دانشکده کشاورزی
گروه مهندسی آب

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی

عنوان

تخصیص بهینه آب در طول فصل زراعی با استفاده از الگوریتم ژنتیک در شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای

استادان راهنما

دکتر سید علی اشرف صدرالدینی

دکتر امیرحسین ناظمی

استاد مشاور

دکتر محمد علی قربانی

پژوهشگر

حامد کیافر

شهریور ماه ۱۳۸۹

نام خانوادگی : کیافر **نام :** حامد

عنوان پایان نامه : تخصیص بهینه آب در طول فصل زراعی با استفاده از الگوریتم ژنتیک در شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای

اساتید راهنما : دکتر سید علی اشرف صدرالدینی و دکتر امیرحسین ناظمی

استاد مشاور : دکتر محمد علی قربانی

مقطع تحصیلی : کارشناسی‌ارشد **رشته :** مهندسی آب

گرایش : آبیاری و زهکشی

دانشگاه : تبریز **دانشکده :** کشاورزی

تاریخ فارغ التحصیلی : شهریور ۸۹ **تعداد صفحات :** ۱۲۸

واژه‌های کلیدی : بهینه‌سازی، الگوریتم ژنتیک، شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای

چکیده :

در تحقیق حاضر برای تخصیص بهینه آب در طول فصل زراعی در شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای ابتدا به بررسی وضعیت منابع آب موجود اعم از آب موجود در مخزن سد علویان، سفره‌های آب زیرزمینی، بارندگی موثر، آب برگشتی از شهر مراغه و آورد رودخانه ورجوچای پرداخته شد. برای پیش‌بینی آورد رودخانه صوفی‌چای و اسفستانج از شبکه عصبی در محیط نرم‌افزار **MATLAB** استفاده شد و در ادامه نیازهای موجود در محدوده طرح که شامل نیاز شرب و صنایع شهر مراغه، نیازهای زیست محیطی و نیاز آبی محصولات کشاورزی در شبکه آبیاری و زهکشی بررسی و برآورد شد. در ابتدای فصل زراعی با تعیین الگوی بهینه کشت بر اساس پیش‌بینی منابع موجود با هدف حصول سود خالص بیشتر، اقدام به تخصیص آب در طول فصل زراعی شد. بدین منظور با برنامه‌ریزی خطی از نرم‌افزار **LINGO** استفاده شد. با توجه به امکان تفاوت الگوی کشت برآورد شده با الگوی کشت اجرا شده در منطقه توسط زارعین و همچنین کاهش خطای پیش‌بینی منابع آب، برنامه‌ریزی برای تخصیص بهینه آب در طول فصل زراعی با هدف حصول سود خالص بیشتر به صورت تعیین سطح تحت آبیاری کامل با برنامه‌ریزی خطی از نرم‌افزار **LINGO** و همچنین بر اساس اصول کم‌آبیاری با برنامه‌ریزی به روش الگوریتم ژنتیک در محیط نرم‌افزار **MATLAB** انجام شد. نتایج و تحلیل‌های این فصل حاصل از اجرای نرم‌افزارهای ذکر شده می‌باشد و امکان انتخاب راه‌کار مناسب جهت استفاده بهینه از منابع آب و مقادیر تخصیص در شرایط مختلف مقادیر منابع آب را می‌دهد.

مقدمه

امروزه آب به عنوان یکی از عناصر کلیدی مهم توسعه پایدار برای تمامی جوامع بشری مطرح می‌باشد، به طوری که چگونگی مدیریت آن از عرصه‌های فنی و مهندسی عبور کرده و جایگاه ویژه‌ای را در گستره‌های اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و حتی سیاسی و امنیتی رقم زده است؛ و می‌توان اذعان نمود که از بزرگترین چالش‌ها و دغدغه‌های جوامع بشری، محدودیت منابع آب و افزایش تقاضای روزافزون آن، صدمه‌های ناشی از بحران آب (مانند خشک‌سالی‌ها و سیلاب‌های ویرانگر)، آلودگی آب، ناهمگونی و پراکندگی توزیع زمانی و مکانی آب است.

