و انجام آن را امکان-پذیر نمودند، تقدیر و تشکر می‌گردد.

مراجع

۱- بی‌نام. ۱۳۸۰-الف. گزارش مطالعات بهره برداری و نگهداری از شبکه آبیاری و زهکشی مغان. مهندسین مشاور یکم-ا.سی.ای

۲- بی‌نام. ۱۳۸۰-ب. دستورالعمل استفاده از بانک اطلاعاتی GIS در بهره برداری و نگهداری شبکه های آبیاری و زهکشی مغان، زرینه رود و تجن. مهندسطن مشاور لار.

۳- تکاملی، ا.، دیانی، ش.، حجازی، ح.ر. و محمدی، ک. ۱۳۸۳. مدیریت بهینه بهره برداری از شبکه آبیاری بارانی بیله سوار مغان براساس بیلان رطوبتی خاک در محیط GIS. کارگاه آموزشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران ، ۲۵ بهمن، تهران.

۴- دیانی، ش.، محمدی، ک. و موسوی زاده، م.ح. ۱۳۸۲. کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مدیریت بهینه آب مصرفی شبکه های آبیاری و زهکشی، یازدهمین همایش ملی کمیته آبیاری و زهکشی ایران، ۴-۳ دی، تهران.

۵- ثنایی نژاد، سید حسین. ۱۳۷۷. مقدمه ای بر سامانه های اطلاعات جغرافیایی.

7- Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1996. Using ArcView GIS, The Geographic Information System for Everyone.

8- Fipps, G. and Leigh, E. 2000. GIS-Based management system for irrigation districts. Proceedings of International Conference on Challenges Facing Irrigation and Drainage in the New Millennium, USCID, Fort Collins, U.S.A., June 20-24, pp. 103-116.

9- Menenti, M., Azzali, S. and d'Urso, G. 1995. Management of irrigation schemes in arid countries. In:Use of Remote Sensing Techniques in Irrigation and Drainage, ed. Vidal, A., pp. 81-98.

10- MENRIS, ICIMOD, 1999. Training Manual on Application of GIS and Remote Sensing.

11- Ray, S.S. and Dadhwal V.K. 2001. Estimation of Crop Evapotranspiration of Irrigation Command Area Using Remote Sensing and GIS. Journal of Agricultural Water Management, Volume 49. 3,1: 230-249.

12- Sarangi, A., Rao, N.H., Brownee, Sh.M., Singh, A.K. 2001. Use of Geographic Information System (GIS) Tool in Watershed Hydrology and Irrigation Water Management. http://www.GISdevelopment.net.

13- Xanthoulis, D., Castaigne, Y., Marchand, P. and Buffet, D. 1998. Management Information System in Groundwater Irrigation to Support Farmer Groups in North Bali, Indonesia. http://www.GISdevelopment.net.