تاریخ پذیرش نهایی: ۸۵/۵/۲۳

کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مدیریت و بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی

دکتر علی حسین‌زاده دلیر*
داود فرسادی‌زاده**
رقیه صمدی بهرامی***
دکتر احمد فاخری فرد****
دکتر امیرحسین ناظمی*****

چکیده

در راستای مدیریت اصولی و بهینه آب در بخش کشاورزی، بررسی راهکارهای استفاده بهینه از آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی از طریق مدیریت عرضه و تقاضا، برنامه‌ریزی دقیق و به‌هنگام تحویل آب در کنار سایر بخش‌های مدیریتی ضروری می‌باشد. در این مقاله از میان جنبه‌های مختلف مدیریتی، به مدیریت تحویل آب در این شبکه‌ها پرداخته و به عنوان مطالعه موردی، سیستم مدیریت تحویل آب در قطعه RMC شبکه آبیاری و زهکشی دشت تبریز تهیه شده است. با تهیه بانک اطلاعاتی در محیط GIS و پایگاه داده‌ای SQL Server و برنامه‌نویسی در محیط ویژوال بیسیک، ضمن اعمال ساده‌سازی‌های منطقی در برنامه‌ریزی آبیاری، سیستم مدیریت تحویل آب، بر اساس روش مناسب توزیع، طراحی و به عنوان خروجی ، برنامه تحویل آب به قطعات زراعی در کانال‌های این شبکه آبیاری ارائه شده است. سیستم قادر است مقدار آب مورد تقاضا را با منابع آب قابل دسترس مقایسه نموده و در شرایط کم آبی با توجه به مقدار آب قابل دسترس و اهمیت و ارزش اقتصادی محصول، مقدار آب و یا زمان تحویل را تعدیل نماید.

واژگان کلیدی

مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، GIS، برنامه‌ریزی تحویل آب، پایگاه داده‌ها.

---

* استادیار دانشگاه تبریز
** عضو هیأت علمی دانشگاه تبریز
*** دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز
**** دانشیار دانشگاه تبریز
***** دانشیار دانشگاه تبریز

مقدمه

یکی از تنگناهای اساسی دنیای امروز کافی نبودن آب برای مصارف گوناگون اعم از شرب، صنعت، کشاورزی و محیط‌های طبیعی است. بررسی وضع موجود کشاورزی بیانگر آن است که با وجود افزایش پتانسیل تولید محصولات کشاورزی، به دلیل فقدان یک سیستم مدیریتی صحیح، امکان استفاده بهینه از منابع موجود میسر نشده و خشکسالی‌ها و کاهش نزولات جوی و افزایش جمعیت، کاهش میزان آب استحصالی را در بخش کشاورزی به دنبال داشته است. در این راستا بررسی راهکارهای استفاده بهینه از آب از طریق بازنگری در تخصیص منابع آب و مدیریت صحیح عرضه و تقاضا در مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی امری ضروری به نظر می‌رسد. داده‌ها و عوامل موجود در شبکه‌های آبیاری و زهکشی به لحاظ جنبه‌های گوناگون فنی، اجتماعی، زیست محیطی، اقتصادی و مدیریتی از تنوع و گستردگی بسیار زیادی برخوردار بوده که در تعامل با یکدیگر در خصوص تبادل اطلاعات می‌باشند. مدیریت بهینه این داده‌ها، جز اعمال مدیریت اصولی و یکپارچه میسر نخواهد بود. در این مقاله به‌طور خاص به مدیریت تحویل آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی پرداخته شده است. در خصوص برنامه‌ریزی مدیریت آبیاری، سازمان خواربار کشاورزی[1] (۱۹۹۶)، نرم‌افزار SIMIS[2] را ارائه نموده است. SIMIS یک نرم افزار پشتیبانی جهت تسهیل اهداف مدیریتی بوده که در برنامه‌ریزی‌های آبیاری به کار می‌رود.