از طرفی ناکامی اکثر مدل‌های توسعه در بخش آب به ویژه در کشورهای در حال رشد و نقد اساسی آنها در طی دهه‌های اخیر منجر به بازنگری در دیدگاه‌های مدیریتی توسعه شده است. نتایجی چون پایین بودن کارآیی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، پایین بودن شاخص‌های عملکرد، تخصیص‌های ناعادلانه و غیره که به تبع آنها تشدید بحران‌های زیست محیطی، افزایش فقر و نابرابری‌های اجتماعی، تشدید شکاف اقتصادی میان کشورهای صنعتی و در حال رشد و سایر موارد از این دست که ناشی از مدل‌های توسعه‌ای بدون توجه کافی به عناصر غیرسازه‌ای بوده، نهادها و برنامه‌ریزان در سطوح مختلف را بر آن داشته است تا به منظور دیگرگونه ساختن شرایط، الگویی جدید و کم اشکال‌تر از قبل برای برنامه‌ریزی‌های آینده در بخش آب تدوین کنند، الگویی که حاصل تعامل دوسویه سخت‌افزارها و نرم‌افزارها با رویکرد مدیریت سیستماتیک و یکپارچه "در قالب هنر و علم ترکیب نگرش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای در جهت اجرای موثر و کارآیی طرح‌های توسعه با رعایت اصول پایدار" است.

در واقع هدف از رویکرد مدیریت یکپارچه، زمینه‌سازی برای توسعه متوازن و همه‌جانبه و بیشینه کردن منافع اقتصادی، اجتماعی و پیشگیری از اتلاف سرمایه‌ها، حفظ حیات طبیعی و محیط زیست و حفظ حقوق آیندگان است. چنین رویکردی نیازمند بهره‌گیری از مجموعه‌ای گسترده از تحلیل‌ها، مدل‌سازی‌ها، سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد که از آن جمله می‌توان به اعمال مدیریت توامان عرضه و تقاضا اشاره کرد.

مدیریت توام عرضه و تقاضا، مجموعه اقدامات و فعالیت‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای است که در جهت تخصیص بهینه منابع به مصارف، با شناخت و برآورد پتانسیل منابع موجود و قابل استحصال و توانایی عرضه آنها و از طرف دیگر شناخت نیازها، اهمیت و وزن هر بخش مصرف‌کننده و مدیریت و کنترل مصارف، انجام می‌شود. که در مسایل مربوط به مدیریت عرضه می‌توان به اقداماتی همچون استحصال منابع بیشتر، تغییر روش‌های آبیاری، ارزیابی سامانه‌های انتقال، بازچرخانی آب و در مسایل مدیریت تقاضا به تبیین نظام‌های بهره‌برداری کارآ و مواردی از این نظام از جمله تعیین الگوی کشت مناسب، تغییر الگوی مصرف و اعمال کم‌آبیاری اشاره کرد. به عبارت دیگر بهینه‌سازی تخصیص ابزاری است برای اجرای مدیریت توام عرضه و تقاضا در جهت نیل به اهداف تعریف شده با رویکرد مدیریت یکپارچه منابع آب. بدیهی است در این راستا بکارگیری شیوه‌های مبتنی بر اصول برنامه‌ریزی ریاضی و یا هوشمند منجر به ارایه‌ی نتایج مطلوب‌تری خواهد شد.

