دانشگاه

علوم و تحقیقات

تهران

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی آبخیزداری (M.Sc)

گرایش منابع آب و هیدرولوژی

موضوع :

تهیه و کاربرد منحنی فرمان در بهره برداری از مخزن سد علویان

استاد راهنما :

دکتر میر حسن سید سراجی

استاد مشاور :

دکتر منوچهر حمیدیان

نگارنده :

مهندس فرهاد دلیری

سال تحصیلی ۱۳۸۵

Scanned with CamScanner

«به نام خداوند»

«صورت یک مسأله اساساً مهم‌تر از حل آن است.
حل مسأله ممکن است فقط مستلزم مهارت‌های تجربی
و یا ریاضی باشد، حال آنکه طرح پرسش‌های نو و بررسی
مسایل قدیمی از دیدگاهی تازه نیازمند ذهنی
خلاق و مبین آزمودگی فرد در علوم است»

«آلبرت انیشتن»

Scanned with CamScanner

دانشگاه

علـوم و تحقیقـات

تهران

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی آبخیزداری (*M.Sc*)

گرایش منابع آب و هیدرولوژی

موضوع

تهیه وکاربرد منحنی فرمان در بهره‌برداری از مخزن سد علویان

استاد راهنما:

دکتر میرحسن سید سراجی

استاد مشاور:

دکتر منوچهر حمیدیان

نگارنده:

مهندس فرهاد دلیری

سال تحصیلی ۱۳۸۶-۱۳۸۵

Scanned with CamScanner

این پایان نامه با عنوان " تهیه و کاربرد منحنی فرمان در بهره‌برداری از مخزن سد علویان"
در تاریخ ۱۳۸۵/۱۱/۱۲ توسط هیئت داوران متشکل از اساتید محترم ذیل:

۱- دکتر میر حسین سیدسراجی استاد راهنما

۲- دکتر منوچهر حمیدیان استاد مشاور

۳- دکتر غلامرضا زهتابیان استاد مدعو

بررسی و با نمره ۱۹/۲۵ و درجه عالی مورد تأیید قرار گرفت.

Scanned with CamScanner

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از زحمات استاد بزرگوار و دوست محترم جناب آقای دکتر حسن سید سراجی[1] که با راهنمایی‌های خود هدایت این تحقیق را به عهده گرفتند و جناب آقای دکتر منوچهر حیمدیان[2]، جناب آقای مهندس عبدالکریم فانی حق[3] و جناب آقای دکتر سعید علی محمدی[4] که درامر مشاوره، تجربیات و نقطه‌نظرات مفیدی را در به ثمر رسیدن این تحقیق در اختیار بنده قرار دادند، سپاسگذاری می‌شود.

همچنین از جناب آقای دکترغلامرضا زهتابیان[5] داور محترم تحقیق واساتید محترم گروه آبخیزداری و احیای مناطق خشک و کوهستانی دانشگاه تهران که در مدت ۶ سال راهنمایی‌های ارزنده و شایسته خود را به اینجانب منتقل نمودند، کمال امتنان و تشکر را دارم.

---

۱ - استادیار دانشگاه صنعت آب و برق.

۲ - استادیار دانشگاه صنعت آب و برق.

۳ - کارشناس آبخیزداری، موسسه تحقیقات آب.

۴ – استادیار دانشگاه صنعت آب و برق.

۵ - استادیار دانشگاه تهران.

Scanned with CamScanner

تقدیم به:

دوست داران دانشجو

Scanned with CamScanner

عنوان	صفحه
چکیده	۱
پیشگفتار	۲
فصل اول: کلیات	۵
۱-۱- مقدمه	۵
۱-۲- منحنی فرمان (Rule curve) و کاربرد آن	۵
۱-۳- هدف از تهیه منحنی فرمان	٦
۱-٤- تاریخچه بهره برداری آب	۷
فصل دوم: مرور منابع	۱۰
۲-۱- مقدمه	۱۰
۲-۲- سابقه و منابع تحقیق	۱۰
۲-۳- برنامه‌ریزی برای توسعه منابع آب	۱۰
۲-۳-۱- پروژه‌های چند منظوره سد سازی	۲۳
۲-٤- سدها و مخازن آب	۲۹
۲-۵- اصول تهیه منحنی فرمان در بهره‌برداری کمی از مخازن سد	۳۳
۲-٦- روش های شبیه سازی جریان رودخانه ها	۳۵
۲-۷- روش های محاسبه عملکرد مخازن سد	۳۹
۲-۷- ۱- روش های تجربی یا دوره بحرانی	۳۹
۲-۷-۱-۱- منحنی جرم ریپل (۱۸۸۳)	۳۹
۲-۷-۱-۲- مدل ذخیره	٤۰
۲-۷-۱-۳- روش جدول عملیاتی	٤۱
۲-۷-۲- روش های مهندسی سیستم (مدل و مدل سازی)	٤۱
۲-۷-۲-۱- مدل های بهینه سازی (Optimization)	٤۱
۲-۷-۲-۲- مدل های شبیه سازی (Simulation)	٤۵
۲-۸- معرفی نرافزار LINGO.8	٤۷
۲-۹- بررسی کارایی سیاست‌های بهره‌برداری	۵۰
۲-۱۰- نتیجه گیری	۵۲
فصل سوم: متدولوژی	۵٤
۳-۱- مشخصات منطقه و سد مخزنی علویان	۵٤
۳-۲- ایستگاه های مورد استفاده	۵٤
۳-۳- روش تحقیق	۵٦
۳-۳-۱- روش های محاسبه عملکرد مخزن سد علویان	۵۷

Scanned with CamScanner

۳-۳-۱-۱- مقایسه نتایج مدل LINGO.8 و جدول عملیاتی ۵۹
۳-۳-۲- روش شبیه سازی جریان رودخانه صوفی چای ۵۹
فصل چهارم: آنالیز داده ها و بررسی نتایج ۶۱
٤-۱- مقدمه ۶۱
٤-۲- مدل مفهومی منابع و مصارف سیستم سد ۶۱
٤-۲-۱- منطقه I (اطراف شهر مراغه) ۶۲
٤-۲-۲- منطقه II (ساحل راست) ۶۲
٤-۲-۳- منطقه III (ساحل چپ) ۶۳
٤-۲-٤- منطقه IV (بناب) ۶۳
٤-۳- اطلاعات هواشناسی و هیدرولوژیکی ۶۳
٤-۳-۱- رژیم آبدهی و شبیه سازی استوکاستیک ۶۳
٤-۳-۲- تبخیر از مخزن علویان ۶۶
٤-۳-۳- رسوب ۶۶
٤-۳-۳-۱- پروفیل رسوب در مخازن ۷۰
٤-٤- نیاز آبی ۷۱
٤-٤-۱- نیاز شهری ۷۱
٤-٤-۲- نیاز صنعت ۷۲
٤-٤-۳- نیاز محیط زیست ۷۳
٤-٤-۳-۱- حداقل دبی لازم جهت رفع نیاز های حفظ محیط زیست ۷۳
٤-٤-٤- نیاز کشاورزی ۷۵
٤-۵- نیاز کنترل سیلاب ۸۰
٤-٦- بررسی نتایج ۸۰
فصل پنجم: نتیجه گیری و بحث
۵-۱- نتایج
۵-۲- توصیه ها
پیوست
۱- واژگان
۲- مراحل شبیه‌سازی سیستم مخزن
۳- نمونه جدول عملیاتی
٤- مدل ریاضی بهینه‌سازی تخصیص منابع و مصارف آب آبخیز صوفی چای و سد علویان
۵- متغیرهای مدل ریاضی
منابع مورد استفاده
Abstract

Scanned with CamScanner

فهرست اشکال

۱-۱- نمایی از سد قدیمی ساوه (۷۰۰ سال قبل از دوره صفویه)

۲-۱- منحنی فرمان بهره‌برداری سد شهید عباسپور

۲-۲- نمونه منحنی فرمان برای تولید انرژی برقابی

۲-۳- طبقه‌بندی اصلی انواع سدها

۲-٤- روند مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها (مرحله شناسایی)

۲-۵- روند مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها (مرحله طراحی تفصیلی)

۲-٦- منحنی ریپل

۲-۷- پنجره اصلی و برنامه‌نویسی نرم‌افزار LINGO

۲-۸- مدل ریاضی مسئله فرضی جهت بهینه‌سازی در LINGO

۲-۹- پنجره گزارش وضعیت اجرای مدل بهینه‌سازی

۲-۱۰- پنجره گزارش نتایج بهینه‌سازی

۳-۱- منحنی سطح، حجم، ارتفاع مخزن سد علویان در شرایط اولیه

٤-۱- نمایش مدل مفهومی منابع و مصارف سیستم سد علویان و حوزه آبخیز صوفی چای

٤-۲- نوسانات سالانه جریان در محل سد علویان

٤-۳- منحنی سطح، حجم، ارتفاع مخزن سد علویان پس از رسوبگذاری در دوره های ۲۵ و ۵۰ سال

٤-٤- روند رشد نیاز آب شهری از سد علویان در طی سال‌های مختلف

٤-۵- نوسانات حداقل جریان سالانه در محل سد علویان

٤-٦- منحنی فرمان و حجم کنترل سیلاب مخزن در طی دوره ۵ سال بهره‌برداری از سد علویان

٤-۷- منحنی فرمان و حجم کنترل سیلاب مخزن در طی دوره ۲۵ سال بهره‌برداری از سد علویان

٤-۸- منحنی فرمان و حجم کنترل سیلاب مخزن در طی دوره ۵۰ سال بهره‌برداری از سد علویان

٤-۹- منحنی فرمان و حجم کنترل سیلاب مخزن در طی دوره ۵ سال بهره‌برداری از سد علویان(مهاب قدس)

٤-۱۰- منحنی فرمان و حجم کنترل سیلاب مخزن در طی دوره ۲۵ سال بهره‌برداری از سد علویان(مهاب قدس)

٤-۱۱- منحنی فرمان و حجم کنترل سیلاب مخزن در طی دوره ۵۰ سال بهره‌برداری از سد علویان(مهاب قدس)

۵-۱- ساختار پیشنهادی برای سیستم پشتیبانی در تصمیم‌گیری برای برنامه‌ریزی و بهره‌برداری پایدار از منابع آب

فهرست نقشه

۳-۱- موقعیت سد مخزنی علویان روی رودخانه صوفی چای

Scanned with CamScanner

فرهاد دلیری[1]

چکیده

بهره‌برداری در زمان مناسب از سیستم‌های مخزن ـ رودخانه نیازمند سیاست‌های بهره‌برداری مشخص چون منحنی فرمان می‌باشد. این قوانین که به صورت پویا برای بهره‌برداری کمی از مخزن سد علویان تهیه شد شامل راهنمایی عملی برای ذخیره‌سازی و رهاسازی آب جهت تامین نیازها و کنترل سیلاب می‌باشد. در برنامه‌ریزی پویا خصوصیات استوکاستیک جریان‌های ورودی و دینامیک رفتار مخزن سد علویان در طول دوره‌های ۵، ۲۵ و ۵۰ سال جهت طراحی حجم بهینه ترازهای بهره‌برداری و روندیابی سیل به کمک معادله پیوستگی بیلان جرمی منابع و مصارف و سرریز برای شرایط یکسان با دو روش مدل LINGO و جدول عملیاتی به ترتیب بهینه سازی و شبیه سازی و نتایج مقایسه شد. بررسی نتایج مشخص کرد که استفاده از مدل ریاضی مذکور باعث افزایش راندمان بهره برداری از سیستم و کاهش درصد کمبود در طول عمر مخزن خواهد شد. همچنین کاربرد منحنی‌های فرمان بهره‌برداری علاوه بر ایجاد هماهنگی بیشتر استفاده‌های غیرسازگار در کنار یکدیگر باعث کاهش شدت خسارت خشکسالی و افزایش ایمنی تامین نیاز آبی آتی خواهد شد.

