بسم الله الرحمن الرحيم

١٥٧٥٣٤

دانشگاه ارومیه

تدوین منحنی های فرمان بهره برداری از مخزن سد شهرچای با استفاده از الگوریتم بهینه سازی مجموعه ذرات (PSO)

هاله آذرافزا

دانشکده کشاورزی

گروه آب

بهمن ۱۳۸۹

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

استاد راهنما:

دکتر حسین رضائی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
IRANDOC
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

۱۳۹۰/۳/۵

۱۵۷۵۳۴

تقدیم به

پدر، مادر

و

همسر عزیزم

تشکر و قدردانی

اکنون که به لطف پروردگار منان توفیق تنظیم این پایان‌نامه را یافتم، ایزد یکتا را سپاس گفته، زحمات همه عزیزانی را که مرا در این راه یاری نموده‌اند ارج می‌نهم.

مراتب قدردانی خود را از اساتید گرانقدر گروه مهندسی آب به ویژه جناب آقای دکتر حسین رضائی ابراز داشته و از زحمات ایشان تشکر می‌نمایم.

همواره سپاس‌گزار پدر و مادر، خواهر و برادر و همسرم که همیشه مایه دل‌گرمی من بوده‌اند هستم.

در آخر از تمامی دوستانی که با کمکهای خود اینجانب را به طرق مختلف مورد لطف قرار داده اند، قدردانی کرده و از خداوند متعال موفقیت و توفیق روزافزون آنان را خواستار هستم.

پایان نامه خانم هاله آذر افزابه تاریخ ۸۹/۱۱/۱۲ به شماره ۲۱۷-۲ک مورد پذیرش هیات محترم داوران با رتبه **عالی** و نمره ۱۹ قرار گرفت.

۱-استاد راهنما و رئیس هیئت داوران : دکتر حسین رضایی

۲-داور خارجی : دکتر محمدنژاد

۳-داور داخلی : دکتر جواد بهمنش

٤- نماینده تحصیلات تکمیلی : دکتر ایرج برنوسی

حق طبع و نشر این رساله متعلق به دانشگاه ارومیه است.

چکیده

افزایش پیچیدگی های موجود در مسائل بهینه سازی مهندسی به طور عام و منابع آب به طور خاص، از کارایی روشهای معمول بهینه سازی کاسته و لزوم بکارگیری الگوریتمهای جدید (فراکاوشی) را نمایان ساخته است. این الگوریتمها نوعی الگوبرداری از رفتار موجودات زنده بوده و در واقع با شبیه سازی رفتار جانداران به جستجوی نقطه بهینه می پردازند. بدین سبب، هدف اصلی از بکارگیری الگوریتمهای فراکاوشی، ارائه مجموعه ای از نقاط است که می توان امیدوار بود، حالات بهینه و یا نزدیک به آنها را آشکار سازد. بنابراین با توجه به لزوم استفاده بهینه از منابع آب (به خصوص مخازن سطحی) و وجود روشهای فراکاوشی مختلف، در این تحقیق مسئله استخراج منحنی فرمان بهره برداری مخزن سد شهرچای، با هدف کشاورزی، شرب و محیط زیست با استفاده از الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر هوش تجمعی (particle swarm optimization) مورد مطالعه قرار گرفته است. برای پیش‌بینی داده های جریان در آینده از مدل‌های سری زمانی گردید و داده‌های جریان برای ۱۰ سال پیش‌بینی گردید. به منظور تعیین میزان وابستگی رهاسازی به عوامل مختلف، روابط بین متغیرها به سه صورت خطی ، غیر خطی درجه ۲ و غیر خطی درجه ۳ مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت مدل غیر خطی درجه ۲ به عنوان مدل بهینه در هر دوره تعین گردیده است. سپس منحنی‌های رهاسازی و حجم مخزن برای سالهای پیش‌بینی با استفاده از مدل بهینه ارائه گردیده است.