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق محدوده‌ی شبکه آبیاری و زهکشی دشت صوفی‌چای به وسعت ۱۲۵۰۰ هکتار و دیگر بخش‌های مختلف مصرف آب است که عمدی منبع تامین کننده آنها سد علویان واقع در شمال شهرستان مراغه می‌باشد؛ که با بررسی و پیش‌بینی منابع آب و برآورد دقیق مصارف در محدوده مطالعاتی تخصیص بهنگام بهینه آب در طول فصل زراعی با هدف بیشینه کردن سود

حاصل از فروش محصولات کشاورزی و کمینه کردن زیان مالی از عدم تخصیص کامل به مصارف شرب، صنایع و زیست محیطی انجام شد. برای پیش‌بینی بهنگام منابع آب از شبکه عصبی در محیط نرم-افزار MATLAB.R2009a استفاده شد و برای استفاده بهینه از منابع آب در این تحقیق از دو روش زیر استفاده شده است :

الف) مدل بهینه‌سازی تخصیص با اصول آبیاری کامل و تعریف متغیر تصمیم گیری به صورت تعیین الگوی کشت در ابتدای فصل زراعی و تعیین سطح تحت آبیاری در طول فصل زراعی با برنامه‌ریزی خطی توسط نرم‌افزار Lingo.V.9.

ب) مدل بهینه‌سازی تخصیص با اصول کم‌آبیاری و تعریف متغیر تصمیم گیری به صورت تعیین مقدار آب تخصیصی به مصارف در طول فصل زراعی با برنامه‌ریزی هوشمند به وسیله الگوریتم ژنتیک در محیط نرم‌افزار MATLAB.R2009a.

در ضمن در هر دو مدل، مقدار برداشت از منابع مختلف آب به عنوان متغیر تصمیم گیری تعریف شد و محدودیت‌هایی برای این متغیرها جهت کنترل عرضه اعمال شد. نتایج این مدل‌ها امکان انتخاب راه‌کار مناسب جهت استفاده بهینه از منابع آب و مقادیر تخصیص در شرایط مختلف مقادیر منابع آب را می‌دهد.

فصل اول

بررسی منابع

۱ ـ کلیات

طرح‌ها و محاسبات باقی مانده از شیخ بهایی، شیخ علی‌بن یوسف، شمس‌اله وردی‌خان، لئوناردو داوینچی، ژان لوئی‌آگسی و دیگر مشاهیر و دانشمندان علوم آب در مورد مدیریت و نحوه‌ی سهم‌بندی عادلانه آب بین نیازهای مختلف، همگی حکایت از اهمیت تخصیص بهینه آب از دیرباز در بین جوامع بشری دارد.

در سده‌ی اخیر و بعد از پایان جنگ جهانی دوم، هم‌زمان با پیشرفت تکنولوژی ساخت سازه‌های عظیم، بکارگیری نگرش سیستماتیک در تحلیل و حل مسایل تخصیص منابع (بالاخص منابع پایه مانند آب) بین نیازهای بخش‌های مختلف بر پایه اصول برنامه‌ریزی ریاضی، سبب جهش بزرگی در مسیر اهداف توسعه بخشی و فرابخشی شده است.

در این فصل از تحقیق، در راستای رویکرد سیستماتیک و لحاظ کردن این نکته که تخصیص بهینه حلقه‌ای از سیستم یکپارچه عرضه و تقاضا (منابع و مصارف) است، به بررسی و ارزیابی اصول و مبانی نظری و تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور پرداخته شده است.

۱ ۲ اصول و مبانی نظری

۱ ۲ ۱ مدیریت عرضه- منابع آب

مدیریت عرضه به مجموعه اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای می‌گویند که جهت تامین مصارف و تقاضاها انجام می‌شود که شامل بررسی مقادیر منابع آب موجود و قابل استحصال و میزان استفاده از این منابع و روش‌های انتقال آب می‌باشد.

در این تحقیق، بررسی و تخمین مقادیر منابع آب موجود، از جمله آورد رودخانه‌های منطقه، آب‌های زیرزمینی، بارندگی موثر و آب برگشتی از شهر مراغه، انجام شده است.