واژه های کلیدی

سیستم مخزن – رودخانه، منحنی فرمان، بهره برداری کمی، برنامه ریزی پویا، معادله پیوستگی، شبیه سازی، بهینه سازی، مخزن سد علویان.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری ـ منابع آب و هیدرولوژی. E-mail: Maharseyl_keshtman@yahoo.com

Scanned with CamScanner

Preparation and usage rule curve in exploitation of Alavian dam reservoir

Abstract:

Rule Curves are needed For opportune exploitation of reservoir-River systems,. This guidelines that be accommodate into dynamic for quantitative exploitation of Alavian dam reservoir, include applied guidelines for storage and extrication water aspect needs and flood mitigation are provided. In dynamic operation policies, behaviour of inflow stochastic and dynamics of Alavian dam reservoir were simulated during periods 5, 25 and 50 years through flow continuity equation and surplus water in uniform conditions with LINGO modeling and operational table methods for designing optimum volume exploitation levels and flood routing and resulsts were compared together. Finally was distinguished that the rule curves coming by LINGO modeling was better. Likewise usage rule curves, will be occasion further consistency incoherent utilizations and drop detriments intensity result of drought and increase safety providence water needs.

Keywords: Reservoir-river system, Rule curve, Quantitative exploitation, Dynamic Operation Policies, Continuity Equation, simulation, Optimization, Alavian dam reservoir.

Author:

FARHAD. DALIRI[1]

M.Sc.Student, watershed management - Hydrology & water resources

1 - E-mail: Maharseyl_Keshtman@Yahoo.Com.

Scanned with CamScanner

پیشگفتار

برنامه‌ریزی و طراحی برای مدیریت سیستم‌های منابع آب به خاطر رشد پیوسته جمعیت جهان، افزایش نگرانی بخاطر پیدا کردن و تامین آب قابل دسترس برای استفاده‌های بشر، تولیدات مربوط به کارخانجات صنعتی، زهکشی فاضلاب و نیاز روزافزون غذا، پیامدهای ناشی از سیل چون خسارت‌های جانی و مالی و کاهش تولیدات کشاورزی و صنعتی، آلوده شدن منابع آب زیرزمینی و سطحی و نهایتاً کاهش آب قابل شرب جایگاه ویژه‌ای پیدا نموده است. امروزه مدیریت مفید، مقرون به صرفه و با راندمان بالا برای تضمین و تأمین آب کافی در آینده ضروریست. مفهوم مدیریت در این راستا بسیار فراتر از فعالیت‌های مهندسی غیرقابل انعطاف و خشک سازه‌ای می‌باشد. ملاحظات علومی چون اقتصاد، مسائل اجتماعی، تدبیر و سیاست‌های درست و مطالعات زیست محیطی سهم عمده‌ای در روند تصمیم‌گیری دارند. لذا برنامه‌ریزی به مفهوم واقعی جهانی یک فرایند پیچیده‌ای در ارتباط با بهره‌برداری از آب و رقابت است که باید جنبه‌های زیست‌محیطی، فیزیکی و اقتصادی در آن مورد توجه باشد. بهره‌برداری بهینه از منابع آبی در شرایط معین و کاهش خسارات ناشی از سیلاب در چارچوب مدیریت و کنترل منابع آب پس از مطالعات مقدماتی، طرح‌ریزی و اجرای برنامه قابل انتظار است. در مدیریت همیشه روش‌های مکانیکی و مهندسی راه‌گشا نیستند بلکه در بعضی موارد یک روش غیرمکانیکی، مناسب و ارجح‌تر می‌باشد. لذا یک مدیریت اصولی زمانی انجام می‌پذیرد که تمام علوم مرتبط، با هماهنگی متقابل در خدمت طرح‌ریزی باشند. به طور کلی خلاصه‌ای از مسائلی که ممکن است در مهندسی منابع آب مورد بررسی قرار گیرد به سه دسته و نه تابع به شکل زیر قابل تفکیک است:

مسائل کیفی	مسائل کمی				کنترل آب مازاد			
کنترل آلودگی	مسایل کشتیرانی	نیاز برقابی	نیاز آبیاری	تامین آب شرب	سیستم‌های فاضلاب	سیستم‌های انتقال آب	زهکشی	کنترل سیلاب

اهداف پروژه‌های مهندسی آب به کنترل یا استفاده از آب برمی‌گردد. لذا اولین سئوال به طور طبیعی به مقدار آب برمی‌گردد. جواب این سئوال شاید از همه مسائل طراحی مشکل‌تر باشد. با توجه به مطالب بالا برنامه‌ریزی منابع آب وابسته به این جواب است که مقدار آب محتمل شامل پیک و حجم چقدر است؟ جواب این پرسش‌ها توسط علم هیدرولوژی امکان‌پذیر است. علم هیدرولوژی ابزار شناخت فرایندها است لذا هیدرولوژی علم پایه در علوم مهندسی آب به شمار می‌آید. در بررسی‌ها و مطالعات هیدرولوژیکی همانند سایر شاخه‌های مهندسی از فرمول‌ها و معادلات ریاضی، نتایج تجربی صحرایی و آزمایشگاهی و نهایتاً قضاوت‌های مهندسی به عنوان روش‌های حصول به اهداف مورد نظر استفاده می‌شود. برنامه‌ریزی یک

Scanned with CamScanner

گام مهم در توسعه پروژه‌های منابع آبی است. برنامه‌ریزی یک پروژه در مرحله اول شامل شناخت نیازها است. مرحله بعد از آن تعیین گزینه‌های عملی برای رفع نیازها و سپس باید این گزینه‌های نامزد به کمک افراد متخصص و مطالعات اقتصادی بررسی و غربال شوند. همچنین ارزیابی کنش‌های اجتماعی- محیطی یک گام مهم در فرایند برنامه‌ریزی محسوب می‌شود. نهایتاً پس از تعیین منابع مالی و اعتبار در گام آخر پس از اجرا و بهره‌برداری سئوال این است آیا پروژه قابل قبول برای عموم مردم بوده است؟ جواب منطقی این سئوال می‌تواند معیار مناسبی در اینکه آیا پروژه نهایی درست انتخاب شده یا خیر باشد.

تحقیق حاضر با موضوع اصلی تهیه و کاربرد منحنی فرمان در بهره‌برداری از مخزن سد علویان سعی دارد تا در قالب اصول و چارچوب کلی برنامه‌ریزی منابع آب، جایگاه و کاربرد اصلی منحنی فرمان را در طرح‌های توسعه منابع آب بازگو کند. در این خصوص مطالب فصل اول شامل کلیاتی چون تعریف جامع از منحنی فرمان، اهداف و تاریخچه بهره برداری آب را شامل می شود. فصل دوم پایان نامه اختصاص به مرور منابع دارد. در این فصل علاوه بر ذکر سابقه و منابع اصلی تحقیق، چارچوب برنامه ریزی منابع آب و اصول تهیه منحنی های فرمان ذکر گردید. مشخصات کلی سد علویان و آبخیز صوفی چای به همراه روش تحقیق در فصل سوم با عنوان متدولوژی ارائه شد. در فصل چهارم علاوه بر ارائه اطلاعات و آمار پایه و آنالیز داده ها، نتایج کاربرد منحنی فرمان بررسی شده است. سرانجام در فصل پنجم تحقیق نتیجه کارهای انجام شده را ذکر کرده و پیشنهادات لازم ارائه شده است.

Scanned with CamScanner

فصل اول:

کلیات

Scanned with CamScanner

۱-۱- مقدمه

بهره‌برداری در زمان واقعی از سیستم‌های مخزن و رودخانه نیازمند سیاست‌های بهره‌برداری و برنامه‌ریزی مشخص است. این قوانین، راهنمایی عملی ذخیره‌سازی و یا رهاسازی آب برای تأمین نیازها، کنترل سیلاب و دیگر اهداف مدیریت بهره‌برداری از مخازن می‌باشند. یکی از ساده‌ترین و در عین حال مؤثر و پرکاربردترین سیاست‌های بهره‌برداری مخزن، تهیه منحنی فرمان (Rule Curve) می‌باشد.[۲۳]

در چند دهه اخیر، به علت رشد سریع جمعیت و به تبع آن بار آلودگی ورودی به منابع آب تجدیدپذیر و محدودیت منابع آبی کشور در مقابل افزایش روزافزون نیازهای آبی شامل شرب، کشاورزی، صنعت، تولید برق، مسائل زیست محیطی، کنترل سیلاب و غیره باعث شده است که مطالعات برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب به منظور ذخیره‌سازی و بهره‌برداری بهینه از مخازن سدها مورد توجه تصمیم‌گیرندگان منابع آب قرار گیرد.

افزایش تقاضای آب، بالا رفتن سطح زندگی، گسترش آلودگی منابع آب در اثر توسعه فعالیت‌های کشاورزی، شهری و صنعتی موجب ایجاد وضع نامساعدی در بسیاری از مناطق جهان شده است. رشد و توسعه در عین حال که رفاه و بهداشت عمومی را بهبود بخشیده، تخریب محیط زیست را نیز در پی داشته است. افزایش قابل توجه بار آلودگی و تنوع آلاینده‌های مختلف شهری، کشاورزی و صنعتی نیاز به مدیریت کمی و مدیریت تلفیقی کمی و کیفی سیستم‌های منابع آب را بیش از پیش ضروری ساخته است. امروزه جامع‌نگری و برخورد سیستمی در مدیریت کمی و کیفی منابع آب به علت افزایش مؤلفه‌های این سیستم‌ها و پیچیدگی ارتباطات و اثرات متقابل آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.[۲۳]

تهیه و استفاده از دستورالعمل‌های بهره‌برداری سدها در راستای دستیابی به بهره‌برداری مطمئن و بهینه و همچنین افزایش عمر مفید سد و سازه‌های وابسته و در نهایت تلاش در جهت حفظ سرمایه‌گذاری‌های کلان، در چارچوب مطالعات منابع آب قرار دارد. در این خصوص لازم است ابتدا قبل از هرگونه تحلیل و آنالیز یک تعریف جامع از کلمه منحنی فرمان به مفهوم کاربردی آن در مسائل هیدرولوژی و منابع آب ارائه و در نهایت هدف از تعیین منحنی فرمان بیان شود.

۱-۲- منحنی فرمان (Rule Curve) و کاربرد آن

منحنی‌های فرمان بهره‌برداری، منحنی یا دسته منحنی‌های نشان‌دهنده بهترین وضعیت تراز بهره‌برداری از مخزن در شرایط ویژه از قبل تعیین شده هستند. منحنی‌های فرمان در قالب دستورالعمل‌های بهره‌برداری ارائه می‌شوند. دستورالعمل‌های بهره‌برداری به مجموعه توصیه‌ها و دستورهایی اطلاق می‌شود که نحوه

Scanned with CamScanner

بهره‌برداری از سد را برای افراد مسئول مشخص می‌سازد، در حالیکه منحنی‌های فرمان یک چارچوب پیش‌بینی شده هستند که نحوه بهره‌برداری از مخزن را مشخص و در حقیقت سیاست کلی استفاده از مخزن را بر اساس روش‌های علمی بیان می‌نمایند.

در گذشته منحنی‌های فرمان، بیشتر از آنکه صرفاً به محاسبات علمی متکی باشند به تجربه طراحان بستگی داشته و عمدتاً با استفاده از موارد مشابه صورت می‌پذیرفت. ولی امروزه با اتکا به مدل‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی می‌توان بر اساس تحلیل‌های پیاپی و در تحت شرایط بحرانی و با توجه به نیازهای پروژه، منحنی‌های فرمان را در شرایط پیچیده‌تری مورد بررسی قرار داد و منحنی فرمان بهینه را طراحی کرد. به طور کلی تهیه منحنی‌های فرمان برای مخازن تک‌منظوره ساده‌تر است و با توجه به داده‌های ورودی، ظرفیت مخزن و میزان نیازها می‌توان منحنی فرمان بهینه را تهیه کرد. بدیهی است در سدهای چندمنظوره، از آنجا که تأمین نیازهای مختلف معمولاً با یکدیگر در تضادند مسأله پیچیده‌تر خواهد بود.