هدف اصلی این مقاله تعیین نحوه توزیع آب در شبکه‌های آبیاری می‌باشد، به‌گونه‌ای که نتایج حاصله مدیر بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی را قادر خواهد ساخت که با توجه ساختار فیزیکی شبکه آبیاری، بر اساس نیاز آبی محصولات، شرایط اقلیمی و منابع آب قابل دسترس، برنامه مدیریتی بهینه آب در شبکه را ارائه نماید تا ضمن توزیع متناسب آب، شرایط وصول به حداکثر بهره‌وری و راندمان را تامین نماید. به همین منظور استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی که بتواند کلیه داده‌های مکانی و توصیفی را طبقه‌بندی کرده و به‌صورت مناسب ذخیره‌سازی نماید، اجتناب ناپذیر می‌باشد. این سیستم جهت پشتیبانی و کمک به مدیریت شبکه طراحی شده است، به این ترتیب کاربر خواهد توانست اطلاعات مورد نیاز خود را در زمان اندک و به صورت طبقه‌بندی شده دریافت نماید. تمامی داده‌های مورد نیاز جهت ارائه برنامه مدیریتی تخصیص آب از بانک اطلاعاتی که در SQL Server و GIS طبقه‌بندی و ذخیره‌سازی شده است فراخوانی و با استفاده از مدل تهیه شده در محیط برنامه نویسی ویژوال بیسیک که قابلیت اتصال به GIS را دارد محاسبات مربوطه انجام و در نهایت خروجی‌های بدست آمده از محیط برنامه‌نویسی در GIS نمایش داده می‌شود.

1. Food and Agriculture Organization (FAO)
2. Scheme Irrigation Management Information System

مدیریت تحویل آب در شبکه‌های آبیاری

مدیریت تحویل آب در شبکه‌های آبیاری به منظور تأمین نیاز آبی قطعات زراعی با استفاده از معیارها و شیوه‌های مناسب توزیع آب و تطابق میان میزان عرضه و تقاضای آب در کل شبکه تدوین می‌گردد و هدف از آن، توزیع به موقع و مناسب آب آبیاری برای تامین آب مورد نیاز گیاهان تحت کشت و نزدیک ساختن هر چه بیشتر مقدار آب قابل دسترس با میزان تقاضا می‌باشد. شناخت منابع تامین کننده آب شبکه و میزان حجم قابل استحصال از آن به همراه مصارف و تقاضاها، ازموارد بسیار مهم در برنامه‌ریزی آبیاری و توزیع آب در شبکه‌هاست. در یک پروژه آبیاری، مباحث مدیریتی به داده‌های پایه‌ای اعم از اطلاعات خاک‌ها، آب و هوا، آرایش مجاری آبیاری و زهکشی، نوع محصولات، مالکیت‌های حقوقی اراضی، کاربری اراضی و غیره نیاز دارند که اهداف مختلف مدیریتی در شبکه، همچون نحوه تحویل و توزیع آب، مدیریت زه آبهای موجود، تعمیر و نگهداری از شبکه را تأمین می‌نمایند. داده‌های هر شبکه آبیاری و زهکشی به این علت که پایه‌ای برای محاسبات در مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی هستند، بایستی با دقت فراوان تهیه و وارد سیستم مدیریتی آن گردند. این اطلاعات به چهار گروه تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

الف) اجزاء و آرایش شبکه آبیاری ج) طرح‌ریزی آبیاری ب) محاسبات نیاز آبی د) برنامه‌ریزی و توزیع آب.

از جمله می‌توان به روش بر حسب تقاضا[1]، روش بخشی از تقاضا[2]، روش گردش در کانال و بخشی از تقاضا[3]، روش گردشی[4]، روش پیوسته[5] و روش متناسب با منبع آبی[6] اشاره نمود. در این مقاله با توجه به شرایط مطالعه موردی، از روش گردش در کانال و بخشی از تقاضا به‌عنوان روش مناسب در برنامه‌ریزی تحویل و توزیع آب استفاده شده است. به این ترتیب کشاورز میزان تقاضای آب را به مدیر آبی شبکه منتقل کرده و پس از تعدیل میزان تقاضا با امکانات منابع آبی و ظرفیت شبکه، نتایج محاسبات انجام شده و زمان، دبی و حجم آب تحویلی به کشاورز اعلام می‌گردد. مقدار حجم آب داده شده به کشاورزان معمولاً به مقدار مساحت اراضی و محصولات کشت شده، وابسته است. در این سیستم چرخش علاوه بر کانال‌های درجه ۳، در کانال‌های درجه۲ هم بر قرار می‌باشد.