۱ ۲ ۱ ۱ بارندگی موثر

درصدی از بارندگی که به مصرف گیاه می‌رسد را بارندگی موثر گویند. برای تخمین بارش موثر براساس داده‌های اقلیمی و هواشناسی موجود، می‌توان از معادلات موجود مانند معادله FAO ، USDR ، SCS ، درصدی از بارش کل و... استفاده نمود.

در این تحقیق، بارندگی موثر توسط معادله‌ی SCS برآورد شده است.

معادله SCS

$$\mathbf{ER_t = F(D)_t * (1.25(R_t)^{0.824} - 2.93) * 10^{0.000955ETc_t}} \quad (۱-۱)$$

$$\mathbf{F(D)_t = 0.53 + 0.0116D_t - 8.94 * 10^{-5}(D_t)^2 + 2.32 * 10^{-7}(D_t)^3} \quad (۱-۲)$$

ER_t : بارش موثر در ماه t (میلی‌متر)

R_t : کل بارندگی در ماه t (میلی‌متر)

ETc_t : تبخیر و تعرق گیاه زراعی در ماه t (میلی‌متر)

D_t : عمق رطوبت تخلیه شده از خاک قبل از بارش باران در ماه t (میلی‌متر)

۱-۲-۲-۱ مدل‌های پیش‌بینی جریان (آورد رودخانه)

در پیش‌بینی جریان (آورد رودخانه) به‌طور کلی مدل‌های همبستگی[1]، سری‌های زمانی[2]، شبکه عصبی[3] و سیستم استنتاج فازی[4] بیشترین کاربرد را دارند. اما باید توجه کرد که عوامل موثر در فرآیندهای هیدرولوژیک بسیار متنوع هستند، و اعمال کلیه آنها در مدل‌های طراحی شده تقریبا غیرممکن است. همچنین وجود عدم قطعیت‌های بالا و غیرخطی بودن داده‌ها باعث می‌شود مقایسه عملکرد یک مدل نسبت به سایر مدل‌ها، بیشتر تحت تاثیر نوع ورودی‌های مدل باشد تا خود مدل.

۱-۲-۲-۱-۱ شبکه عصبی (ANN)

[1] Regression Based Model
[2] Time series Model
[3] Artificial Neural Network
[4] Fuzzy Logic System , Fuzzy Inference System

در حل یک مساله هنگامی که کلیه عوامل دخیل و روابط بین آنها قابل شناسایی باشد، می‌توان قوانین حاکم بر مساله را به طور دقیق و صریح بدست آورد و به بهترین و مناسب‌ترین نتیجه دست یافت. اما در اکثر مسایل تصمیم‌گیری، شناسایی دقیق عوامل امکان‌پذیر نبوده و مجموعه قوانین صریحی جهت انجام عملیات محاسباتی وجود ندارد. در حل این‌گونه مسایل لازم است به دنبال شیوه‌هایی بود که ضمن آنکه در آنها از قوانین و روابط صریحی استفاده نمی‌شود، در حد امکان به نتایج مناسبی منجر شوند. (فرنچ ، ۱۹۹۲). از جمله روش‌هایی که به این منظور ابداع شده است، روش‌های محاسباتی عصبی[1] می‌باشد. در این شیوه، نیازی به استفاده از قوانین خاصی جهت محاسبه نیست. در حقیقت مدل‌های شبکه‌های عصبی در مورد فرآیندهایی که تعریف دقیق و درک خاصی از آنها وجود ندارد، بسیار موثر عمل می‌کنند.

ساختار این مدل‌ها از شبکه بیولوژیکی مغز انسان الهام گرفته شده، قادر به انجام عملیات محاسباتی شبیه عملکرد عصبی مغز انسان بوده و قابلیت‌هایی مانند یادگیری، خلاقیت و انعطاف‌پذیری را دارا می‌باشند. شبکه عصبی مصنوعی که جزو سیستم‌های هوشمند به حساب می‌آید با پردازش ورودی‌ها در جهت رسیدن به خروجی‌های مورد نظر، قوانین پنهان مابین آن‌ها را کشف می‌کند (نقل از شاه‌کرمی، ۱۳۸٤).