کلمات کلیدی:الگوریتم های فراکاوشی– مدلهای سری زمانی- منحنی فرمان- الگوریتم PSO

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱-کلیات ۱

۱-۲-اهداف طرح ۲

۱-۳-وسعت کار ۳

۱-٤-ساختار پایان نامه ۳

فصل دوم: مروری بر کارهای گذشته ٤

۲-۱- مقدمه ٤

۲-۲-الگوریتمهای فراکاوشی حل مسائل بهینه‌سازی ٤

۲-۲-۱-نورد شبیه‌سازی شده (SA) ٤

۲-۲-۲-الگوریتم ژنتیک(GA) ۷

۲-۲-۲-۱-الگوریتم ژنتیک ارزیابی برداری (VEGA) ۹

۲-۲-۳-الگوریتم‌های رتبه‌بندی پارتو ۱۱

۲-۲-٤-الگوریتمهای نخبه‌گرا ۱۲

۲-۲-۵-الگوریتم بهینه‌سازی جامعه مورچگان(ACO) ۱۳

۲-۲-٦-الگوریتم جستجوی ممنوعه (TS) ۱۸

۲-۲-۷-الگوریتم ترکیبی جهش قورباغه (SFLA) ۲۰

۲-۲-۸-الگوریتم مجموعه ذرات(PSO) ۲۲

۲-۳-مروری بر مطالعات صورت گرفته ۳۱

۲-٤ سری های زمانی هیدرولوژیکی (Hydrologic time series) ۳۳

۲-٤-۱- سری های زمانی و فرایندهای تصادفی (Stochastic process) ۳۳
۲-٤-۱-۱- تست همگنی داده ها ۳٤
۲-٤-۱-۲ تست تصادفی بودن داده ها ۳٤
۲-٤-۲-سری زمانی گسسته وپیوسته ۳۵
۲-٤-۳ سری های زمانی منظم و نا منظم (Regulary and Irregulary)..... ۳۵
۲-٤-٤ سری های زمانی ایستاو نا ایستا (stationary and nonstationary)..... ۳۵
۲-٤-۵ سری های زمانی مستقل و وابسته (uncorrelated and correlated)..... ۳٦
۲-٤-٦ نرمال بودن سری های زمانی ۳٦
۲-۵ مدل های سری زمانی ۳٦
۲-۵-۱ مدل خود همبستگی(AR)..... ۳۷
۲-۵-۲ مدل میانگین متحرک MA (Moving Average)..... ٤۰
۲-۵-۳ مدل میانگین متحرک خود همبسته (ARMA)..... ٤۱
۲-۵-٤ مدل میانگین متحرک تجمعی خود همبسته (ARIMA)..... ٤۱
۲-۵-۵ انتخاب بهترین مدل ٤۱
۲-۵-٦ تست بهترین برازش (Goodness of fit) ٤۲
۲-۵-۷ تجزیه و تحلیل باقی مانده ها..... ٤۲
۱-استفاده از تابع خود همبستگی نمونه ٤۲
۲-آزمون پورت مانتئو (Portmanteau)..... ٤۲
۲-٦ تولید داده های مصنوعی..... ٤۲
فصل سوم: سیستم مخازن ذخیره..... ٤٤
۳-۱ روشهای تحلیل سیستم مخازن ذخیره..... ٤٤
۳-۱-۱- مقدمه..... ٤٤

۳-۱-۲ -روش ماتریس احتمالات..... ٤٥
۳-۱-۳-تحلیل مخزن به روش شبیه سازی..... ٤٥
۳-۱-٤- روشهای بهینه سازی..... ٤٥
۳-۲-بهره‌برداری بهینه از مخزن با استفاده از الگوریتم pso..... ٤٦
۳-۳- روابط بهره برداری بهینه ازیک سیستم تک مخزنه..... ٤٩
۳-۳-۱- بهره برداری بهینه از مخزن با هدف تأمین نیاز پایین دست..... ٤٩
۳-۳-۲- بهره برداری بهینه از سیستم مخازن با هدف کنترل سیلاب و تفریحات..... ٤٩
۳-۳-۳-بهره برداری بهینه از سیستم مخازن با هدف برقابی ٤٩
فصل چهارم:مواد و روشها..... ٥١
٤-۱-مقدمه..... ٥١
٤-۲-سد مخزنی شهرچای..... ٥١
٤-۳-داده های موجود ٥٤
٤-۳-۱-داده های جریان رودخانه..... ٥٤
٤-۳-۲-میزان تقاضا آب در پایین دست سد..... ٥٦
٤-۳-۳ -رابطه سطح وحجم در مخزن سد شهرچای..... ٥٦
٤-۳-٤ -داده های تبخیر و بارندگی در محل سد شهرچای..... ٥٦
٤-٤-بررسی اولیه منابع آماری..... ٥٩
٤-٤-۱-تست تصادفی و همگن بودن داده ها..... ٥٩
٤-٥-مدل سری‌های زمانی..... ٥٩
٤-٥-۱- تعیین تابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی..... ٦٠
٤-٥-۲- مدل خودهمبستگی (AR) ٦٠
٤-٥-۳- مدل میانگین متحرک (MA) ٦٠

٤-٥-٤- مدل میانگین متحرک خود همبسته (ARMA)..... ٦٠
٤-٥-٥- مدل میانگین متحرک تجمعی خود همبسته (ARIMA)..... ٦١
٤-٦- انتخاب مدل نهایی..... ٦١
٤-٧- آزمون نکویی برازش مدل منتخب..... ٦١
٤-٨- پیش‌بینی داده های جریان..... ٦١
٤-٩-بهره برداری بهینه از مخزن..... ٦٢
فصل پنجم:نتایج..... ٦٣
٥-١-بررسی داده های جریان..... ٦٣
٥-٢-نتایج حاصل از مدلسازی سری‌های زمانی..... ٦٤
٥-٢-١-نمودار تابع خود همبستگی و خودهمبستگی جزئی..... ٦٤
٥-٢-٢-نتایج مدلسازی..... ٦٥
٥-٢-٣-انتخاب مدل نهایی پیش‌بینی..... ٦٥
٥-٢-٤-آزمون نکویی برازش مدل منتخب..... ٦٨
٥-٢-٥-داده های پیش‌بینی شده..... ٦٨
٥-٣-بهره برداری بهینه از مخزن..... ٦٩
٥-٣-١-مدل شماره (١)..... ٦٩
٥-٣-٢-مدل شماره (٢)..... ٧٣
٥-٣-٣-مدل شماره (٣)..... ٧٦
٥-٤-مقایسه با برنامه ریزی سازمان آب منطقه ای آ.غ..... ٨٠
فصل ششم:خلاصه نتایج و پیشنهادات..... ٨٢
٦-١-خلاصه نتایج..... ٨٢
٦-٢-پیشنهادات..... ٨٢