برنامه‌ریزی برای هماهنگی بهره‌برداری‌های مختلف سازگار و ناسازگار از حجم ذخیره مخزن آب (با تخصیص مشترک و غیر مشترک) با توجه به رفتار دینامیکی ایمن سازه در پروژه‌های تک و چند منظوره، مهمترین کاربرد منحنی فرمان (Rule curve) محسوب می‌شود. در این خصوص مشخصه‌های منحنی‌های فرمان در یک مخزن شامل حجم آب تخصیص یافته مخزن در یک زمان مشخص برای تأمین نیازهای آبی مشخص با اولویت معین است. منحنی‌های فرمان می‌توانند با دو فرآیند مختلف ایستا و پویا تهیه شوند. سیاست‌های بهره‌برداری پویا خصوصیات تصادفی جریان ورودی و تغییرات هندسی مخزن را در نظر می‌گیرند. منحنی‌های فرمان اغلب به صورت ماهانه طراحی می‌گردند. در برخی مواقع بر اساس نیازهای آبی و نحوه تأمین آنها باید از فواصل زمانی کمتری نیز استفاده کرد. منحنی‌های فرمان با فرآیند ایستا از نوع سیاست‌های بهره‌برداری هستند که از نرخ تغییر حجم مخزن و مشخصات جریان ورودی در وضع موجود و یا پیش‌بینی ماه‌های آتی هیچگونه بازخوردی نمی‌گیرند. در این حالت به خصوص در مناطق با ضریب تغییرات بالای جریان ورودی، کارایی منحنی فرمان ایستا پایین می‌آید. لذا در عمل باید این دستورالعمل‌ها برای شرایط متوسط، کم و پرآبی جریان آبخیز سد و متناسب با نرخ تغییرپذیری شکل هندسی مخزن و نیازها، برای افق‌های زمانی متناسب با شرایط، تهیه گردند.

۱-۳- هدف از تهیه منحنی فرمان

به طور کلی می توان اهداف اصلی تهیه منحنی فرمان مخازن آب را به شرح ذیل خلاصه نمود:

۱- افزایش ایمنی تامین نیاز آبی آتی

۲- کاهش شدت خسارت خشکسالی و کنترل شرایط بحرانی (سیلاب و خشکی)

Scanned with CamScanner

۳- مدیریت عملکرد مخزن (کنترل رسوب گذاری، حفظ ایمنی رفتار دینامیکی بدنه سد و ...

٤- ایجاد هماهنگی بیشتر استفاده های غیر سازگار در کنار یکدیگر

٥- افزایش عمر مفید سد و سازه های وابسته ٦- توجه به مسائل کمی و کیفی محیط زیست و ...

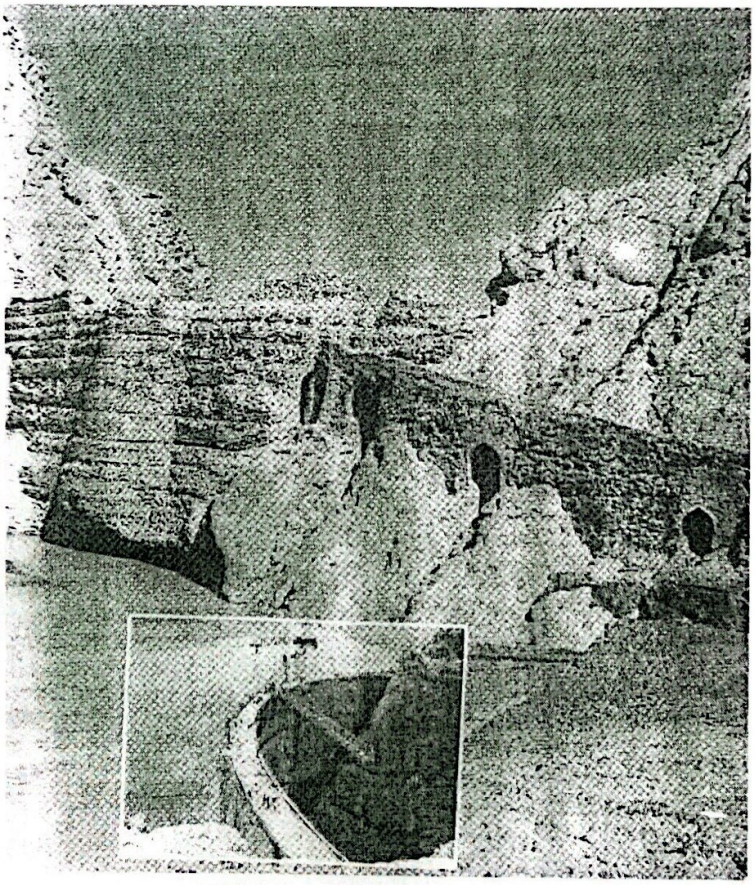
دستورالعمل های بهره برداری ممکن است براساس قضاوت مهندسی و تجربی و یا بر اساس مطالعات علمی مانند استفاده از مدل های ریاضی بهینه سازی و شبیه سازی تهیه شود.تعیین ترازهای بهره برداری نیازهای شهری، آبیاری، صنعت و محیط زیست مخزن سد علویان با استفاده از الگوریتم آبدهی متاثر از شرایط عدم قطعیت جریان (شبیه سازی استوکاستیک) در شرایط بهره برداری پویای مخزن با یکی از دو روش بهینه سازی مدل LINGO.8 و شبیه سازی جدول عملیاتی ضمن تلفیق حجم کنترل سیل در افق های برنامه ریزی ٥ ، ۲٥ و ٥۰ ساله موضوع انجام گرفته در این پایان نامه می باشد.

۱-٤- تاریخچه بهره‌برداری آب

انسان آب را که برای حیاتش لازم است از زمان پیدایش خود مورد استفاده قرار داده است. بشر در دوره نوسنگی (NeoLithique) آب‌های سطحی را مهار کرده است. ضرب‌المثل‌هایی که بر این امر اشاره می‌کند بر روی الواح سومری‌ها متعلق به ٤ هزار سال قبل از میلاد مسیح نوشته شده است. در تورات مباحث مختلفی به چشم می‌خورد که گرفتاری‌های مردم را در خصوص آب‌ها و چشمه‌ها بیان می‌کند. وجود آب ظهور تمدن‌های بزرگ را در کناره‌های چهار شط بزرگ از چندین هزار سال قبل از میلاد مسیح تسهیل نموده است: ٥ هزار سال در دره پائینی شط زرد، ٤ هزار سال در دره نیل، ۳ هزار سال در کنار رودخانه‌های دجله و فرات و ۲٥۰۰ سال در کناره رود سند. از همان زمان نیز تنظیم رودخانه‌ها و تأسیسات آبیاری شروع شده است. مصریان قدیم با مشاهده طغیان‌های رودخانه نیل بود که تقویم ۳٦٥ روزی را ابداع کردند و اندازه‌گیری زمان را با اختراع ساعت آبی تکمیل نمودند. مخازن ذخیره آب ۲۰۰-۳۰۰ سال پیش از میلاد مسیح در کشورهایی چون مصر، سوریه، هند، سری‌لانکا و دیگر کشورها ساخته شده بودند. بیشتر آنها از سدهای پاره‌سنگی با حداکثر ارتفاع ۱۰ تا ۱٥ متر و هدف تأمین آب آبیاری و ذخیره سیل احداث شده بودند. (شکل ۱-۱) با این وجود بشر با یک تجربه حدود ۱۰۰۰ سال از ساخت سدها هنوز هم با شکست سدها روبرو است. تاریخ استخراج آب زیرزمینی توسط حفر چاه و یا دالان زیرزمینی بسیار قدیمی است. چینی‌ها از چندین هزار سال پیش فن حفر چاه را بوسیله ساقه‌های دسته شده نی بکار بردند و تا عمق ۱٥۰۰ متری حفاری می‌کردند. قدیمی‌ترین چاه در مصر ٤ هزار سال پیش حفر شده است. چاه یوسف نزدیک قاهره که تقریباً ۱۰۰ متر عمق دارد مربوط به ۳ هزار سال پیش است. در همان موقع آبادی گادام واقع در منطقه فزان (Fezzan) از آب چاه آبیاری می‌شد. [۲۷]

Scanned with CamScanner

قانون دارسی فرانسوی (هدایت هیدرولیکی اشباع) سال‌ها قبل از ارائه وی توسط ابوالحاسب کرجی ایرانی درک شده بود و اولین چاه آرتزین در سال ۱۱۲٦ درمنطقه Vilieh en Artois حفر شده است. [۲۷]استخراج آب بوسیله دالان‌های طویل چند کیلومتری که به آنها قنات و یا فوگارا گفته می‌شود، از ۸۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در ایران باستان رایج بوده و از ۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در مصر نیز وجود داشته است. [۲۷]با پیشرفت علوم آب در قرن حاضر نگرش‌های متعددی در حل مسائل آبی و هیدرولوژیکی ارائه شده‌اند. این نگرش‌ها به حدی وسیع و تخصصی هستند که نمی‌توان آنها را از یکدیگر متمایز ساخت. (National Research Concil, 1982) ولی می‌توان آنها را به دو گروه عمده: ۱-نگرش علم فیزیک، ۲-نگرش سیستمی تقسیم کرد که به گروه اول روش‌های دینامیک و به گروه دوم روش‌های جعبه سیاه گفته می‌شود. [۸۰] در نگرش های فیزیکی، به منظور برآورد خروجی یک سیستم مشخص عموما به عناصر الف- ورودی سیستم ب- ساختار سیستم ج- قوانین فیزیکی سیستم د- شرایط اولیه و ه- شرایط مرزی نیاز است اما در نگرش سیستمی به نحوه عمل سیستم توجه می شود و نه به طبیعت آن.



شکل ۱-۱ سد قدیمی ساوه[٤٢]

نام سد: سد قدیمی ساوه
نزدیک‌ترین شهر: ساوه
پهنا در وسط: ۱۸ متر
گنجایش: ۲۵ میلیون متر مکعب
عمر سد: ۷۰۰ سال قبل از دوره صفویه
ارتفاع از پی: ۳۵
طول تاج: ٦۰
بدنه در کف رودخانه: ۳۵

Scanned with CamScanner

فصل دوم:
مرور منابع

Scanned with CamScanner

فصل ۲: مرور منابع

۲-۱- مقدمه

در این فصل پس از بیان سابقه و منابع اصلی تحقیق حاضر، ابتدا چارچوب برنامه ریزی برای توسعه منابع آب ذکر شد. سپس در خصوص سدها و مخازن آب و ارتباط آن ها با موضوع تحقیق پرداخته شد. بعد از آن اصول تهیه منحنی فرمان برای فاز های مختلف برنامه ریزی عنوان شد. نهایتاً روش های انتخابی در بند نتیجه‌گیری ارائه گردید.

۲-۲- سابقه و منابع تحقیق

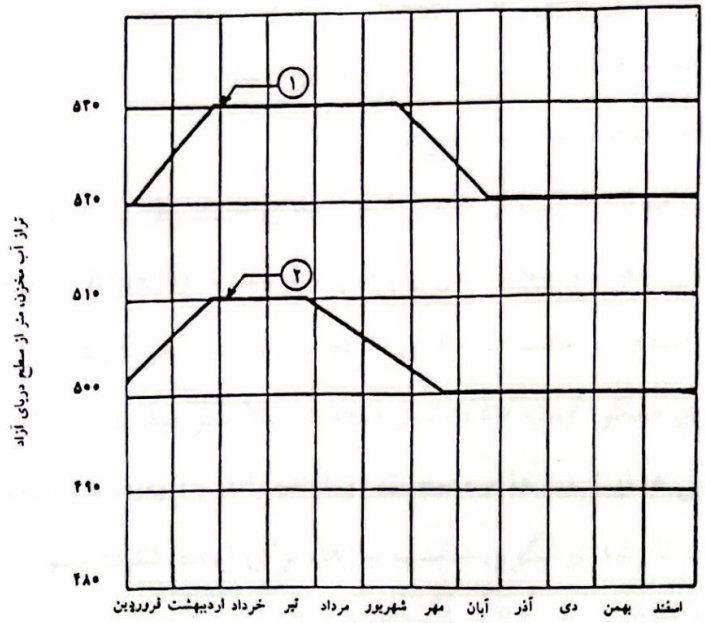
در تعداد کمی از سدهای داخل (دز – کارون – کرج – عباسپور) و خارج از کشور منحنی فرمان تهیه شده و لزوم توجه در تهیه این دستورالعمل ها برای افزایش راندمان بهره برداری از منابع آبی مخازن سدها بویژه در کشورهای خشک و نیمه خشک دارای اهمیت فراوان شده است.تهیه چنین منحنی‌هایی به صورت دستی و قضاوت کارشناسی در ایران از ۱۰ سال پیش و در کشورهای پیشرفته از حدود ۲۰-۳۰ سال پیش اهمیت پیدا کرده است بطوریکه کاربرد منحنی های فرمان در کشورهای در حال توسعه به تدریج در جهت بهره برداری علمی از مخازن الزامی میشود .شکل های ۱-۱ و ۱-۲ نمونه هایی از منحنی های فرمان بهره برداری را نشان میدهد.