سیستم اعصاب بیولوژیک

دستگاه اعصاب انسان مجموعه‌ای از هزاران نرون است که با یکدیگر در ارتباط بوده و هر نرون از نرون‌های دیگر سیگنال‌هایی را دریافت و سیگنال‌هایی را خارج می‌کند.

[1] Neural Computing

شکل و اندازه نرون‌ها بستگی به محل قرارگیری آنها در سیستم دارد. اکثر آنها از سه قسمت اصلی تشکیل شده‌اند: بدنه سلول[۱]، دندریت[۲] و آکسون[۳]. جزء اول، هسته و قسمت‌های حفاظتی را در بردارد، در حالی‌که دو قسمت بعدی، اجزای ارتباطی نرون‌ها هستند.

دندریت‌ها که شبکه‌هایی تشکیل یافته از فیبرهای سلولی می‌باشند، مناطقی هستند که دارای سطوح نامنظم و نیز شاخه‌های انشعابی بی‌شمار بوده و سیگنال‌های الکتریکی را دریافت می‌کنند. آکسون‌ها سطحی هموارتر، تعداد شاخه‌های کمتر و طول بیشتری داشته و سیگنال الکتروشیمیایی دریافتی از هسته را به نرون‌های دیگر انتقال می‌دهند. محل تلاقی آکسون یک سلول به دندریت‌های سلول دیگر را سیناپس[۴] گویند. پیام‌های عصبی از طریق دندریت وارد نرون شده و از طریق آکسون خارج می‌شوند، در نتیجه اکثرا دارای حرکت یک طرفه هستند.

شبکه عصبی مصنوعی و اصول محاسباتی آن

در شبکه عصبی مصنوعی رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم فیزیکی به وسیله فرآیند یادگیری کشف می‌شود. فرآیند یادگیری براساس سیستم عصبی مغز انسان طراحی شده است. قوانین بین ورودی‌ها و خروجی‌ها هر چند پیچیده و غیرخطی باشند به وسیله شبکه‌ای از گره‌ها که همگی با هم متصل بوده و میزان فعالیت هر یک از آنها توسط اطلاعات تاریخی تنظیم می‌شود، تعیین می‌گردد.

مجموع کل ورودی به نرون (net_j) از رابطه زیر حاصل می‌شود :

[1] Cell Body
[2] Dendrite
[3] Axon
[4] Synapse

$$net_j = \sum_{i=1}^{n} w_{ij}\, x_i \qquad (۳-۱)$$

این رابطه نشان می‌دهد که به منظور تعیین کل ورودی به نرون (net_j)، اطلاعات رسیده به نرون‌ها (x_1 تا x_i) در وزن‌ها w_1 تا w_{ij} ضرب شده و سپس با هم جمع می‌شوند.

W_{ij}ها مبین شدت اتصال نرون‌ها به هم بوده و در طول فرآیند یادگیری تعیین می‌شوند.

در برخی موارد، رابطه‌ی بالا به صورت زیر درمی‌آید :

$$net_j = \sum_{i=1}^{n} w_{ij}\, x_i + b_j \qquad (٤-۱)$$

b_j وزن اریب[1] نامیده شده و مقدار ثابتی می‌باشد.

سپس تابع فعالیت[2] که معمولا غیرخطی می‌باشد، جهت تعیین سطح خروجی از نرون به روی جمع ورودی‌ها (net_j) اعمال می‌شود. تابع فعالیت دارای انواع مختلفی از جمله سیگموییید، خطی و تانژانت هیپربولیک می‌باشد که مرسوم‌ترین آن‌ها تابع سیگموییید است.