فهرست اشکال

شکل (۲-۱): نمایش گامهای مختلف الگوریتم SA..... ٦

شکل (۲-۲): احتمال انتخاب در یک مسأله حداکثرسازی دو هدفه ۷

شکل(۲-۳): جابجایی تک نقطه‌ای..... ۸

شکل (۲-٤): جابجایی دو نقطه‌ای..... ۹

شکل(۲-۵): جابجایی یکنواخت..... ۹

شکل(۲-٦): نمایش گامهای مختلف GA..... ۱۰

شکل (۲-۷): روشهای مختلف رتبه بندی پارتو..... ۱۱

شکل(۲-۸): حرکت مورچه‌ها در مسیر برای یافتن غذا ۱٤

شکل(۲-۹): معرفی متغیرهای مختلف مورچه ۱۵

شکل(۲- ۱۰): نمایش گامهای مختلف الگوریتم ACO ۱۷

شکل(۲-۱۱): نمایش گامهای مختلف الگوریتم TS ۱۹

شکل(۲-۱۲): شماتیک SFLA ۲۰

شکل(۲-۱۳): نمایش گامهای مختلف SFLA..... ۲۲

شکل(۲-۱٤): شماتیک طبیعت PSO ۲۳

شکل (۲-۱۵): نمایش انواع همسایگی مجموعه ذرات..... ۲٤

شکل(۲-۱٦): نمایش گامهای مختلف الگوریتم PSO..... ۲۷

شکل(۲-۱۷): نمایش دو بعدی الگوریتم درختهای غالب..... ۲۸

شکل(۲-۱۸): نمایش تقسیم ذرات به زیر مجموعه‌ها ۳۰

شکل (۳-۱): شکل کلی نحوه ارتباط سیستم چندمخزنه..... ٤۷

شکل(۳-۲): شماتیکی از یک سیستم چهار مخزنه..... ٤۸

شکل(٤-١)نمودار تغییرات درصد میانگین داده های جریان در ماه های مختلف در سد مخزنی شهرچای.....٥٧

شکل (٤-٢): نمودار مقایسه تغییرات درصد میانگین داده های جریان و درصد توزیع تقاضای سالیانه برای ماه های مختلف.....٥٨

شکل(٤-٣) نمودار تغییرات سطح - حجم مخزن و مدل خطی برازش شده.....٥٨

شکل (٥-١) نمودار تست همگنی (Double mass) داده های جریان سالیانه در سایت شهرچای.....٦٣

شکل (٥-٢) نمودار تابع خودهمبستگی داده‌های جریان نرمال و استاندارد شده ٦٤

شکل (٥-٣) نمودار تابع خودهمبستگی جزئی داده‌های جریان نرمال و استاندارد شده ٦٤

شکل (٥-٤) مقایسه نمودار جریان واقعی با مدل به دست آمده برای مدل AR(٣).....٦٦

شکل (٥-٥) مقایسه نمودار جریان واقعی با مدل به دست آمده مدل MA (٣).....٦٦

شکل (٥-٦) مقایسه نمودار جریان واقعی با مدل به دست آمده برای مدل ARMA(٢,٢).....٦٧

شکل (٥-٧) مقایسه نمودار جریان واقعی با مدل به دست آمده برای مدل ARIMA(٣,١,٣).....٦٧

شکل (٥-٨) نمودار تابع خودهمبستگی باقیمانده ها برای مدل AR٣ .....٦٨

شکل (٥-٩): نحوه همگرایی مقادیر تابع هدف برای بهترین، بدترین و متوسط اجرا.....٧٠

شکل (٥-١٠): مقدار کل رهاسازی ماهانه در بهره برداری با هدف تأمین نیاز پایین دست برای سالهای پیش بینی.....٧١

شکل (٥-١١): حجم ذخیره ماهانه مخزن در بهره برداری با هدف تأمین نیاز پایین دست برای سالهای پیش‌بینی.....٧١

شکل (٥-١٢): مقادیر ماهانه خروجی از مخزن به تفکیک برای نیازهای شرب و کشاورزی-محیط زیست برای سالهای پیش‌بینی از سال ٨٣ تا ٩٢ .....٧٢

شکل (٥-١٣): نمودار مقایسه نیاز کشاورزی- محیط زیست و مقادیر رهاسازی برای تامین آن برای سالهای پیش‌بینی.....٧٢

شکل (٥-١٤): نحوه همگرایی مقادیر تابع هدف برای بهترین، بدترین و متوسط اجرا.....٧٤

نمودار(٥-١٥): مقدار کل رهاسازی ماهانه در بهره برداری با هدف تأمین نیاز پایین دست برای سالهای پیش‌بینی.....٧٤