ساختار سیستم مدیریت تحویل آب در شبکه آبیاری

این سیستم از سه مدل ورود و ذخیره داده‌ها در بانک اطلاعاتی، مدل برنامه‌ریزی تحویل آب و مدل تعدیل آب مورد تقاضا تشکیل یافته که در هر یک پردازش‌های متنوعی انجام می‌گیرد که همگی با یکدیگر در ارتباط می‌باشند.

1. On-demand
2. Semi-Demand
3. Canal Rotation & Semi Demand
4. Rotational
5. Continuous Flow
6. Proportional Supply

ورود و ذخیره داده‌ها در بانک اطلاعاتی

در این مدل تمامی اطلاعات و پارامترهای مورد نیاز به‌عنوان پارامترهای ثابت و پارامترهای قابل تغییر وارد می‌شوند. این پارامترها شامل سه گروه اطلاعات هستند:

الف - اطلاعات مربوط به مشخصات منابع آب قابل دسترس اعم از منابع آب سطحی و زیرزمینی در ماه‌های مختلف سال که باید وارد سیستم گردد.

ب - اطلاعات مربوط به آرایش شبکه آبیاری و مشخصات هیدرولیکی و تعریف دقیق اجزاء و کانال‌های شبکه، که از بالادست به پایین‌دست شبکه صورت گرفته و به عنوان پارامترهای ثابت وارد سیستم می‌گردد.

ج - اطلاعات مربوط به الگوی کشت و نیاز آبی شبکه، که در این بخش اطلاعات مربوط به الگوی کشت، قطعات زراعی (مساحت و نوع محصولات کشت شده در هر قطعه زراعی)، آب مورد نیاز ناخالص آبیاری برای محصولات مختلف الگوی کشت و راندمان‌ها و تقویم آبیاری و دور آبیاری به عنوان ورودی به سیستم وارد شده و در بانک اطلاعاتی ذخیره می‌گردد.

مدل برنامه ریزی تحویل آب

پس از ورود کلیه اطلاعات، محاسبات مدل به منظور تعیین نحوه گردش و تناوب آبیاری و زمان باز و بسته شدن دریچه‌ها و سایر پارامترهای مورد نیاز انجام می‌گیرد. به این ترتیب که با استفاده از اطلاعات وارد شده مربوط به الگوی کشت، زمان و عمق آبیاری هر کدام از محصولات، حجم آب مورد نیاز آبیاری در ابتدای هر قطعه زراعی برای کلیه قطعات زراعی محاسبه می‌گردد. با توجه به مشخصات هیدرولیکی دریچه‌های آبگیر مربوط به هر قطعه زراعی، میزان دبی عبوری از آنها تنظیم شده و زمان باز بودن هر دریچه و حجم آب تحویلی مشخص می‌گردد. با علم به مشخصات هیدرولیکی هر کانال درجه ۳ و محدودیت‌های ناشی از آن و نیز انتخاب نحوه توزیع و گردش آب در میان دریچه‌ها، می‌توان تعداد دریچه‌هایی را که می‌توانند به طور هم زمان باز باشند، تعیین نمود؛ به گونه‌ای که مقدار دبی دریچه‌های باز از دبی طراحی کانال بیشتر نشود و محدودیت‌های حداقل سرعت (سرعت رسوب‌گذاری) و عدد فرود جریان رعایت گردد. به این ترتیب می‌توان در هر زمان و دور آبیاری، حداقل و حداکثر تعداد آبگیرهای هر کانال درجه ۳ را که می‌توانند باز باشند را تعیین نمود. به منظور مدیریت هر چه بهتر نحوه توزیع آب در کانال‌ها، ترتیب باز و بسته شدن کانال‌ها از پایین‌دست به سمت بالادست در نظر گرفته شده است. به همین ترتیب، کلیه محاسبات در نحوه بهره‌برداری، به کانال‌های درجه ۲و۱ و کانال اصلی بسط داده می‌شود و در هر زمان می‌توان میزان آب مورد نیاز در شبکه را محاسبه نمود. نحوه محاسبات طوری تنظیم شده که هر دور آبیاری با دور آبیاری بعدی تداخل نداشته باشد، به گونه‌ای که مقدار دبی و زمان باز بودن دریچه‌های روز آخر از دور آبیاری اول با دور آبیاری بعدی تداخل ننماید. مجموعه این محاسبات برای تمام شبکه و کل فصل زراعی و تمام