به طور کلی منابع اصلی و مورد توصیه در زمینه تحقیق حاضر شامل کتاب هیدرولوژی پیشرفته[۲۲] دکتر محمد کارآموز و دکتر شهاب عراقی نژاد ، کتاب برنامه ریزی و مدیریت کیفی سیستم های منابع آب[۲۳] دکتر محمد کارآموز و مهندس رضا کراچیان در کنار کتاب Water Resource Systems Planning And Analysis نوشته Daniel P.Loucks & Jery R.Stedinger & Douglas A.Haith و کتاب Water Resources Systems Analysis [٦٤] نوشته B.Zahraie، Karamouz, M., F.Szidarovszky, & کتاب Water resources Eng. [۷۲] نوشته Ray K. Linsely و Hydrology For Eng. [۷۳] نوشته Ray K. Linsely می باشند.

۲-۳- برنامه‌ریزی برای توسعه منابع آب

برنامه‌ریزی یعنی ملاحظه سیستماتیک پروژه بر اساس بررسی و ارزیابی فنی و اقتصادی گزینه‌های مختلف، برای تصمیم‌گیری قطعی. برنامه‌ریزی شامل تمام مسائل در ارتباط با طراحی (design) پروژه و گاهی جزئیات طراحی سازه می‌باشد. برنامه‌ریزی معیاری اساسی برای انجام دادن یا رها کردن یک سری فعالیت

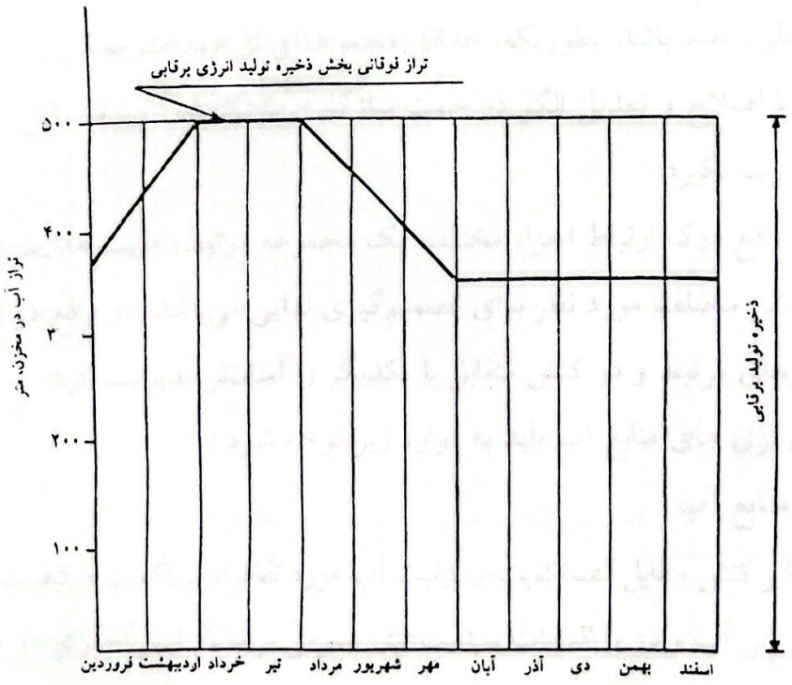
Scanned with CamScanner



شکل ۲-۱- منحنی فرمان بهره‌برداری سد شهید عباسپور [۱۴]

(۱) : ارتفاع حداکثر نرمال سطح آب و نمودار کنترل سیلاب

(۲) : ارتفاع حداقل نرمال سطح آب



شکل ۲-۲- نمونه منحنی فرمان برای تولید انرژی برقابی [۶۱]

Scanned with CamScanner

بوده و در واقع مهمترین جنبه مهندسی است.از آنجایی که هر پروژه توسعه منابع آب دارای زمینه‌های منحصر به فرد اقتصادی و فیزیکی خاص خود است ارائه یک برنامه واحد که همیشه منجر به موفقیت شود امکان‌پذیر نیست. لذا با اینکه هیچگاه جایگزین مناسبی برای قضاوت‌های مهندسی پیدا نمی‌شود، همیشه آنالیزهای کمی به برآوردها و قضاوت‌ها کمک می‌کنند. [۷۲]

مفهوم برنامه‌ریزی منابع آب ممکن است از کلمه آبخیزداری استنباط شود. در این حالت جنبه‌های برنامه‌ریزی درگیر فاکتورهای متعدد و پیچیده در ارتباط با هم هستند (Multiple Projects). این حالت فقط در مدیریت یکپارچه منابع آب و در غالب طرح‌های جامع پایدار شکل می‌گیرد.

مفهوم دیگری از برنامه‌ریزی ممکن است متفاوت از آنچه در بالا ذکر شد بدست آید. به عنوان مثال ممکن است برنامه‌ریزی را به معنی هدایت نیازها و جمعیت در آینده با توجه به محدویت‌های آب معنا کنیم. در این حالت سعی بر آن است تا رشد و الگوی مناسب نیازها، برای آینده کنترل شوند. اما مشکل اصلی در اینجا این است که چه حالتی مناسب است؟ و با چه معیاری؟

این معیارها حتی ممکن است با گذشت زمان و رشد تکنولوژی، توسعه اقتصادی و رفتارهای اجتماعی دائم در حال تغییر و تحول باشند. اساساً فرضیات هر مدیریتی باید با توجه به آینده پایه‌ریزی شود و اصولاً هر مدیریتی باید با گذشت زمان به طور دوره‌ای بازبینی شود.

برنامه‌های مدیریتی منابع آب ممکن است با الگوبرداری نواحی نزدیک یا مشابه به یک کشور در صورت موفق بودن پروژه اصلی، مفید باشد. بطوریکه، حداقل مجموعه‌ای از عملیات ممکن را معرفی کند. اما این تقلید نیز باید همراه با اصلاح و تعدیل الگو در جهت سازگاری با تکنولوژی، مسائل اقتصادی و شرایط محیطی اجتماعی صورت بگیرد.

برخورد سیستمی در واقع درک ارتباط اجزاء مختلف یک مجموعه مرتبط، جهت مدل‌سازی و شبیه‌سازی شرایط قطعی یا احتمالی مختلف مورد نظر برای تصمیم‌گیری نهایی می‌باشد. در واقع در این حالت می‌توان مجموعه‌ای از فاکتورهای مرتبط و در کنش متقابل با یکدیگر را آسان‌تر مدیریت کرد.

بطور کلی در برنامه ریزی های منابع آب باید به موارد زیر توجه شود :

۱- عناصر مدیریت منابع آب

مدیریت منابع آب درگیر کنش متقابل الف)کمیت و کیفیت آب مورد تقاضا، ب)کمیت و کیفیت آب عرضه شده، ج) آلودگی آب، د) بازیابی آب و نیز ه) اقدامات سیاست‌های عمومی بر تمام این اجزای در حال کنش متقابل می‌باشد. در هر منطقه جغرافیایی اعم از کشور، استان یا منطقه اهمیت، حجم و نقش خصوصیت منابع آب متفاوت است و در هر ناحیه طی زمان، ممکن است به شکل‌های گوناگون تغییر نمایند. مدیریت کنش متقابل میان عناصر مذکور در هر ناحیه، ساختار اقتصادی و توسعه کشاورزی، فنی و صنعتی آن ناحیه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

Scanned with CamScanner

۲- سطح برنامه‌ریزی

سطح برنامه‌ریزی به موارد مختلفی از جمله تکنولوژی یک کشور، سطح و فاز پروژه، زمان، روش به کار گرفته شده، تجربه، اعتبار مالی و... دارد. بطور کلی سطح برنامه‌ریزی از نظر میزان دقت در یک کشور بوسیله سازمان‌های مشخص ملی و دولت تعیین می‌شود.همچنین در بیشتر کشورها مسئولیت پروژه‌های آبی ممکن است به عهده شرکت‌های خصوصی و ادارات دولتی باشد که جهت هماهنگی بین آنها یک متدولوژی مشترک تهیه می‌شود.

۳- فازهای برنامه‌ریزی

در واقع عمل غربال کردن گزینه‌های مختلف، فازهای مختلف برنامه‌ریزی را تشکیل می‌دهند. فاز اول پس از حذف گزینه‌های غیرعملی برای مطالعات وسیع‌تر روی گزینه‌های ممکن به فاز دوم می‌رسد.انجام اینگونه مطالعات متوالی به خاطر کاهش هزینه کل در صورت عدم امکان انجام پروژه نهایی و جلوگیری از مطالعات پرهزینه بعدی می‌باشد. باید توجه داشت که خیلی از مواقع تصمیم نهایی تنها پس از محاسبات دقیق طراحی و هزینه‌ها در فاز آخر امکان‌پذیر است.

٤- اهداف برنامه‌ریزی

اساساً قبل از اینکه بگوییم یک پروژه آبی مناسب است باید مطمئن باشیم که این برنامه اهداف و مقاصد مورد نظر طراحی را بدون داشتن اثرات منفی تأمین می‌کند. لذا باید ابتدا و قبل از برنامه‌ریزی این اهداف و معیار موفقیت مشخص شده باشند. این اهداف در سطح ملی، کلان در نظر گرفته می‌شوند. اهداف کلانی که ممکن است در برنامه‌ریزی‌های منابع آب مورد توجه باشند شامل:

- بهبود وضعیت اقتصادی
- بهبود کیفیت شرایط محیطی
- افزایش تولید مواد غذایی
- رونق محلی
- بهبود شرایط حمل و نقل

هر کدام از اهداف بالا ممکن است در سطوح دیگر پروژه به اجزای دیگر سیستم به طور مستقیم یا غیرمستقیم مرتبط باشند. مثلاً افزایش تولید مواد غذایی با افزایش آبیاری، زهکشی اراضی، و حفاظت سیل نیز مرتبط است و یا ممکن است با مسائل غیر از پروژه‌های آبی مثل حاصلخیز کردن زمین با کود، آموزش زارع و اصلاح ژنتیکی بذر میزان مواد غذایی را افزایش داد. لذا تمام گزینه‌های ممکن و حالات ترکیبی آنها باید در کنار یکدیگر مورد آزمون قرار گیرند و حذف یک گزینه زمانی صورت بگیرد که مطمئن باشیم اجرای آن غیرممکن یا کمتر مورد توجه است.

Scanned with CamScanner

۵- نقش زمان در برنامه‌ریزی

از آنجایی که برنامه‌ریزی همیشه برای آینده طرح‌ریزی می‌شود لذا پیش‌بینی شرایط آینده یک ضرورت است. در پروژه‌های آبی افق‌های برنامه‌ریزی اغلب ۵۰ تا ۱۰۰ ساله در نظر گرفته می‌شوند لذا مسئله پیش‌بینی، بسیار حیاتی و بحرانی خواهد بود. متأسفانه هیچ آینده‌نگری کامل نیست بطوری که قضاوت آینده بر اساس گذشته، خطاهای بزرگی به همراه داشته است.