تابع سیگموییید به صورت زیر تعریف می‌شود :

$$f(s_j) = \frac{1}{1 + e^{-sj}} \qquad (۵-۱)$$

خروجی شبکه در صورت استفاده از تابع سیگموییید صفر و یک می‌باشد، لذا جهت آموزش شبکه و مقایسه خروجی شبکه با خروجی واقعی[3] لازم است که ورودی‌ها و خروجی‌ها نیز بین صفر و یک استاندارد شوند. عدم استاندارد کردن داده‌های اصلی، سبب اشباع تابع خروجی می‌شود، به این معنی

[1] Bias weight
[2] Activation Function
[3] Target

که مقدار جمع وزن‌ها در معادله ۱-۳ بزرگ شده و مجانب اصلی تابع خروجی نزدیک مقادیر مرزی (۱، ۰) واقع شده و خروجی نرون همیشه نزدیک یک قرار می‌گیرد. در این صورت هم‌گرایی شبکه کند شده و فرآیند یادگیری بی‌نتیجه خواهد بود. علت این امر آن است که در صورتی که مقدار خروجی هدف نزدیک و یا برابر با یک شود، مشتق تابع که به صورت زیر تعریف می‌شود به سرعت نزدیک صفر واقع شده که سبب بی‌نتیجه بودن فرآیند یادگیری می‌شود.

$$f'(x'_j) = x'_j(1 - x'_j) \qquad (۱-٦)$$

x'_j : خروجی نرون i

معماری شبکه

معماری و یا به عبارتی ساختار یک شبکه عصبی مصنوعی (ANN) سبب قرارگیری نرون‌ها در لایه‌ها می‌شود. یک ANN از سه لایه تشکیل شده است :

- لایه ورودی : شامل توزیع داده‌ها در قالب مورد نظر است.
- لایه پنهان : پردازش داده‌ها در این قسمت انجام می‌شود. یک شبکه می‌تواند بیش از یک لایه پنهان داشته باشد.
- لایه خروجی : شامل نتایج به دست آمده از دو لایه قبل است.

به منظور طراحی شبکه بهینه و دست‌یابی به معماری مناسب آن، از روش سعی و خطا استفاده می‌شود. چنانچه در معماری شبکه از تعداد بالای لایه‌های پنهان و نرون‌های مربوط به آنها استفاده شود مدل قدرت انعطاف خود را از دست داده و دچار مشکل فوق برازشی[1] و یا

[1] Over Fitting

ضعف برازشی[1] می‌شود. برای حل این مشکل می‌توان از روش توقف آموزش[2] استفاده کرد. در این روش به محض بروز مشکل فوق برازشی، آموزش متوقف می‌شود، بنابراین می‌توان با اطمینان از معماری‌های پیچیده‌تر استفاده کرد.

آموزش شبکه عصبی

سه دسته عمده از روش‌های آموزش که براساس چگونگی آموزش شبکه وجود دارد عبارتند از :

- آموزش با وزن‌های ثابت[3]

در این شیوه وزن‌ها در طول دوره آموزش یک بار محاسبه و سپس ثابت در نظر گرفته می‌شوند. کاربرد این شیوه در بهینه‌سازی اطلاعات، فشرده‌سازی اطلاعات و بازیابی الگو می‌باشد.

- آموزش با نظارت[4]

در این شیوه دو دسته داده شامل ورودی و خروجی واقعی به شبکه داده شده و مقادیر تخمینی خروجی‌ها محاسبه می‌شود. سپس از خطای شبکه که تفاوت بین خروجی‌های واقعی و پیش‌بینی شده می‌باشد، وزن‌ها اصلاح شده و شبکه تا رسیدن به خطای قابل قبول، مجددا آموزش می‌یابد.

- آموزش بدون نظارت[5]

در این شیوه خروجی‌های واقعی به شبکه داده نمی‌شود و آموزش به وسیله ورودی‌ها و براساس کشف همبستگی و خواص آماری بین آنها انجام می‌شود.