دورهای آبیاری انجام می‌شود و میزان آب مورد نیاز در ابتدای شبکه که می‌بایست از منابع تامین آب در اختیار شبکه قرار گیرد، مشخص می‌گردد.

مدل تعدیل آب مورد تقاضا

به منظور بررسی کفایت مقدار آب قابل دسترس از منابع آب، مدل تعدیل آب مورد تقاضا در نظر گرفته شده است. این مدل ضمن مقایسه مقدار آب مورد نیاز شبکه (آب مورد تقاضا) و مقدار آب قابل دسترس از منابع تامین آب، در صورت نیاز، اقدام به تعدیل آب مورد تقاضا می‌نماید. در دوره‌های پیک مصرف و دوره‌های خشکسالی ممکن است میزان آب درخواست شده در ابتدای شبکه با مقدار آب قابل دسترس مطابقت ننماید که در این صورت مدل پیغامی به کاربر داده و میزان کمبود و اختلاف بین عرضه و تقاضا را ارائه می‌نماید. به این ترتیب کاربر میزان تقاضای خود را با روش‌های مختلفی همچون کم آبیاری، کاهش سطح زیر کشت محصولات پرمصرف و غیره به میزان عرضه منابع آبی می‌تواند تقلیل دهد.

خروجی‌های سیستم

از مهم‌ترین خروجی‌های این سیستم می‌توان به عوامل آبیاری اراضی تحت پوشش شبکه به تفکیک قطعات زراعی، احجام آب مصرفی واحدهای زراعی در طول یک دوره معین، زمان باز و بسته شدن دریچه‌ها و دبی عبوری از کانال‌ها، مقدار آب برداشت شده از منابع آبی مختلف اشاره نمود. در کنار این موارد، می‌توان از سیستم، اطلاعات دیگری نیز دریافت کرد که در ارائه راهکارهای مدیریت بحران مانند مدیریت عرضه و تقاضا در فصول کم آبی و کنترل الگوی کشت مفید خواهد بود. سیستم حاضر قادر است تمام اطلاعات مورد نیاز کاربر را به صورت جداول مربوطه ارائه نماید.

شبکه آبیاری و زهکشی دشت تبریز

به منظور ارزیابی مدل، بخشی از شبکه آبیاری و زهکشی دشت تبریز انتخاب شده است. شبکه آبیاری و زهکشی دشت تبریز با مساحت ناخالص ۲۵۰ کیلومتر مربع، به قطعات LMC و AMC و RMC واقع در ساحل چپ «سنیخ چای» تقسیم شده است. محدودیت‌های موجود در این شبکه نه تنها بخش طراحی، بلکه مدیریت بهره‌برداری از این شبکه را تحت تاثیر قرار داده است که بدون در نظر گرفتن این محدودیت‌ها و ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب، مدیریت بهینه و اصولی این شبکه محال می‌باشد. در این مقاله، قطعه RMC با مساحت ناخالص ۵۰۰۰ هکتار انتخاب شده است. کلیه مشخصات فیزیکی و هیدرولیکی اجزای قطعه RMC همچنین قطعات زراعی تحت پوشش این کانال‌ها، مشخصات الگوی کشت و نیاز آبی شبکه وسط مدل به بانک اطلاعاتی وارد شده است. این بانک اطلاعاتی همواره در اختیار مدل بوده و مدل قادر است برای انجام محاسبات، داده‌های مورد نیاز را از بانک اطلاعاتی فراخوانی کرده و بعد از انجام محاسبات.