احتمال توسعه قابل توجه و با اهمیت در روش‌های پیش‌بینی هیدرولوژیکی وجود ندارد. حتی اگر روش‌های دقیق در این زمینه استفاه شود باز هم نتایج، وابسته به ضرایب فرض شده هستند. برون‌یابی ساده روند به خاطر طرفداری از روش‌های پیش‌بینی منطقی تا حد ممکن باید پرهیز شود. اساس یک برنامه‌ریزی این است که ریسک یک تصمیم اشتباه حاصل از یک پیش‌بینی ضعیف را حداقل کند. این مسئله می‌تواند با بررسی دامنه‌ای از نتایج فرایند پیش‌بینی و سناریوهای مختلف نیاز آینده برای ریسک‌های مختلف، حل شود. اگر هیچ گزینه‌ای در سناریوهای مختلف با شرایط پیش‌بینی رضایت‌بخش نبودند لازم است تا یک گزینه جدید که انعطاف‌پذیری بیشتری دارد فرمول‌بندی شود. این کار ممکن است با احداث مرحله‌ای تأسیسات امکان‌پذیر باشد. مثلاً ساختن یک سد کوچک با امکان مرتفع کردن آن در آینده و یا نصب بخشی از توربین‌های نیروگاه در ابتدای پروژه و از این قبیل ممکن است توجیه اقتصادی را به همراه داشته باشند. پروژه‌های کنترل دشت سیلابی ذاتاً انعطاف‌پذیر هستند.

تغییرات ممکن فن‌آوری در آینده و امکانات حال یک کشور همیشه باید در محاسبات برنامه‌ریزی اعمال شود. در بعضی موارد یک تأخیر در پروژه ممکن است اجازه ساخت و احداث پیشرفته‌تری را امکان‌پذیر کند. همچنین ملاحظات سیاست قیمت‌گذاری در مسائل برنامه‌ریزی برای کنترل نیاز در آینده بسیار با اهمیت است. شاید مفاهیم جملات بالا برای کشور ایران با برداشتن همزمان سوبسید از روی گاز و بنزین و آب و دادن سوبسید برای نان، گوشت و میوه در راستای برنامه‌ریزی‌های دراز مدت طرح‌های اقتصادی امکان‌پذیر باشد.

٦- تدوین چارچوب پروژه

پس از اینکه اطلاعات پایه و دوراندیشی‌های لازم از شرایط آینده بررسی و جمع‌آوری شد تدوین واقعی پروژه آغاز می‌گردد. این مرحله‌ای از برنامه‌ریزی است که نیاز به خلاقیت، مهارت و هنرمندی دارد. در این گام لیستی جامع از گزینهٔ نوشته می‌شود. چنین لیستی اغلب در مطالعات اولیه تهیه شده است. فرآیند برنامه‌ریزی باید تمام گزینه‌های ممکن را با توجه به شرایط آینده پروژه و مصارف آینده ارزیابی کند. در بسیاری از پروژه‌های داخل کشور معمولاً مقداری X برای مصارف آینده بدست می‌آید و سپس با ۲ یا چند برنامه از پیش تعیین شده در جهت تأمین این مقدار، بهترین گزینه انتخاب می‌شود.

Scanned with CamScanner

در مهندسی گزینه‌ها ممکن است هدف بررسی و ارزیابی مکان‌های مختلف مخزن با ارتفاع‌های مختلف سد در مقابل ذخیره باشد. علاوه بر این ممکن است گزینه‌های غیرسازه‌ای و مدیریتی مطرح باشد. نکته مهم همانطور که در بندهای پیش نیز ذکر شد اهداف طرح می باشد. ممکن است هدف با حداکثر کردن بهبود شرایط اقتصادی و محیطی بدست آید. لذا جهت انتخاب گزینه‌ها، اهداف نیز باید مشخص باشند.

مسئله دیگر توجه به زمان است. اجرای یک گزینه ممکن است در زمان دیرتر اقتصادی‌تر و مناسب‌تر باشد. علاوه بر این، زمان بیشتر به معنی برآوردهای مطمئن‌تر و دسترسی بیشتر به اطلاعات نیز می‌باشد.

نقش برنامه‌ریزان ارائه گزینه‌های مختلف برای دولت‌مردان و تصمیم گیرندگان است. برنامه‌ریزان باید مراقب باشند که هیچگاه نباید به خاطر سلیقه یا نقطه نظرهای شخصی و پیش‌داوری (perjudice) گزینه‌ای را بدون مشورت در گروه ذی‌صلاح حذف کنند.

۷- مشارکت در برنامه‌ریزی

در برنامه‌ریزی منابع آب باید از نقطه‌نظرهای همه‌جانبه افراد محلی، پیامدهای کارهای مشابه در کشورهای همسایه، کارگاه‌های آموزشی، مقالات و ... کمال استفاده را کرد.

۸- ارزشیابی پروژه

وقتی که گزینه‌های نهایی مختلف تعریف شدند برنامه‌ریز باید سود و هزینه هر یک از گزینه‌ها را با یک روش مناسب برآورد کند. ارزش زمانی پول باید با توجه به مقدار بازگشت سرمایه مشخص شود. نهایتاً نسبت‌های سود و هزینه و یا سطوح خالص سود باید بصورت ترکیبی از حالت‌های مختلف پروژه بدست آید. روش‌های مختلفی جهت آنالیزهای اقتصادی و فنی گزینه‌ها وجود دارند که خارج از بحث این تحقیق است.

۹- ملاحظات زیست‌محیطی در برنامه‌ریزی

دهه‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ دوره افزایش نگرانی و توجه به اثرات زیست‌محیطی بود. رشد کنترل نشده جمعیت همراه با افزایش نیاز به غذا منجر به تهدید آلودگی آب، هوا و زمین، گیاهان، جانوران و خود انسان شد. پیشرفت فن‌آوری باعث شدیدتر شدن مداخله‌های انسان در تغییر طبیعت با کارهای مهندسی چون شهرسازی، راه‌سازی، سدسازی و غیره شده است. این تغییرات اغلب با تغییر در اکولوژی منطقه نیز همراه هستند به طوری که باعث نابود شدن بعضی از گونه‌های گیاهی و جانوری و یا جایگزین شدن انها با گونه‌های کمتر مطلوب می‌شوند.

با افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی یک سردرگمی با این سئوال که آیا ساخت و ساز ادامه یابد و یا متوقف شود ایجاد شد. لذا یکسری فاکتورهای جدید شامل ارزش‌های اجتماعی، فرهنگی و اخلاقی، فلسفی و زیباشناسی نیز به ارزشیابی‌های اقتصادی- فنی گذشته به عنوان فاکتورهای موثر در تصمیم‌گیری در فرایند

Scanned with CamScanner

برنامه‌ریزی اضافه شد. اگر چه بسیاری از برنامه‌ریزان متعجب شده بودند اما این تغییرات تا مدت‌های طولانی اعمال نشد.

وظیفه برنامه‌ریز در این حالت بسیار بغرنج‌تر می‌شود چرا که باید اجزا و ارتباط اکوسیستم را در حال و آینده تا حد امکان درک کند. دیگر هدف تنها درخواست و نیاز آب نیست. برنامه‌ریز باید معیارهای کیفی زیباشناختی و اکولوژی را نیز در برنامه‌های خود لحاظ کند. او باید با فکری خلاق به دنبال راه‌هایی باشد تا نیاز آب را پایین آورد، راه‌حل‌های غیرسازه‌ای جهت مبارزه با سیل و راه‌های دفع و جمع‌آوری مواد زائد و بازیافت فاضلاب را همیشه مورد توجه قرار دهد. باید یک منطق علمی بین روابط داخلی پیامدهایی چون آلودگی هوا، آلودگی آب و مواد زائد و یا بین مهاجرت و پراکندگی جمعیت به خاطر پروژه‌های تأمین آب و یا اثر این پروژه‌ها روی آلودگی آب بیان شود.

این یک منطق پذیرفته شده است که بشر برای حفظ و نیاز به ایمنی و سلامت خود باید اقدام به اجرا و تغییر و تحول در طبیعت اطراف خود بکند. لذا ضرورت، اولویت و جایگزینی سه اصل مهم در حذف یا اجرای پروژه از نظر زیست‌محیطی خواهند بود. بنابراین جایی که اجرای یک پروژه ضروری به نظر می‌رسد، طراح سعی می‌کند تا با دقت، اثرات منفی اکولوژیکی حاصل از اجرای پروژه را روی رودخانه و نواحی مجاور و متأثر به حداقل برساند.

یک لیست ناقص از پیامدهای پروژه‌های منابع آب ممکن است شامل موارد زیر باشد:

- افزایش عمل کنش و فرسایش در رودخانه‌های پایین‌دست سدها به خاطر عمل رسوبگیری مخازن.
- از دست دادن منظره‌های طبیعی و منحصر به فرد مثل مناظر تاریخی، باستان‌شناسی، زمین‌شناسی به خاطر وجود مخازن بزرگ.
- تخریب آشیانه و زیستگاه ماهیان مهاجر با تغییر رژیم جریان، بار و مواد جریان و یا احداث سازه‌های مهندسی رودخانه مانند ایجاد آستر و لایروبی.
- تغییر در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب در اثر مخازن بالادست رودخانه. این مورد مدیریت تلفیقی کیفی و کمی را بخصوص در مخازن بزرگ الزامی می‌کند.
- زهکشی باتلاق‌ها (swamps)، تالاب‌ها و غیره. این عمل فرصت زندگی را از حیوانات و گیاهان آبزی می‌گیرد.
- تغییر در کیفیت آب در اثر پروژه‌های زهکشی و آبیاری. آب‌های حاصل از عملیات کشاورزی اغلب در مخازن باعث رشد جلبک‌ها (Algues) و خزه‌ها در اثر وجود فسفر و ازت می‌شود. (اتریفیکاسیون)
- ایجاد اختلال در زندگی معمول حیوانات وحشی در اثر احداث کانال و مخازن.
- تغییر در گونه‌های آبزی به خاطر افزایش فرسایش مصنوعی حاصل از عملیات ساماندهی رودخانه و...

Scanned with CamScanner

- نابود کردن گونه‌های مفید به خاطر مواد سمی (آفت‌کش‌ها، فلزات سمی و...) که بـه رودخانـه‌هـا تخلیـه شده و در زنجیره غذایی انسان نیز وارد می‌شود.

- آسیب رسیدن به ماهیان در هنگام عبور از طریق پمپ‌ها، توربین‌ها یا سرریزهای سدهای مرتفع.

- از بین رفتن گیاهان کنار رودخانه‌ای در اثر تغییر در الگو و میزان جریان.

- تغییرات سطح آب زیرزمینی در بالادست و پایین دست مخازن.

- کوچ و جابجایی اجباری ساکنین مناطق احداث سد و مخازن.

هنوز می‌توان موارد بیشماری را به این لیست اضافه کرد و نباید فراموش کرد که این احتمال وجود دارد کـه بسیاری از روابط بین اجزای طبیعت، هنوز کشف نشده‌اند.در این خصوص یک تمایز واضحی که بایـد بـین خسارت‌ها در نظر داشت این است که آنها را می‌توان بـه دو گـروه خـسارت‌هـای موقـت برگـشت‌پـذیر و خسارت‌های دائم یا برگشت‌ناپذیر تقسیم نمود.

برای اولین بار ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA)[1] در سال ۱۹۶۹ میلادی طی یک نهضت زیست‌محیطی به صورت مصوبه قانونی در کشور آمریکا مطرح و جنبه عملی به خود گرفت. در ایران این مهم در سال ۱۹۹٤ در چارچوب مصوبه قانونی قرار گرفت. مـصوبه قـانونی محیطـی ملـی (NEPA)[2] سـال ۱۹۶۹ بـرای کلیـه پروژه‌ها، تهیه گزارشات اثرات محیطی (EIS)[3] را الزامی کرد. برای تهیه این گزارشـات یـک تـیم مطالعـاتی شامل متخصصان بیولوژی، هیدرولوژی و علوم اجتماعی بطور دائم و بسته بـه پـروژه مـرتبط، سـایر علـوم جهت اجرا و تهیه یک مطالعه EIS نیاز می‌شود. وظیفه این گروه پیش‌بینـی اثـرات احتمـالی مثبـت و منفـی حاصل از اجرای یک پروژه آبی و ... می‌باشد. البته اظهار نظر در مورد این گزارشات از طرف افراد بومی و محلی ساکن و سازمان‌های مرتبط الزامی و قابل تأمل است. در واقع با تهیه گزارش EIS کار ارزیابی به اتمام نرسیده است بلکه فاکتور مهم دیگر در ارزیابی، یک پروژه کنتـرل و پـایش (EMP)[4] اسـت. پـایش درواقـع ارزیابی مستمر و جمع‌آوری و سازمان‌دهی اطلاعات از یک پروژه در جهت اجرا و بهره‌برداری است. کنترل و پـایش، آن دسـته از عملیـاتی اسـت کـه شـامل بازرسـی و نظـارت مـستمر آلـودگی‌هـا و تخریـب‌هـای زیست‌محیطی پیش‌بینی شده و جدید می‌گردد. معیارهای لازم جهت EMP در پروژه‌های صنعتی و عمرانـی استفاده از تکنولوژی مناسب، انجام آزمایشات، ممیـزی زیـست‌محیطـی و پیـروی از اسـتانداردها و قـوانین زیست‌محیطی می‌باشد.