نمودار (٥-١٦): حجم ذخیره ماهانه مخزن در بهره برداری با هدف تأمین نیاز پایین دست برای سالهای پیش‌بینی.....٧٥

نمودار (۵-۱۷): مقادیر ماهانه خروجی از مخزن به تفکیک برای نیازهای شرب، کشاورزی و محیط زیست برای سالهای پیش‌بینی ۷۵

نمودار (۵-۱۸): نمودار مقایسه نیاز کشاورزی- محیط زیست و مقادیر رهاسازی برای تامین آن برای سالهای پیش‌بینی..... ۷۶

شکل (۵-۱۹): نحوه همگرایی مقادیر تابع هدف برای بهترین، بدترین و متوسط اجرا..... ۷۷

نمودار(۵-۲۰): مقدار کل رهاسازی ماهانه در بهره برداری با هدف تأمین نیاز پایین دست برای سالهای پیش بینی..... ۷۸

نمودار (۵-۲۱): حجم ذخیره ماهانه مخزن در بهره برداری با هدف تأمین نیاز پایین دست برای سالهای پیش‌بینی..... ۷۸

نمودار (۵-۲۲): مقادیر ماهانه خروجی از مخزن به تفکیک برای نیازهای شرب، کشاورزی و محیط زیست برای سالهای پیش‌بینی از سال ۸۳ تا ۹۲ ..... ۷۹

نمودار (۵-۲۳): نمودار مقایسه نیاز کشاورزی- محیط زیست و مقادیر رهاسازی برای تامین آن برای سالهای پیش‌بینی..... ۷۹

نمودار (۵-۲٤): نمودار مقایسه مقادیر رهاسازی از مخزن برای مدل pso و برنامه‌ریزی سازمان..... ۸۰

فهرست جداول

جدول(٤-١) مقدار جریان ماهیانه رودخانه شهر چای برحسب میلیون مترمکعب درمحل سایت سدمخزنی شهرچای.....٥٥

جدول (٤-٢):مقدار تقاضای آب شرب و کشاورزی-زیست‌محیطی و درصد توزیع آنها برای ماه های مختلف.....٥٧

جدول (٤-٣):مقدار نیاز کل و درصد توزیع تقاضای سالیانه برای ماه های مختلف.....٥٧

جدول(٤-٤) میزان تبخیر از سطح آزاد آب و مقدار بارندگی در ماه های مختلف.....٥٩

جدول(٥-١) نتیجه تست تصادفی بودن داده های سالیانه جریان در سایت شهرچای.....٦٣

جدول(٥-٢): مقادیر AIC برای مدل AR.....٦٥

جدول(٥-٣): مقادیر AIC برای مدل MA.....٦٥

جدول(٥-٤): مقادیر AIC برای مدل ARMA.....٦٥

جدول(٥-٥): مقادیر AIC برای مدل ARMA.....٦٥

جدول(٥-٦): ضرایب همبستگی (R٢) بین داده های واقعی و پیش بینی شده برای مدل های مختلف.....٦٧

٧): مقادیر جریان پیش‌بینی شده به مدت ١٠ سال (میلیون متر مکعب) ٦٩

جدول (٥-٨): مقادیر تابع هدف در ١٠ بار اجرای برنامه، با بکارگیری ١٠ ذره و ٥٠٠٠ تکرار برای مدل ١.....٧٠

جدول (٥-٩): پارامترهای آماری تابع هدف در ١٠ بار اجرای برنامه با بکارگیری ١٠ ذره و ٥٠٠٠ تکرار برای مدل ١.....٧٠

جدول(٥-١٠): مقادیر متغیرهای تصمیم حاصل از حل مدل ١به روشpso برای تابع هدف مینیمم.....٧٣

جدول (٥-١١): مقادیر تابع هدف در ١٠ بار اجرای برنامه، با بکارگیری ١٠ ذره و ٥٠٠٠ تکرار برای مدل ٢.....٧٣

جدول (٥-١٢): پارامترهای آماری تابع هدف در ١٠ بار اجرای برنامه با بکارگیری ١٠ ذره و ٥٠٠٠ تکرار برای مدل ٢.....٧٣

جدول(٥-١٣): مقادیر متغیرهای تصمیم حاصل از حل مدل ٢ به روشpso برای تابع هدف مینیمم.....٧٦

جدول (٥-١٤): مقادیر تابع هدف در ١٠ بار اجرای برنامه، با بکارگیری ١٠ ذره و ٥٠٠٠ تکرار برای مدل ٣.....٧٧

جدول (٥-١٥): پارامترهای آماری تابع هدف در ١٠ بار اجرای برنامه با بکارگیری ١٠ ذره و ٥٠٠٠ تکرار برای مدل ٣.....٧٧

جدول(٥-١٦): مقادیر متغیرهای تصمیم حاصل از حل مدل ٣ به روش pso برای تابع هدف مینیمم.....٨٠