نتایج را در جداول مربوطه در بانک اطلاعاتی داده‌ها ذخیره نماید. همچنین به منظور مدیریت تحویل آب در این شبکه، از داده‌ها و پارامترهای تقویم آبیاری محصولات مختلف الگوی کشت استفاده شده تا بتوان به وسیله آنها زمان آبیاری، تعداد روزهای آبیاری و دورآبیاری را مشخص نمود. دلیل عمده تهیه تقویم آبیاری به دست آوردن حداکثر عملکرد محصول با استفاده از مصرف بهینه آب است. اصلاح تقویم آبیاری در این طرح با هدف ایجاد نظم در نحوه توزیع آب در شبکه و با درنظر گرفتن هیدرولیک شبکه و الگوی کشت و حداقل کاهش محصول و ارزش اقتصادی آنها انجام گردید. همچنین بر اساس مطالعات انجام شده به منظور آب‌شویی اراضی، پیش آبیاری با عمق ۷۰ میلیمتر قبل از شروع فصل کشت در نظر گرفته شده است.

ایجاد بانک اطلاعاتی شبکه دشت تبریز

عوامل و داده‌های مورد استفاده از شبکه دشت تبریز در مدل، از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و بانک اطلاعاتی که در SQLServer تهیه شده، فراخوانی می‌شود. داده‌های فراخوانده شده از GIS شامل کلیه لایه‌های اطلاعاتی بوده که علاوه بر استفاده از برخی از آنها در مدل برنامه‌ریزی، به عنوان یک بانک اطلاعاتیٔ نیز استفاده می‌گردد. از جمله آنها می‌توان به لایه‌های توپوگرافی منطقه طرح، سد و کانال انتقال، کانال‌های اصلی، کانال‌های درجه ۱، ۲ و ۳ و آبگیر کانال‌ها، زهکش‌ها و نقاط تخلیه زه‌آب، مساحت تحت پوشش هر کانال درجه ۳، روستاها، تاسیسات، جاده‌ها، راه‌آهن، رودخانه‌ها و آبراهه‌های موجود در منطقه طرح، خطوط انتقال برق اشاره نمود. در هر کدام از این لایه‌ها علاوه بر مشخصات فیزیکی لایه، مانند مساحت، محیط، طول و دیگر مشخصات مربوط به این لایه‌ها نیز درقالب فرمول و مقادیر ثابت به جداول توصیفی آنها اضافه گردیده است. به این ترتیب کاربر با انتخاب هر لایه بر روی نقشه و یا انتخاب از روی جداول توصیفی کلیه مشخصات آن لایه را مشاهده نموده و در هر زمان می‌تواند اطلاعات جدید را وارد کرده و برخی از آنها را ویرایش و یا حذف نموده و تغییرات ایجاد شده را در لایه‌ها و جداول توصیفی آنها مشاهده نماید. همچنین کاربر خواهد توانست با استفاده از قابلیت ترکیب لایه‌های مختلف و ایجاد ارتباط بین آنها و نیز ایجاد حالت پرس وجو[1] و نوشتن برنامه[2] در لایه‌های مختلف، اطلاعات مورد نظر خود را دریافت نموده و از آنها گزارش‌گیری نماید. این قابلیت‌ها به کاربران امکان خواهد داد که در هر زمان بتوانند لایه‌های اطلاعاتی را به هنگام نموده و نتایج را به صورت جداول، چارت‌ها، گراف‌های دو بعدی و سه بعدی و نقشه مشاهده نمایند.