1- Environmental Impact Assessment
2- the National Environmental Policy Act
3- Environmental Impact Statement
4- Environmental Monitoring Project

Scanned with CamScanner

- **ارزیابی زیست‌محیطی سدها**

سدها به عنوان بزرگترین سازه‌های ساخت دست بشر و بزرگترین دریاچه‌های مصنوعی، از جمله مهمترین راه‌های دستیابی به حجم عظیم آب شیرین هستند که پیامدهای احداث آنها به صور مختلف از جمله رونق اقتصادی و توسعه بر مردم یک ناحیه یا یک کشور تأثیر می‌گذارد. در حال حاضر ۲۵ تا ۳۰ میلیارد متر مکعب از جریان‌های سطحی، توسط سدهای بزرگ کشور مهار گشته است. و نیاز مبرم به آب به منظور آبیاری، شرب و صنعت لزوم اجرای طرح‌های دیگری را ایجاب می‌کند.

با توجه به موضوع تحقیق بسط موضوع ارزیابی خارج از حوصله این گزارش است با این وجود در ادامه سعی بر آن شد تا در دو بند به طور خیلی خلاصه موارد کلیدی که همیشه باید در طراحی مخازن سدها ملاحظه شود اشاره گردد.

- **عملکرد و ریخت‌نگاری سدها**

مجتمع کردن حجم مشخصی از آب در پشت سد در هر نقطه از سیستم رودخانه دارای محدودیت‌های کیفی و یا کمی بویژه در جریان‌های کم آب تابستان‌های خشک می‌باشد. نگهداری آب مازاد در زمان پرآبی و هنگامی که شدت جریان در حد بیشینه خود است الزاماً یک مسأله مهندسی است که از طریق محاسبات ساده، حجم‌هایی که می‌بایست ذخیره گردد، بدست می‌آید. در اقلیم نیمه‌خشک، دوران خشکی معمولاً بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ روز به طول می‌انجامد. در چنین مناطقی میزان برداشت روزانه آب از مخزن سد بین ۱ تا ۲ درصد از حجم بیشینه ذخیره سد است. لذا می‌توان مخزن سد را به شکلی طراحی نمود که هم بتوان جهت تأمین آب آبیاری از آن استفاده نمود و هم بخشی را برای افزایش جریان طبیعی رودخانه هنگام دوران خشکی به پایین دست اختصاص داد. حجم دقیق مخزن نیز می‌بایست از طریق پیش‌بینی میزان نیاز آبی جهت اجرای پروژه محاسبه گردد. در این مرحله از طراحی، جزئیات نهایی مخزن بوسیله توجیه اقتصادی پروژه تعیین می‌گردد.

تا سال‌های اخیر طراحان سد به کلی از اهمیت ویژه اکولوژیک رابطه عمق و حجم مخزن سد بی اطلاع بودند. اگر مخزن سد با عمق کمی پیش‌بینی گردد (حداکثر ۱۰ متر) پس از احداث، احتمالاً مناطق ساحلی وسیعی به وجود می‌آید که برای مجتمع‌های ماکروفیت بسیار مناسب است. اگر مخزن سد با عمق بیشتری طراحی گردد احتمالاً در اواسط تابستان لایه‌بندی حرارتی ایجاد می‌گردد. بدین ترتیب عمق آب در رابطه با سطح اشغال شده ویژگی‌های محیطی خاص را ایجاد می‌کند که بر روی قابلیت تولید پلانکتونیک در نواحی ساحلی و بنتیک تأثیر گذارده و از این طریق بر روی کل بیوماس اکوسیستم مخزن سد تأثیرات قاطع می‌نهد. عملکرد مخزن بسته به میزان نوسانات تراز آب در ارتباط با عمر مفید مخزن (رسوب) و رویارویی با ارگانیسم‌های پلانکتونیک آب‌های جاری متفاوت عمل می‌کند. در دریاچه سد ارگانیسم‌های مختلفی وجود

Scanned with CamScanner

دارند. برخی ورودی تا خروجی را بسیار آرام و آهسته می‌گذرانند (چند روز تا چند ماه) و برخی دیگر که قادرند در مقابل جریان آب مقاومت نمایند در دریاچه مانده و به شکلی موقت و یا دائمی کلنی‌هایی را در زیستگاه‌های مناسب اشغال می‌نمایند. از این نظر اگر کیفیت آب در نظر باشد می‌توان مدت زمان نگهداری آب در مخزن را بهینه‌سازی نمود. به عنوان مثال جهت جلوگیری از رشد و گسترش ارگانیسم‌های ویژه آب‌های ساکن زمان ماند ۵ تا ۲۰ روز برای بهره‌برداری‌های غیرکشاورزی بویژه جهت تأمین آب شرب و یا صنعتی توصیه می‌گردد. در هر حال فاکتورهای دخیل و موثر در جهت تصمیم‌گیری‌های نهایی بسیارگسترده هستند.

- **سایر فاکتورها :**

فاکتورهای تأثیرگذار بر اکولوژی رودخانه و دریاچه‌های پشت سد شامل (درجه حرارت، دانسیته، روشنایی، مواد مغذی، عناصر اتوتروف، زمان نگهداری، عناصر هتروتروف)، اثر سد در پایین دست رودخانه، اثر سد بر تعادل طبیعی رودخانه و جنبه‌های زیست‌محیطی آن، آلودگی، تولید بو (جلوگیری از پیدایش بو)، جنبه‌های حیات وحش و آبزیان (اکولوژی آبزیان، اکولوژی حیات وحش) کنترل محیط در حین عملیات ساخت سد، کیفیت و آلودگی آب (آنالیز کیفیت، اثرات طراحی و ضوابط عملکرد، جنبه‌های طراحی)، تغییرات کیفیت آب ناشی از محبوس شدن آن (لایه‌بندی حرارتی، رشد جلبکی، مواد مغذی و فاضلاب)، اصلاح و تعدیل چرخه آب (کاهش دبی اوج، کاهش هزر آب کل، کاهش نوسان جریان، تحمیل پالس‌های جریان، تغییر زمان فصلی جریان)، پیامدهای زیست‌محیطی رسوب و مدیریت آنها، بررسی پارامترهای اصلی در مطالعه اجتماعی سدها (اشتغال، جابجایی مردم و تأسیسات، آثار باستانی و ابنیه حساس، اثرات فرهنگی، اثرات بهداشتی)، جنبه‌های تاریخی و باستانی، جنبه‌های تفریحی.

۱۰- حفاظت و افزایش تأمین آب

مقدار آب، توزیع آب، کیفیت آب، کدام یک با اهمیت‌تر است؟

جواب این سئوال آشکار است، مقدار آب شیرین برای نیازهای کره خاکی کافی است، اما توزیع آن مساعد نیست. به طور مثال رودخانه آمازون کل نیازهای آب شیرین زمین را می‌تواند تأمین نماید. کیفیت آب نیز معمولاً یک فاکتور محدودکننده جدی به شمار می‌آید. یک راهکار امکان شدنی شاید این بود که از ابتدا توسعه سکونت بشر در نقاط مساعد شکل می‌گرفت. این کار انجام شده بود اما تغییرات آب و هوایی قابل پیش‌بینی نیستند. همچنین آب یکی از فاکتورهای مهم در توسعه زیستگاه بشر می‌باشد. راه دیگر، انتقال آب از حوضه‌های مجاور است اما ممکن است بدلیل مشکلات توپوگرافی و اقتصادی یا بسیاری دلایل فنی دیگر این راه نیز مناسب نباشد. در ادامه به راه‌حل‌های دیگر حفظ و افزایش آب قابل دسترس اشاره می‌شود. ما ممکن است در یک منطقه خاص به هیچ کدام از منابع متعارف آب دسترسی نداشته باشیم. لذا باید منابع

Scanned with CamScanner

جدید را جستجو کنیم. اما در این حالت بشر نیاز به تسهیلات و تکنولوژی پیشرفته‌تری در علوم و فنون دارد. به عنوان مثال فن‌آوری تعدیل و اصلاح شرایط آب و هوایی که ممکن است شامل بسیاری از برنامه‌ها برای تغییر گردش‌های جوی در تأمین یک توزیع مناسب از نزولات و یا کاهش تبخیر و تعرق باشد.

البته چنین پروژه‌هایی ممکن است دچار عواقب سیاسی، بخصوص در مناطق مرزی شود. لذا نیاز به دوراندیشی، دو چندان اهمیت پیدا می‌کند. بارداری ابرها یک روش افزایش نزولات به صورت متمرکز می‌باشد. مطالعات اخیر نشان دادند که تحت شرایط مساعد می‌توان تا ۱۰ درصد افزایش در مقدار متوسط نزولات انتظار داشت. Lumb با بررسی هفت حوزه آبخیز روستایی نشان داد که مقدار تغییر رواناب ΔR حاصل از یک افزایش ناچیز در نزولات ΔP می‌تواند تقریباً از رابطه زیر برآورد شود:

$$\Delta R = \Delta p(۰/۲۹ + ۱/۲\frac{R_{avg}}{p_{avg}}) \qquad ۰/۱ < {R_{avg}}/{p_{avg}} < ۰/۵ \qquad (۱-۲)$$

برای محاسبه رواناب حاصل می‌توان از روش‌های شبیه‌سازی و مدل‌های بارش رواناب جهت طراحی تسهیلات لازم اقدام نمود.

نمک‌زدایی آب‌های شور و آب دریا نیز به عنوان یک گزینه نهایی در شرایطی که هیچ منبع تأمین آب دیگری وجود نداشته باشد قابل اجرا است. در این روش مقدار هزینه‌ها بستگی به ابعاد و نوع دستگاه‌ها خواهد داشت و معمولاً صرفه اقتصادی ندارد البته ممکن است با استفاده از انرژی تولیدی حاصل از این آب و یا تولید برق و حرارت با دستگاه‌های بزرگ اتمی، هزینه‌ها برای مصارف شهری در دامنه قابل قبول قرار بگیرند. با این وجود هزینه‌ها برای آبیاری اقتصادی نیستند. در صورتیکه نمک‌زدایی در کنار دریا صورت بگیرد و مناطق درخواست آب در ارتفاعات هر چند نزدیک ساحل قرار داشته باشند، هزینه‌های حاصل از پمپ، قیمت واحد آب را به مقدار زیادی افزایش می‌دهند. تکنیک‌های نمک‌زدایی نیز می‌تواند در اقتصادی کردن اینگونه پروژه‌ها موثر باشد. به طوریکه با تقطیر آب دریا یا آب‌های شور مصب‌ها یا آب زیرزمینی بوسیله روش‌های اسمز معکوس یا الکترودیالیز ممکن است اقتصادی‌تر باشند. البته در این فرایندها هزینه نهایی تابعی از غلظت املاح خواهد بود و معمولاً برای آب‌های با غلظت زیر ۵۰۰۰ ${mg}/{L}$ صرفه اقتصادی دارد. محدودیت دیگر استحصال آب با این روش، جمع‌آوری و مدیریت آب‌های بسیار شور باقی مانده از این روش است که ممکن است برابر نصف جریان ورودی با دو برابر غلظت اولیه باشد.