فصل اول

مقدمه

۱-۱-کلیات

افزایش جمعیت، محدودیت منابع و توزیع غیریکنواخت آن، همچنین استفاده بی‌رویه از این منابع محدود، از جمله مسائل مهم مطرح در حوزه‌های مختلف زندگی بشر است. منابع آب نیز از این قاعده مستثنا نمی‌باشد. از آنجایی که مهار و تأمین آب بوسیله اجرای طرحهای جدید و یا توسعه منابع آب موجود، مستلزم صرف هزینه‌های کلان بوده، مدیریت و بهره‌برداری از منابع موجود بیش از پیش مورد توجه واقع گردیده است. از جمله مواردیکه در حوزه منابع آب، جهت ذخیره و استفاده از منابع آب سطحی استفاده می‌گردد و بهره‌برداری بهینه از آن لازم می‌باشد، مخزن سطحی است. برای بهره‌برداری بهینه از یک مخزن بایستی مقدار تابع هدف و متغیرهای مورد نظر، جهت برآورده نمودن نیاز طرح شده بهینه گردند. در حالت واقعی، برای بهره‌برداری از یک مخزن، اهداف متفاوتی نظیر تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعت در مناطق پایین دست، تولید انرژی و کنترل سیلاب و تفریحات تعریف می‌شوند که می‌توانند همسو یا ناهمسو باشند. بنابراین به منظور در نظر گرفتن تمامی اهداف فوق، سیستم تعریف شده جهت بهره‌برداری بهینه از مخزن به صورت چند هدفه می‌باشد. اجرای اهداف اشاره شده، استفاده از مدلهای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی را طلب می‌نماید. این در حالی است که مدلهای شبیه‌سازی، مستقیماً قادر به تعیین جوابهای بهینه مسأله نبوده ولی مدلهای بهینه‌سازی با بهره‌گیری از روابط ریاضی و استفاده از تابع هدف که حداکثرسازی منافع خاص و یا حداقل‌سازی ضررهای ناشی از شکست در طول دوره بهره‌برداری می‌باشد، همچنین اعمال محدودیتهای حاکم بر مسأله نقیصه مدلهای شبیه‌سازی را جبران می‌نمایند. در حالی که در دهه‌های اخیر، تحقیقات گسترده‌ای از کاربرد بهینه‌سازی در سیستمهای مخزن وجود دارد، نویسندگانی نظیر یه[۱] و وربز[۲] همچنان فاصله بین توسعه تئوریهای بهینه‌سازی و اجرای آن در دنیای واقعی را متذکر می‌شوند. دلایل احتمالی این اختلاف شامل موارد زیر است[۱٤] :

- بسیاری از بهره‌برداران سیستم مخزن، درباره مفهوم مدلها که منجر به تغییر قضاوتهایشان و تعیین استراتژیها و راه‌حلهای جدید می‌شود، دچار تردید بوده و با استفاده از مدلهای شبیه‌سازی موجود احساس رضایت می‌کنند. محدودیتهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در گذشته احتیاج به ساده‌سازی و تقریب‌سازی داشته که مورد قبول بهره‌بردار نمی‌باشد.
- به طور کلی مدلهای بهینه‌سازی پیچیدگی‌های ریاضی بیشتری نسبت به مدلهای شبیه‌سازی داشته، بنابراین دارای کاربرد کمتری می‌باشند.
- بسیاری از مدلهای بهینه‌سازی جهت در نظرگرفتن ریسک و عدم قطعیت، مناسب نمی‌باشند.
- تنوع روشهای بهینه‌سازی نوعی سردرگمی جهت انتخاب کاربرد خاص آنها ایجاد می‌نماید.
- برخی از روشهای بهینه‌سازی، مثل برنامه‌ریزی پویا[۳] ، احتیاج به توسعه برنامه دارند.

---

[۱] Yeh
[۲] Wurbs
[۳] Dynamic Programming

- بسیاری از روشهای بهینه‌سازی، تنها گزارشی از راه‌حل همان دوره ارائه می‌نمایند که نسبت به شرایط دیگر بهره‌برداری کمتر مفید است.

علاوه بر مسائل مطرح شده، روند یافتن جواب بهینه مسأله، با توجه به پیچیدگی‌های حاکم بر مسائل منابع آب، به خصوص مسائل به شدت مقعر، گاه با مشکل روبروست. جهت رفع این مشکل، استفاده از روشهای تکاملی[۱] و فراکاوشی [۲] گسترش یافته است.

الگوریتمهای تکاملی و فراکاوشی، روشهای جستجوی تصادفی هستند که حرکت در آن شبیه به تکامل بیولوژیکی و یا رفتار اجتماعی گونه‌های مختلف جانداران می‌باشد. برای مثال، چگونه مورچه‌ها کوتاهترین مسیر تا منبع غذایی را پیدا می‌نمایند و یا چگونه پرندگان به منبع غذایی در طول دوره مهاجرت دست می‌یابند[۱۵] ،کاربرد موفقیت آمیز الگوریتمهای الهام گرفته شده از طبیعت، همچون نورد شبیه سازی شده [۳] (SA)، الگوریتم ژنتیک[۴] (GA) و شبکه‌های عصبی مصنوعی[۵] (ANN) در مسائل بسیار پیچیده مهندسی آنچنان دلگرم‌کننده بود که سیستم‌های طبیعی به عنوان منبع اساسی ایده‌های مدلسازی و ایجاد سیستمهای مصنوعی مختلف مورد پذیرش و توجه خاص قرار گرفته است. در سالهای اخیر، روشهای مختلف بسیاری جهت عملکرد بهتر، چه در رسیدن به معیارهای مورد نظر و چه در کاهش زمان اجرا توسعه یافته‌اند [۱۶].