---

[1] Under Fitting
[2] Stop Trying Approach(STA)
[3] Fixed Weight
[4] Supervised Learning
[5] Unsupervised Learning

انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی براساس جهت ورود و پردازش اطلاعات به انواع زیر تقسیم می‌شوند :

- شبکه عصبی پیشرو[۱]

در این نوع شبکه‌ها ارتباط بین لایه‌ها به صورت متوالی و یک طرفه می‌باشد. به این معنی که خروجی‌های هر گره برای گره‌های بعدی به عنوان ورودی فرستاده می‌شود و این روند تا رسیدن به خروجی نهایی ادامه می‌یابد.

- شبکه‌های عصبی بازگشتی[۲]

در این شبکه خروجی هر گره، تابعی از ورودی‌ها و خروجی‌های آن گره می‌باشد.

- شبکه‌های عصبی انتشار برگشتی زمانی(TBP)[۳]

در این نوع از شبکه‌ها، خروجی از هر نرون علاوه بر ورودی‌های دریافتی از نرون‌های قبلی به وزن‌های آنها نیز بستگی دارد.

- شبکه‌های عصبی توابع پایه شعاعی[۴]

این شبکه‌ها از نوع شبکه‌های پیشرو همراه با سه لایه می‌باشند که در دسته‌بندی مسایل، با قراردادن الگوها روی دوایر متحدالمرکز به کار می‌روند.

---

[1] Feed-Forward Neural Network
[2] Recurrent Neural Network
[3] Temporal Back Propagation Neural Network
[4] Radial Basis Function Network

۱-۲-۲-۲ سری زمانی

سری‌های زمانی یکی از شاخه‌های آمار و احتمالات است که در سایر رشته‌های علوم نیز مانند هیدرولوژی کاربرد فراوانی دارد اما می‌توان گفت تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی به طور نظری و عملی از شروع کار اصلی جورج باکس و ام جنیکس (۱۹۷۰) تحت عنوان "تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، پیش‌بینی و کنترل" به سرعت توسعه پیدا نمود (ابریشم‌چی و همکاران، ۱۳۸٤).

۱-۲-۲-۳ سیستم استنتاج فازی

از روش‌های نوظهور در حل مسایل، جهت مدل‌سازی سیستم‌هایی که دارای پیچیدگی زیاد یا عدم صراحت بوده و یا داده‌های کافی برای تحلیل آن‌ها در دسترس نیست، استفاده از تئوری مجموعه فازی است که براساس قواعد اگر آن‌گاه بنا نهاده شده و قادر به تعیین ارتباط بین ورودی و خروجی است (آکیل و همکاران، ۲۰۰۷).

۱-۲-۲ مدیریت تقاضا - بررسی نیازها

منظور از مدیریت تقاضا مجموعه فعالیت‌هایی است که در راستای استفاده بهینه، مناسب و اقتصادی از آب موجود در بخش‌های مختلف مصرف انجام می‌شود که شامل بررسی نیازها و روش‌های کنترل مصارف است. روش‌های مختلفی برای کنترل تقاضا و مصارف وجود دارد که در این تحقیق، کنترل مصارف با تعیین الگوی کشت در ابتدای فصل زراعی و تعیین سطح تحت آبیاری به صورت آبیاری کامل و همچنین اعمال اصول کم‌آبیاری در طول فصول زراعی، انجام می‌شود.

۱ ۲ ۲ ۱ آب مورد نیاز کشاورزی

برای برآورد نیاز محصولات کشاورزی (تبخیر و تعرق واقعی) در این تحقیق از معادله فائو (۱۹۷۹) استفاده شده است.

$$ETc=Ks * Kc * ETo \quad (۷-۱)$$

Etc : تبخیر و تعرق واقعی گیاه (میلی‌متردر روز)

Ks : ضریب اصلاح تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه

Kc : ضریب گیاهی رابطه تبخیر و تعرق

ETo : تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متردر روز)

برای محاسبه ETo، مدل‌های بسیاری ارایه شده که در این تحقیق از خروجی‌های مدل پنمن- مانتیس استفاده می‌شود.