حفظ و نگهداری از آب تأمین شده از قبل نیز می‌تواند یک راه‌کار مدیریتی و مؤثر در تأمین آب به حساب آید. مفهوم جمله پیش در دو کلمه صرفه‌جوئی خلاصه می‌شود. اگر صرفه‌جویی آب با مدیریت قبل از بحران به معنی پیش‌بینی شرایط خشکی همراه شود، تأمین آب با احتمال بیشتر تضمین می‌شود. پیش‌بینی شرایط خشکی با روش‌های مختلف شبیه‌سازی قابل برآورد نسبی است. روش‌های ویژه در صرفه‌جویی آب

Scanned with CamScanner

نیز می‌تواند در مصارف خانگی شهری و صنعتی، مقدار عظیمی از آب را ذخیره نماید. تکنیک‌های صرفه‌جویی آب در منازل شامل استفاده از دوش‌های حمام با فشار و جریان کم، تخصیص آب برای مصارف غیرخوراکی مثل آبیاری باغچه و باغ‌های خانگی، حمام و توالت، کاشت گیاهان بومی و کم‌توقع و پارک‌های بیشتر سنگی، شیرهای هوشمند، آگاهی و آموزش مردم همراه با افزایش قیمت واحد آب به صورت پله‌ای یا دوره‌ای برای مصارف بیش از حد نیز یک راه‌کار مدیریتی مناسب می‌باشد.

نیاز آب کشاورزی در بسیاری از مناطق ایران با اصلاح روش‌های آبیاری و انتقال می‌تواند به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد. مازاد آب می‌تواند برای مصارف شهری و صنعتی و حتی صادرات آب استفاده شود.

تأمین آب ممکن است از بازیافت و تصفیه فاضلاب صورت بگیرد. در این حالت هزینه نهایی بستگی به نوع مصرف مجدد دارد. با اینکه هزینه یک فاکتور کنترلی با اهمیت در انتخاب این روش است، اما نباید فراموش کرد که تحقیقات برای پیدا کردن روش‌های کم هزینه‌تر از یک سو، و افزایش بهای احتمالی آب از طرف دیگر محل برخورد دو منحنی سود و هزینه را تغییر خواهد داد.

استفاده از منابع آب زیرزمینی به خاطر دور بودن از شرایط تبخیر و تعرق بخصوص بصورت تلفیقی در کنار منابع آب سطحی جایگاه ویژه‌ای در مناطق خشک دارد. هر چند این روش را نمی‌توان جزو استحصال غیرمتعارف به حساب آورد اما توجه به عدم تغذیه طبیعی آن به خاطر توسعه شهری و یا آلودگی مفرط ناشی از فاضلاب‌های شهری و صنعتی در برنامه‌ریزی‌های توسعه منابع آب قابل تأمل است چرا که پیامد حاصل از این بی‌توجهی‌ها روی‌آوردن به منابع غیرمتعارف می‌باشد.

یک روش کارآمد در استحصال آب در مناطق خشک افزایش ضریب رواناب به طور مصنوعی و انتقال آن به تانک‌های ذخیره جهت استفاده می‌باشد. ملاحظات فنی این روش در محدوده علم هیدرولوژی مناطق خشک قرار می‌گیرد.

۱۱- ملاحظات ویژه در برنامه‌ریزی

بررسی گزارشات انجام شده برنامه‌ریزی منابع آب حاکی از آن است که بی‌توجهی یا عدم آگاهی از نکاتی باعث کاهش کیفیت و ارزش یک برنامه‌ریزی (حتی شکست پروژه) با معیارهای ارزیابی علمی شده است. در ادامه بعضی از عمومی‌ترین این نکات که باید در برنامه‌ریزی به آنها توجه خاص مبذول شود اشاره می‌شود:

- دقت مطالعات مقدماتی

با توجه به تعدد گزینه‌های ممکن اولیه، تعیین چارچوب و خط مشیء حدودی پروژه بوسیله گزارشات اولیه بسیار ضروری است. اگر بر اساس مطالعات این گام، انجام پروژه مناسب نباشد، پروژه بدون صرف

Scanned with CamScanner

هزینه‌های بالا و بیهوده متوقف می‌شود. و در غیر اینصورت ادامه پروژه برای انجام مطالعات دقیق و وسیع‌تر ادامه می‌یابد. لذا این مطالعات یکی از گام‌های مهم در آنالیز بوده و نباید گزارشات آن بر اساس روش‌های تقریبی یا میانبر (از نظر هزینه و زمان) پایه‌ریزی شوند.

به طور ویژه مطالعات هیدرولوژی و فاکتورهای موثر آن در مصرف آب مورد انتظار، باید با دورنمای طراحی‌های نهایی انجام پذیرد. همچنین دقت نقشه‌ها در این فاز بسیار با اهمیت است. هرچند ممکن است هزینه‌ها در این گام بالا رود اما می‌توان با یک دوراندیشی مدبرانه، هزینه‌های مربوط به این فاکتور را در مطالعات نهایی کاهش داد.

- استانداردها و ضوابط طراحی

باید توجه نمود که استانداردهای طراحی و متدولوژی‌ها ممکن است همیشه مناسب یک مطالعه ویژه در شرایط خاص منطقه و یا زمان خاص نباشد. پیشرفت تکنولوژی با گذشت زمان ممکن است بسیاری از معیارهای قبلی را تغییر دهد. لذا پیروی از چنین معیارهایی در شرایطی که توصیه قضاوت یک کارشناس حرفه‌ای نظری بهتر را ارائه می‌دهد، لزومی ندارد. البته نباید روابط و محدودیت‌های اداری، مسئولیتی و مدیریتی را فراموش نمود.

- احداث زود هنگام سازه

در خصوص شروع زودهنگام پروژه‌ها قبل از نیاز به آن، با توجیه کاملاً اقتصادی مثلاً تبدیل ارزش ۱ دلار با فاکتور برگشت ۰/٦ بعد از ۱۰ سال به ۱/۸۸ دلار، تنها باعث هدر رفت سرمایه خواهیم شد. باید توجه کرد که پس از ۱۰ سال همانطور که هزینه‌های ساخت افزایش می‌یابد، سود حاصل از آن هم زیاد می‌شود. علاوه بر این، فن‌آوری و علم نیز بهبود می‌یابد. بنابراین تعویق پروژه یا ساخت و سرمایه‌گذاری مرحله‌ای ممکن است مناسب باشد. البته اگر مطمئن هستیم پروژه‌ای ۱۰ سال دیگر نیاز می‌شود یقیناً از اقداماتی که هزینه‌ها را برای آن پروژه زیاد می‌کند باید جلوگیری کرد. البته اقدامات مدیریتی مانند مدیریت دشت‌های سیلابی و از این قبیل مستثنی هستند.[۷۲]

- تصمیمات اولویت‌دار

در بسیاری از پروژه‌ها بخصوص کارهای آبخیزداری یا مهندسی رودخانه و کنترل سیل اجرای پروژه‌ها تنها از نظر زمان اجرا نسبت به یکدیگر اولویت‌بندی می‌شوند. که در بسیاری از موارد نیز نسبت سود به هزینه آنها کمتر از واحد است. توصیه می‌شود که علاوه بر حفظ توجیه مسائل اقتصادی در کلیه پروژه‌ها از روش‌ها و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[۱] (MCDM) استفاده شود.

۱- این روش با توجه به در نظر گرفتن معیارهای مختلف و چندین تابع هدف در برنامه‌ریزی خطی، می‌تواند در مطالعات سنتز و مدیریت آبخیزها، طراحی شبکه مترو، مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، برنامه‌ریزی سیستم جامع منابع آب، مدیریت تلفیقی آب‌های سطحی و زیرزمینی، مدیریت سیستم‌های فاضلاب و تصفیه آب موثر باشد.

Scanned with CamScanner

- قصور در بررسی تمام گزینه‌ها

احتمالاً مهمترین نکته و چالش در برنامه‌ریزی‌های منابع آب توجه نکردن به تمام گزینه‌های ممکن باشد. بویژه بررسی نکردن گزینه‌های غیرمهندسی و مدیریتی و یا آنهایی که معمولاً از تجربه‌های محلی و سنتی منشأ گرفته‌اند، همچنین توجه نکردن به گزینه‌های ساده مهندسی و یا عدم صلاحیت کارشناس انتخاب شده باعث چنین مسائلی خواهد شد.

۲-۳-۱- پروژه‌های چند منظوره سدسازی

استفاده چندمنظوره از فضای ذخیره مخزن سد باعث افزایش سود خالص بدون تأثیر در افزایش هزینه‌ها شده و لذا توجیه اقتصادی را برای پروژه به ارمغان می‌آورد. تنها پروژه‌هایی را می‌توان چند منظوره به حساب آورد که طراحی و عملکرد آن‌ها برای دو یا بیش از دو هدف جوابگو باشد. مفهوم اساسی این جمله استفاده حداکثر از منابع آب است. در واقع بسیاری از پروژه‌های عمرانی خارج از این منظر، اقتصادی نیستند.

فاکتور اساسی درطراحی مخازن چند منظوره توجه به سازگاری (compromise) استفاده‌های تخصیص داده شده است. در یک برنامه‌ریزی عملی و موفق باید عملکرد مخزن برای تخصیص‌های مختلف در دامنه منطقی اثر بخشی قرار بگیرد. این در حالی است که در بسیاری از پروژه‌های تک‌منظوره، ممکن است هیچ‌گاه کارایی ماکزیمم بدست نیاید. در اختصاص حجم ذخیره مخزن دو شرط مرزی در مقادیر حد وجود دارد. اول آنکه برای هر استفاده‌ای یک حجم مجزا اختصاص می‌دهیم. دوم آنکه تمام ذخیره مخزن را به صورت کاملاً مشترک استفاده کنیم. با فرض اول نیاز حجم ذخیره کل مخزن بسیار زیاد شده بطوریکه این حجم از نظر اقتصادی غیرقابل قبول می‌شود. در حالت دوم حجم ایده‌آل و اقتصادی مخزن و تنها برای نیازهای ضروری بدست می‌آید. اما عملاً به ندرت چنین سازگاری بین استفاده‌های مختلف در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. لذا حجم بهینه جهت طراحی مخازن چند منظوره در یک فاصله ای بین این دو حد مرزی قرار می‌گیرند. با توجه به توضیحات فوق شناخت ویژگی‌های مصارف مختلف برای یک برنامه‌ریزی چند منظوره هماهنگ، الزامی است :

۱- نیاز آب کشاورزی (زراعی و دام)

یکی از مهمترین اهداف احداث سدها تأمین تقاضای آب کشاورزی است. تقاضای آب کشاورزی را می‌توان به دو طبقه اصلی گروه‌بندی کرد:

الف) آب زراعی و باغی

ب) دامپروری

Scanned with CamScanner

تقاضا برای آب زراعی به عواملی چون فصل، موقعیت مکانی، روش آبیاری، نوع گیاه، کیفیت آب و... بستگی دارد. برآورد آب مورد نیاز زراعی از روش‌های مختلفی امکان‌پذیر است، اما محاسبه دقیق آن تنها از راه محاسبات شرایط رطوبتی خاک در محیط غیراشباع خاک و در عمق ریشه گیاهان امکان‌پذیر است. توزیع زمانی نیاز آب زراعی با الگوی کشت متفاوت بوده و نوسانات آن از سالی به سال دیگر ناچیز می‌باشد. اگر چه نیازهای سالانه با میزان بارندگی هر سال متفاوت خواهد شد. با توجه به مصرف بالای آب در این بخش توجه به انتخاب روش‌های آبیاری و انتقال آب در جهت افزایش راندمان آبیاری و محصول و همچنین انتخاب الگوی کشت بهینه بسیار با اهمیت است. ذخیره آبیاری در مخزن باید بصورت غیرمشترک در محاسبات، اختصاص یابد.

تولید و فراوری دامپروری، عنصر مهم دیگر بخش کشاورزی است که به مقادیر قابل‌توجهی آب نیاز دارد. آب مورد نیاز دام بستگی به عوامل مختلفی چون نژاد دام، جنس، سن، حجم، نوع تغذیه و میزان آن، آب و هوا و... دارد.

۲- نیاز آب شهری (مسکونی، عمومی، تجاری)

تقاضای آب شهری بر اساس کیفیت خاص مورد نیاز هر بخش شامل انواع درخواست برای کاربردهای مسکونی، عمومی و تجاری است. نوسان نیاز آب خانگی در سراسر سال کمتر از تقاضای زراعی بوده لذا تقریباً ثابت و با یک حداکثر درخواست در فصل تابستان می‌باشد. این نیاز سال به سال با سرعتی که بستگی به رشد جمعیت دارد زیاد می‌شود. مقدار Lcpd[1] برای هر ناحیه جغرافیایی، فرهنگی، اقتصادی، ماهیت اسکان، ترکیب خانوار، شغل ساکنان، قیمت آب و داشتن یا نداشتن کنتور آب به طرز چشمگیری تغییر می‌کند.