لذا در این تحقیق سعی بر آن است که پس از معرفی و بررسی روشهای مختلف بهینه‌سازی کاربرد روش منتخب (الگوریتم مجموعه ذرات)[۶] که یکی از این روشهای تکاملی فراکاوشی می باشد، در بهره‌برداری سیستم مخازن مورد بررسی قرار گیرد.

۱-۲-اهداف طرح

هدف این طرح از استفاده از الگوریتم مجموعه ذرات هوشمند در بهره‌برداری بهینه از مخزن سدها این است که با بدست آوردن مجموعه‌ای از جوابها تصمیم‌گیرنده[۷] امکان انتخاب گزینه مناسب را داشته باشد. تمرکز تحقیقات و مطالعاتی که تاکنون در این باره صورت گرفته، مبتنی بر روشهایی است که تنها به یک جواب به عنوان گزینه بهینه می‌انجامد. بدین منظور استفاده از روشهای فراکاوشی که به ارائه مجموعه جوابهای بهینه می‌انجامد، پیشنهاد می‌گردد که به وسیله آن مجموعه، تصمیم‌گیران با توجه به شرایط و قوانین حاکم، قادر به انتخاب یکی از حالات موجود در مجموعه جوابهای ارائه شده خواهند بود. در این طرح سعی بر آن است که با توجه به شرایط موجود در یک سیستم تک مخزنی شرایط بهره‌برداری بهینه برای تامین نیاز پایین‌دست در نظر گرفته شود.

---

[۱] Evolutionary
[۲] Metaheuristic
[۳] Simulated Annealing
[۴] Genetic Algorithm
[۵] Artificial Neural Network
[۶] Particle Swarm Optimization
[۷] Decision Maker

۱-۳-وسعت کار

با توجه به اهداف تعریف شده در این طرح، دامنه و وسعت کار به شرح زیر تعریف می شود. جهت بهینه سازی مسائل ، شناخت کافی از مفاهیم حاکم بر این گونه مسائل و انواع جوابهای ممکن (غالب و غیرغالب) مورد نیاز است. به این منظور، در این تحقیق ابتدا، به معرفی روشهای بهینه سازی فراکاوشی پرداخته شده است. سپس به مفاهیم مربوط به بهره برداری بهینه از سیستم مخازن با استفاده از الگوریتم pso اشاره شده است. برای پیش بینی داده های جریان در آینده از مدل های سریهای زمانی استفاده گردید و داده های جریان برای ۱۰ سال آماری آینده (از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۲) پیش بینی گردید. در نهایت الگوریتم مورد نظر با توجه به هدف مورد بررسی که در طرح حاضر تامین نیاز پایین دست از جمله شرب، کشاورزی و محیط زیست می باشد در نرم افزار برنامه نویسی MATLAB اجرا گردیده و نتایج حاصل از جمله میزان رهاسازی و حجم مخزن در ماه های مختلف برای سال های پیش‌بینی به دست آمده است.

۱-٤-ساختار پایان نامه

با توجه به موارد ذکر شده، این پایان نامه درقالب پنج فصل ارائه گردیده است.

در فصل حاضر(فصل اول) پس از ارائه مقدمه، به اهداف طرح و اهمیت آن پرداخته شده است. در ادامه با توجه به اهداف تحقیق، دامنه و وسعت کار مشخص گردیده است.

در فصل دوم، به معرفی انواع الگوریتمهای بهینه سازی فراکاوشی پرداخته شده است وسپس مروری بر مطالعات گذشته انجام شده است. در ادامه سری‌های زمانی هیدرولوژیکی مورد بحث قرار گرفته است.

در فصل سوم بهره برداری بهینه از سیستم مخازن با استفاده از الگوریتم مجموعه ذرات (pso) مطرح گردیده و تمامی روابط مربوط به مخازن و راه حل ها آورده شده است.

در فصل چهارم که مواد و روشها می باشد، خصوصیات سایت مورد مطالعه (سد مخزنی شهرچای) و تمام اطلاعات مورد نیاز و همچنین کارهای انجام گرفته آورده شده است.

نتایج حاصل از نحوه انتخاب مدل نهایی پیش بینی داده های جریان و اجرای برنامه در نرم افزار برنامه نویسی MATLAB در فصل پنجم ارائه گردیده است.

در نهایت خلاصه نتایج و پیشنهادات در فصل ششم ارائه گردیده است.