معادله ترکیبی پنمن- مانتیس به صورت زیر می‌باشد :

$$\lambda ET_o = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma(1 + \frac{r_s}{r_a})} \quad (۸-۱)$$

که در آن :

R_n : تابش خالص در سطح پوشش گیاهی (MJ/m^2day)

G : شار گرمای خاک (MJ/m^2day)

(es-ea) : کمبود فشار بخار هوا (KPa)

ρ_a : میانگین جرم مخصوص (دانسیته) هوا در فشار ثابت (Kg/m^3)

C_p : گرمای ویژه هوا (KJ/Kg^0C)

Δ : شیب منحنی فشار بخار آب نسبت به دما ($KPa/\ ^0C$)

γ : ضریب ثابت سایکرومتری ($KPa/\ ^0C$)

rs : مقاومت سطحی (m^2/day)

ra : مقاومت آئرودینامیک (m^2/day)

می‌باشند.

۱ ۲ ۲ ۲ کم‌آبیاری

از اصول نوین مهندسی آبیاری، حصول سود بیشتر و استفاده بهتر از واحد آب مصرفی، پذیرش ریسک قابل قبول و انعطاف‌پذیری سیستم‌های آبیاری و تعیین توابع تولید براساس آب مصرفی است که همه این موارد در بهینه‌سازی کم‌آبیاری متجلی می‌شود.

کم‌آبیاری یک راه‌کار بهینه برای به عمل آوردن محصولات، تحت شرایط کمبود آب است که همراه با کاهش محصول در واحد سطح و افزایش آن با گسترش سطح می‌باشد. هرگاه منابع آب محدود بوده و یا هزینه‌های آب و آبیاری زیاد باشد، هدف از مصرف آب، تولید بیشترین محصول نخواهد بود؛ در نتیجه اعمال کم‌آبیاری می‌تواند در افزایش عملکرد و سود مفید واقع شود. کم‌آبیاری در مناطقی از ایالات‌متحده، شبه‌قاره هند و بخش‌هایی از آفریقا و دیگر نقاط جهان برای بهینه‌سازی مصرف آب به کار می‌رود. (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵)

روابط و معادلات مابین تولید گیاه و میزان آب در دسترس گیاه را توابع تولید گویند. در زیر به بررسی معادله‌ی دورنباس و کاسام (۱۹۷۹) پراخته می‌شود.

$$\frac{Y}{Y_{max}} = \prod_{t=1}^{n}(1 - Ky_t(1 - \frac{ET_t}{ET_{max}})) \quad (۹-۱)$$

اندیس n : تعداد فصول رشد گیاه مورد نظر

Y : مقدار محصول واقعی تولیدشده (کیلوگرم)

Y_{max} : مقدار محصول تولید شده در حالت آبیاری کامل (کیلوگرم)

Ky_t : (ضریب حساسیت گیاهی) شیب عملکرد نسبی در مقابل کمبود تبخیر و تعرق در ماه t

ET_t : مقدار تبخیر و تعرق واقعی گیاه در در ماه t

ET_{max} : مقدار تبخیر و تعرق گیاه در حالت آبیاری کامل (متر)

۱ ۲ ۳ بهینه‌سازی تخصیص آب

بهینه‌سازی در مفهوم کلی، به معنای رسیدن به هدف مطلوب براساس محدودیت‌ها و قیدهای در نظر گرفته شده برای متغیرهای تصمیم گیری است. هر مساله بهینه‌سازی، شامل دو بخش مدل‌سازی و برنامه‌ریزی می‌باشد. مدل‌سازی شامل تشکیل تابع هدف و قیودات مربوطه براساس روابط فی‌مابین متغیرها به صورت معادلات و یا نامعادلات است. در بخش برنامه‌ریزی نیز جستجو به منظور تعیین شرایط بهینه جهت رسیدن به مقدار مطلوب تابع هدف انجام می‌شود (کارآموز و همکاران، ۱۳۸۵)