نتیجه گیری و پیشنهادات

به منظور رسیدن به مدیریت مطلوب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، نیاز است مسائل و عوامل کلیه شاخه‌های مدیریتی تاثیرگذار در نظر گرفته شود. در این راستا پیشنهاداتی به شرح ذیل ارائه می گردد:

1. Query
2. Script

- از آنجا که مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی تنها مدیریت آب نیست، به منظور رسیدن به هدف حداکثر بهره‌برداری از شبکه‌ها آبیاری و افزایش بهره‌وری و کاهش تلفات و خسارات آنها، تحقیقاتی در کلیه زمینه‌های مدیریت جامع شبکه، اعم از زهکشی، منابع آب، زیست محیطی، کشاورزی و اجتماعی و غیره، که در راهبری بهینه و اصولی مدیریت یکپارچه شبکه موثر می‌باشند توسط متخصصان مربوطه انجام گیرد.
- به منظور جلوگیری از مفقود شدن اطلاعات بدست آمده در مطالعات، توصیه می شود بانک اطلاعاتی جامع مورد نیاز سیستم مدیریت یکپارچه شبکه، در حین انجام مطالعات تهیه شده و با نتایج حین اجرا و بهره‌برداری نیز به هنگام گردند. این اطلاعات میتواند شامل مشخصات فنی و پارامترهای اجزای شبکه آبیاری، شبکه زهکشی، منابع آب (سطحی و زیرزمینی)، محدوده مناطق دارای مشکل شوری و ماندابی، لایه مختلف آب های زیرزمینی، مالکیت‌ها و پارامترهای اقلیمی، الگوی کشت اراضی، پارامترهای خاکشناسی و واحدهای زراعی باشند.
- تهیه مدل استفاده تلفیقی از آب زیرزمینی و آب‌های سطحی در طول فصل زراعی
- اصلاح تدریجی سیستم با کسب تجربیات محلی و اعمال سالانه آنها.
- اعمال روش‌های مختلف مدیریت بحران در مواقع خشکسالی، سیلاب و دوره‌های کاهش کیفیت آب آبیاری.
- تهیه مدل بهینه سازی برداشت آب از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، در ماه‌های مختلف فصل زراعی بر اساس کمیت و کیفیت این آب‌ها و بر حسب حساسیت گیاهان به کیفیت آب در مراحل مختلف رشد گیاه.

بررسی و انتخاب گزینه‌های مختلف تعدیل عرضه و تقاضا در هنگامیکه میزان آب مورد تقاضا بیش از مقدار آب قابل دسترس از منابع آبی است. به عنوان مثال کاهش سطح زیر کشت محصولات پر مصرف، تغییر نوع الگوی کشت محصولات زراعی، قراردادن بخشی از مزرعه به عنوان آیش، اعمال روش‌های کم آبیاری و....

اعمال روش‌های بهینه‌سازی در ترتیب و نحوه چرخش بین آبگیرهای مزرعه و نحوه باز و بسته شدن آنها از بالادست به پایین دست و یا بالعکس

اعمال روش‌های بهینه‌سازی در ترتیب و نحوه چرخش کانال‌های درجه۳و ۲ و نحوه باز و بسته شدن آنها از بالادست به سمت پایین دست و یا بالعکس

مدیریت مالی شبکه یکی از مسائل مهم مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی است در ادامه این تحقیق پیشنهاد می‌شود بانک اطلاعاتی شامل اطلاعات اقتصادی از قبیل هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری، درآمدهای حاصل از فروش آب، حقوق و دستمزد میرآب‌ها و به سیستم موجود اضافه شود و روش‌های مختلف مدیریت مالی شبکه نیز در سیستم ارائه گردد.

- تهیه مدل‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده در سیستم‌های مدیریتی بخش‌های مختلف بهره برداری از شبک
  آبیاری و زهکشی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱- بی نام. (۱۳۸۳)، **گزارش وضع موجود آب، خاک، کشاورزی دشت تبریز**، مهندسان مشاور یکم می.ای. وزارت نیرو، سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل.