فصل دوم

مروری بر کارهای گذشته

۲-۱- مقدمه

هدف اصلی از حل مسائل تک هدفه یا چندهدفه، بدست آوردن مجموعه جواب پارتو یا غیرغالب مناسب که امکان انتخاب گزینه مناسب را به تصمیم گیرنده بدهد، می‌باشد. روشهایی که تاکنون به معرفی آنها پرداخته شد، عموماً پیچیده بوده و برای دستیابی به جواب مناسب صرف زمان طولانی را طلب می نماید .البته این موضوع، به نوع مسأله هم وابستگی شدید دارد .به طوریکه گاهی در مسائل پیچیده حتی از دستیابی به جواب یا جوابهای بهینه باز می‌مانند. الگوریتمهای فراکاوشی، این قابلیت را دارند که با استفاده از فرآیند جستجو، به مجموعه‌ایی از جوابهای غیرغالب یا پارتو دست یابند که بهترین حالت مجموعه جواب بوده و یا می‌توان امیدوار بود که با مجموعه جواب اصلی فاصله زیادی ندارد.

در روشهای سنتی ممکن است که تصمیم گیرنده اطلاعات کافی جهت تعیین اولویتها و محدودیتها، قبل یا در حین فرآیند جستجو را نداشته باشد که این مسأله در الگوریتمهای فراکاوشی کمتر وجود دارد. به طوریکه تنها ممکن است تصمیم گیرنده پس از استخراج مجموعه جواب قادر به انتخاب گزینه برتر نباشد که در این مورد نیز می‌توان از سایر تکنیکهای جستجو استفاده کرد. همچنین می‌توان با اتخاذ سیاستهایی برخی از وظایف تصمیم‌گیرنده را به الگوریتم واگذار کرد.

دراین قسمت به معرفی برخی الگوریتمهای فراکاوشی پرداخته شده است.

۲-۲-الگوریتمهای فراکاوشی حل مسائل بهینه‌سازی

۲-۲-۱-نورد شبیه‌سازی شده[۱] (SA)

این الگوریتم اولین بار توسط متروپولیس و همکاران[۲] (۱۹۵۳)، در مکانیک آماری مطرح گردید[۱]. پس از آن کیرک پاتریک[۳] (۱۹۸۳)، کارنی[٤] (۱۹۸۵)، بوکهام و لامبرت[٥] (۱۹۹۹) از این الگوریتم در حل مسأله (فروشنده دوره گرد) TSP[٦] استفاده نمودند. گوفه و همکاران نیز[۷] (۱۹۹٤) در حل بهینه توابع ریاضی از این الگوریتم استفاده کردند.

اساس این الگوریتم بر اساس شبیه‌سازی فرآیند نورد می‌باشد. هرگاه ماده‌ای را در محفظه گرمایش، جهت رسیدن به پایین‌ترین سطح انرژی ممکن و یا کمترین حرارت سرد کنند، فرآیند نورد صورت گرفته است. در هر دمایی امکان تغییر

---

[۱] Simulated Annealing
[۲] Metropolis et al.
[۳] Kirkpatrick
[٤] Carney
[٥] Buckham & Lambert
[٦] Traveling Salesman Problem
[۷] Goffe et al

انرژی کل ماده با تغییر مکانهای کوچک وجود دارد که به این فرآیند آشفتگی[۱] گویند. در هر دمایی ممکن است چندین فرآیند آشفتگی صورت گرفته و در هر کدام از نتایج، میزان انرژی باقیمانده ماده متفاوت باشد، اما پس از چند تکرار از این فرآیند، میزان تغییرات انرژی کل ماده بسیار اندک می‌گردد. در این حالت ماده به تعادل گرمایی رسیده است، یعنی در یک دمای ثابت به پایین‌ترین تراز ممکن انرژی خود رسیده است.

در واقع با کاهش دما و ایجاد آشفتگی مجدد در دمای جدید، ماده به حالت تعادل گرمایی[۲] خود می‌رسد و در نهایت فرآیند نورد با رسیدن به پایین‌ترین دمای ممکن به پایان می‌رسد. نمایش گامهای مختلف این الگوریتم در شکل (۲-۱) نمایش داده شده است.

اولین بار سرافینی[۳] (۱۹۹۲)، از این الگوریتم در حل مسائل چند هدفه استفاده کرد و خروجی آن را مجموعه‌ای از جوابهای غیرغالب که توسط بقیه جوابها مورد چیرگی قرار نگرفته ارائه کرد. الگوریتم SA در حالت تک هدفه، با احتمالی برابر یک، جوابهای بهتر یا برابر جواب قبلی را پیدا می‌کند و اگر راه حل جدید بدتر از راه حل جاری باشد، احتمال کمتر از یک مورد قبول واقع می‌شود. شکل (۲-۲) چگونگی اعمال این احتمال را نمایش می‌دهد.

در حالت چند هدفه چنانچه جواب جدید با x' و جواب جاری با x نمایش داده شود، یکی از سه حالت زیر رخ خواهد داد:

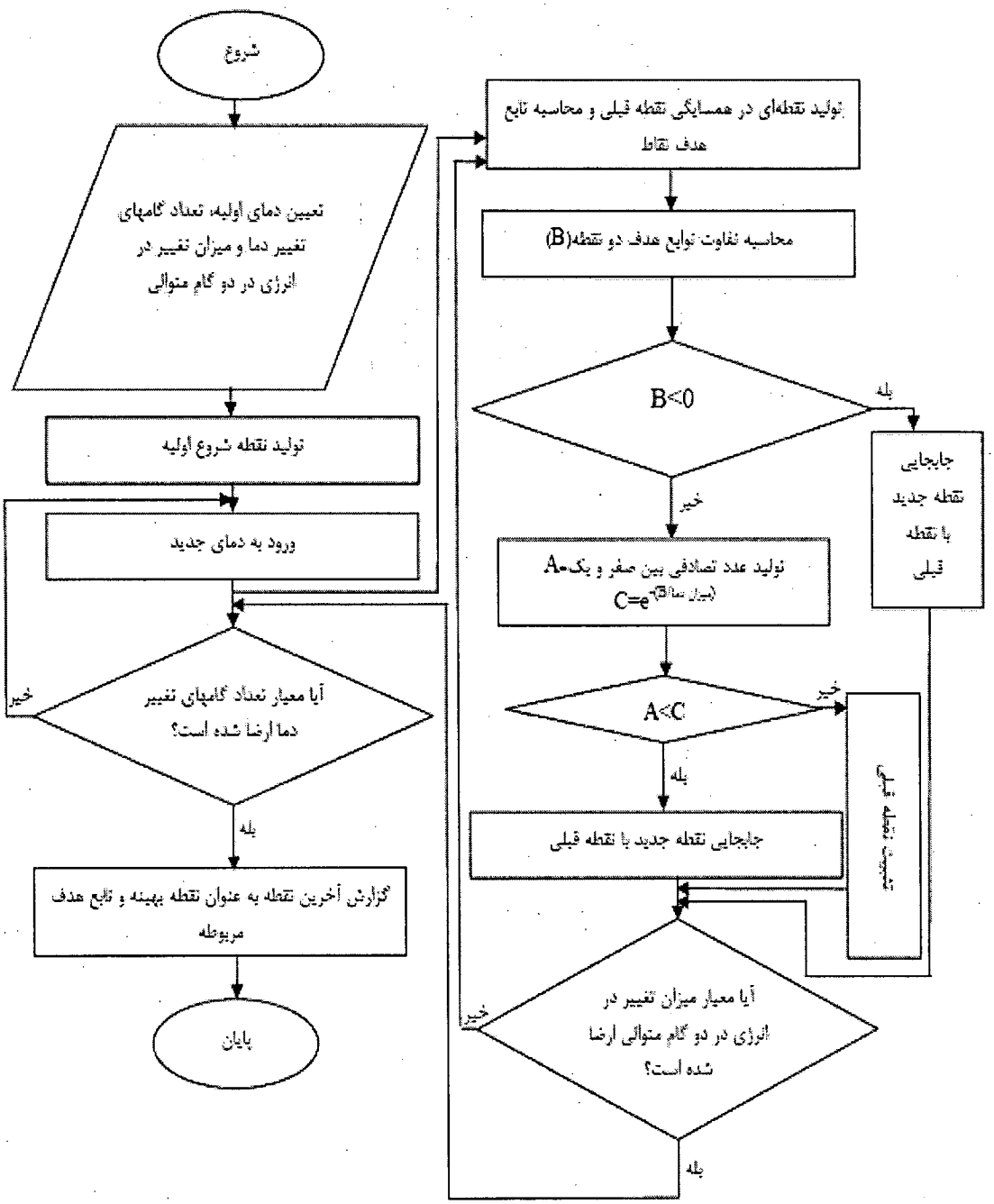
- x' بر x چیره شود ($p=1$).
- x' توسط x مورد چیرگی قرار گیرد ($p<1$)
- x' و x متقابلاً غیر غالب باقی بمانند ($p=?$)

به این ترتیب با تعریف تابعی، فرآیند انتخاب از مجموعه غیر غالب صورت می‌پذیرد. سرافینی همگرایی الگوریتم برای رسیدن به مجموعه پارتو را مطابق توابع تک هدفه تعریف و اثبات نمود که در صورت کاهش آرام و مناسب دما، رسیدن به مجموعه جوابهای پارتو را تضمین می‌شود. سرافینی جهت اصلاح الگوریتم راه حل دیگری ارائه کرد. بدین ترتیب که از وزنهای تصادفی در تکرارهای مختلف استفاده نمود. البته این وزنها اجازه تغییر بیش از ده درصد را نخواهند داشت.

آلانگو و همکاران[۴] (۱۹۹۹)، با استفاده از این الگوریتم روشی به نام MOSA[۵] را گسترش دادند. در این روش بردارهای وزنی معرفی می‌گردند که هر کدام از آنها با یک فرآیند نورد مستقل ارتباط داده می‌شود. هر فرآیند جستجو با جوابهای تصادفی آغاز شده، پس از جستجو و استفاده از قوانین احتمالاتی معرفی شده، خروجی الگوریتم، مجموعه‌ای از جوابهای غیرغالب خواهد بود که به وسیله هیچ کدام از جوابها از فرآیندهای مستقل متفاوت حذف نمی‌گردد. در واقع جستجویی به موازات جستجوی مجموعه اصلی صورت می گیرد[۱۷].

---

[۱] Perturbation
[۲] Thermal Equilibrium
[۳] Serafini
[۴] Ulungu et al
[۵] Multi Objective Simulated Annealing



شکل (۲-۱): نمایش گامهای مختلف الگوریتم SA