۲- صمدی بهرامی، ر. (۱۳۸٤)، **کاربرد GIS در مدیریت و بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی** پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

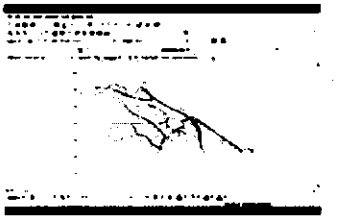
- Aronoff, S. (1991), **Geographic Information Systems: A Managemer Perspective**, WDL Publications, Ottawa.
- Huang, Y. (2003), **Modeling Flows in Irrigation Distribution Networks Model Description and Prototype**, Biological and Agricultural Engineerin Department, Texas A$M University, Written for Presentation at the 200 ASAE; Las Vegas, Nevada, USA, 27-30 July.
- Mladen, T., Pasquale S. (2002), **A GIS for Irrigation Management.**
- Rao, N.H., Sheena M. and Sarma P.B.S. (2004), **GIS Based Decisio Support System for Real Time Water Demand Estimation in Cana Irrigation System**, Current Science, Vol. 87, No.5 .

Sagardoy, J.A., Bottrall, A. and Uttenbogaard, G.O. (1986), **Organizatio Operation and Maintanance of Irrigation Schemes**, FAO, Paper 40.

Sarangi, a., Rao, N.H., Brownee, S.M. and Singh, A.K. (2001), **Use o Geographic Information System (GIS) tool in Watershed Hydrology an Irrigation Water Management**, New Delhi. pp .1-4.

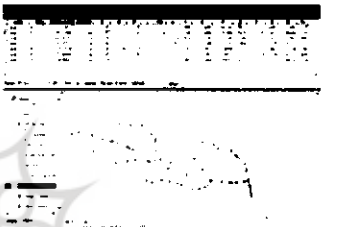
Fipps, G. and Leigh, E. (2000), **GIS- Based Management System fo Irrigation Districts**, Proceedings of International Conference on Challenge Facing Irrigation and Drainage in the New Millennium, USCID, Fort Collins U.S.A., June 20-24, pp. 103-116.

-Vanden Bulcke, M., Sagardoy, J.A., Hatcho, N., Bellostas, J.M. (1996), **Use Manual of SIMIS (Scheme Irrigation Management Information System)** FAO.



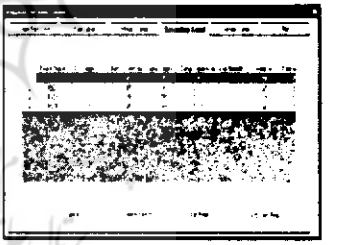
شکل(۱): آرایش کانال‌های آبیاری در قطعه RMC

شکل(۲):مساحت تحت پوشش کانال‌های درجه۳ و مشخصات آنها

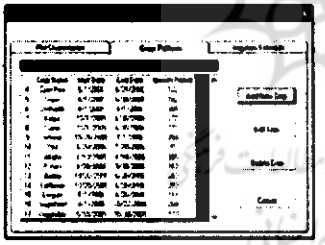


شکل(۳): آرایش کانال درجه RS2 و کانال‌های درجه ۳ آن

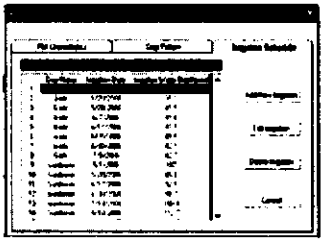
شکل(٤): لایه‌های سه بعدی شده قطعه RMC و توصیف یک لایه



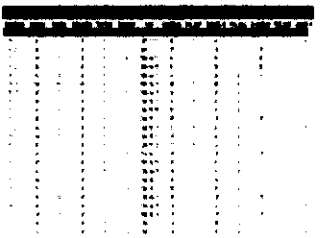
شکل(٥): ورود مشخصات هیدرولیکی کانال های درجه ۲ درمدل



شکل(٦): الگوی کشت تعریف شده در مدل ورود داده‌ها



شکل(۷): تقویم آبیاری محصولات الگوی کشت در مدل ورود داده‌ها



شکل(۸):جدول خروجی پلانهای آبیاری در کانال های درجه۳.