همچنین باید توجه کرد که تفاوت قابل توجهی بین معنی نیاز و مصرف آب وجود دارد و تفاوت کمی این دو اغلب برابر آبی است که باید صرفه‌جویی می‌شده است.

گاهی اوقات احتیاط‌های بهداشتی ممکن است مانع از کاربرد بعضی مقاصد تفریحی در مخزن شود.

استفاده عمومی آب شامل آب عرضه شده به پارک‌ها، زمین‌های ورزش، مدارس، بیمارستان‌ها، اماکن مذهبی و دیگر تسهیلات عمومی می‌شود. در برخی موارد، به ویژه در جوامعی که صنایع کارخانه‌ای زیاد داشته یا جوامعی که تأکید شدید روی حفظ پارک‌ها و دیگر امکانات می‌شود، این کاربردها، بخش قابل‌توجهی از کل عرضه آب شهری را به خود اختصاص می‌دهد. بر اساس مطالعات انجام شده در مورد فعالیت‌های خدمات عمومی، تغییرات روزانه، فصلی و محلی مهمی در استفاده از آب وجود دارد. پژوهش اندکی درباره عواملی که این تغییرات را تحت تأثیر قرار می‌دهند صورت گرفته است.

1- Liter Capita Per day

Scanned with CamScanner

موارد کاربرد تجاری و خدماتی، شامل آب مصرفی انبارها، فروشگاه‌ها، رستوران‌ها، بوفه‌ها، هتل‌ها، آرایشگاه‌ها و سالن‌های زیبائی، سینما و تئاتر و انواع دفاتر مجزا یا متمرکز در ساختمان‌های مخصوص می‌گردد. استفاده از آب در فعالیت‌های تجاری، تحت تأثیر همان عواملی هستند که به استفاده از آب مسکونی اثر می‌گذارند. بر اساس مطالعات انجام شده ممکن است مصارف تجاری حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد[1] از کل نیاز شهری را تشکیل دهد. هر چند که تغییرات فن‌آوری ممکن است که اثری بزرگتر بر تقاضای آب در فعالیت‌های تجاری نسبت به بخش مسکونی داشته باشد. (استفاده از فواره در بخش تجاری)، در این حالت برای برخی از موارد می‌توان از آب با کیفیت پایین‌تر استفاده نمود. به طور کلی عواملی مثل کنترل با مقررات، سیاست قیمت‌گذاری، اقدامات آموزشی، روند خانه‌سازی، فن‌آوری در عرضه و... که می‌توانند تقاضای مسکونی را تحت تأثیر قرار دهند، می‌توانند همچنین بر تقاضای کاربرد تجاری موثر باشند. برخی مؤلفان (هانکه و دومور ۱۹۸٤ و پراسینکا ۱۹۸۸) ذکر کردند که سیاست‌های قیمت‌گذاری در مدیریت الاستیسیته آب تجاری کم اثرتر است، زیرا استفاده‌کنندگان (در بیشتر موارد استخدام‌شدگان) مسئول پرداخت هزینه‌های آب نیستند. اما به هر حال در صورتی که میزان آب محدود شده و قیمت آن به میزان چشمگیری افزایش یابد، مدیریت تجاری مجبور به واکنش خواهد شد.

با توضیحات فوق می‌توان نتیجه گرفت که امکان استفاده از بعضی منابع آب با درجه کیفیت پایین‌تر برای برخی اهداف شهری امکان‌پذیر است. با این وجود و برای جلوگیری از بحران و کمبود آب شهری حجم ذخیره مخزن باید به صورت مجزا جهت مصارف مسکونی طراحی شود. اما برای سایر موارد ممکن است راه‌کارهای مختلفی بسته به امکانات کشور و سیستم توزیع آبرسانی وجود داشته باشد.

۳- نیاز آب صنعت

فرایندهای صنعتی، نیازمند آب برای اهداف مشخصی هستند. این تقاضا را می‌توان در شش گروه زیر طبقه‌بندی نمود:

۱- خنک سازی	۲- فرایند تولید و فراوری
۳- تولد نیرو	٤- هدف‌های بهداشتی
۵- حفاظت در برابر حریق	٦- متفرقه

بهره‌گیری آب توسط کارخانه صنعتی همچنین بستگی به عواملی از قبیل کیفیت و نوع مواد خام مورد استفاده، طراحی کارخانه و کارایی فرایند صنعتی و نوع تولید دارد. به طور کلی مهم‌ترین صنایعی که با آب سروکار دارند شامل صنایع غذایی، کاغذسازی، نساجی، تهویه و داروسازی و صنعت برق است که آب را در ترکیب تولید، آماده‌سازی مواد، سرد کردن و یا گرفتن انرژی به کار می‌برند. حدود ۸۰ درصد آب مورد

۱- مک‌کوئن، ساترلند و کیم (۱۹۸۰)

Scanned with CamScanner

استفاده در صنعت برای خنک کردن دستگاه‌ها به کار می‌رود و نیاز به کیفیت بالایی ندارد. لذا استفاده از آب شور یا پساب تصفیه شده شهری در این بخش قابل استفاده است. در سایر موارد مانند دیگ‌های بخار و یا در صنایع غذایی و نوشابه‌سازی ممکن است از شبکه آب عمومی و آب آشامیدنی که گرانترین شکل تأمین آب است استفاده شود. در هر صورت می‌توان بخش عمده‌ای از ذخیره آب صنعت را به صورت مشترک در طراحی مخازن لحاظ گردد. در ادامه با توجه به اهمیت نیاز آب در نیروگاه‌های برقی- آبی این آیتم به صورت مجزا توضیح داده خواهد شد.

٤- نیاز برقابی

تولید برق بر اساس انرژی تأمین شده می‌تواند به چهار صورت مختلف صورت پذیرد: ١)انرژی آب ٢)انرژی حرارتی ٣)انرژی باد ٤)انرژی خورشید. جدول ٢-١ سهم هر یک از انرژی‌های استفاده شده در تولید برق جهان را در سال ١٩٨٦ نشان می‌دهد.

جدول ٢-١ سهم مشارکت انرژی‌های مختلف در تولید برق جهان ١٩٨٦ $Kw\times10^6$ [٧٢]

٪ ایران *	٪ ایالات متحده	٪	جهان	
١٠٠	١٠٠	١٠٠	٢٤٦٠	کل
(٢٢) گازی	٧٦	٦٦	١٦١٤	سوخت فسیلی
(١/٥) دیزلی	١٢	١١	٢٧٤	اتمی
(٤٦/٥) بخاری	٠/٣	٠/٢	٥	زمین‌گرمایی
(١٠) آبی	١٢	٢٣	٥٦٧	برقی-آبی
(٢٠) ترکیبی	---	---	ناچیز	باد و خورشید

* مرجع شماره [٢٥] از مجموع ٣١٠٠٠ مگاوات ظرفیت نصب شده نیروگاهی کشور

نیروگاه‌های حرارتی از توربین‌های بخار و نیروگاه‌های آبی از توربین‌های آبی بهره می‌برند. امروزه ثابت شده که استفاده از سیستم‌های تولید برق به صورت ترکیبی دارای عملکرد بهتر و توجیه اقتصادی است. نیروگاه‌های برقابی ممکن است به چندین روش مختلف گروه‌بندی شوند. به عنوان مثال بر اساس ظرفیت حداکثر نیروگاه (نیروگاه‌های کوچک، متوسط، بزرگ)، هد آب مؤثر (h) در نیروگاه (کم‌ارتفاع h <٢٠ m، بین ٢٠ تا ٦٠ متر، h < ٦٠ m بلند)، بر اساس محل قرارگیری نیروگاه، تجهیزات ذخیره‌ای و غیره تقسیم شوند.

برای توسعه و احداث نیروگاه‌های برقابی معمولاً نیاز به سازه‌های انحراف آب، تونل نیروگاه (Penstock) جهت کاهش ضربه قوچ، تانک‌های کنترل کننده ضربه قوچ (surge tank)، تانک‌های تنظیم جریان قبل از تونل نیروگاه (forebay)، مولد، موتورخانه، مبدل، شبکه خطوط انتقال برق، دریچه‌های تونل، لوله‌های

Scanned with CamScanner

انتهای خروج آب در صورت نیاز(tailrace) و توربین‌ها می‌باشد. توربین‌ها که وظیفه تبدیل انرژی هیدرولیکی به انرژی مکانیکی را به عهده دارند شامل دو نوع کلی توربین‌های از نوع (I) جنبشی (Impulse Turbine) و نوع فشاری II (Reaction Turbine) هستند. اساس محاسبات تبدیل انرژی آب به قدرت در هر دو نوع توربین، معادلات مقدار اندازه حرکت F=PQV , F=mv می‌باشد:

$$Power_I = \frac{\text{انرژی}}{\text{زمان}} = \frac{\text{وزن}}{\text{زمان}} \times \frac{\text{انرژی}}{\text{وزن}} = [(\upsilon Q)h]\eta \qquad (۲-۲)$$

γوزن مخصوص سیال و ηکارایی کل سیستم شامل دستگاه ، γ و Q است.

کارایی مولد × کارایی توربین × کارایی هیدرولیکی = η

زمانیکه η در یک نیروگاه آبی بین ٦٠ تا ٧٠ درصد باشد عملکرد دستگاه بهینه است. تعیین نوع نیروگاه و سیستم تولید برق بستگی به فاکتورهای زیادی چون انرژی مورد نیاز، آب قابل دسترسی، توپوگرافی منطقه و... دارد.

درخواست برق معمولاً دارای یک سری نوسانات فصلی مشخص در طول سال و روز است که البته به مشخصات و نوع منطقه‌ای که قرار است توزیع شود بسیار بستگی دارد. در برنامه‌ریزی سیستم‌های تولید برق یک برآورد از بار مورد نیاز آینده ضروری است. پیش‌بینی این بار می‌تواند بر اساس تاریخچه و روند درخواست از سال‌های قبل امکان‌پذیر باشد. اما در خصوص نوسانات روزانه که به فاکتورهای مختلفی چون بیکاری و کساتی کار، پیشرفت فن‌آوری، ابری شدن هوا و... بستگی دارد بسیار مشکل‌تر است.

حداکثر ظرفیت مورد نیاز مولدها بر اساس بار حداکثر روزانه در سال و مقدار ذخیره انرژی مورد نیاز بر اساس بارهای پیک هفتگی یا ماهانه محاسبه می‌شود. فاکتور بار معمولاً در بخش‌های صنعتی شهر بالا و حدود ٠/٨ اما در مراکز مسکونی حدود ٠/٣ تا ٠/٦ می‌باشد. در چنین شرایطی استفاده از سیستم‌های ترکیبی تولید برق و سیستم‌های پیوسته (interconnected system) کارایی و انعطاف‌پذیری سیستم را بالا برده و همچنین امکان استفاده مشترک در ساعات یا مواقع بحرانی از حجم مخزن فراهم می‌شود. به طور کلی از آنجایی که تولید برق از آب یک فرایند مصرفی محسوب نمی‌شود سازگاری این نوع مصرف با سایر مصارف قابل تصور است. البته ممکن است تولید برق با این روش تنها محدود به زمان‌های خاص که آب رها می‌شود، تخصیص داده شود و در زمان‌های دیگر سیستم تولید برق تغییر کند. لذا عیب این نوع استفاده‌های مشترک ممکن است همراه با تولید برق در زمان‌های پایین بودن فاکتور بار و عدم وجود بار پیک باشد و لذا کارایی کل سیستم کم شود. بنابراین مدیریت تلفیقی در بکارگیری حداقل دو سیستم مثلاً حرارتی و آبی در کنار یکدیگر بسیار مثمر ثمر خواهد بود.

به طور خلاصه برای برآورد نیاز برقابی باید حداکثر بار لحظه‌ای بر حسب کیلووات، کل انرژی مورد نیاز

Scanned with CamScanner

برحسب کیلو وات-ساعت در سال و نوسانات آن با زمان تعیین شود.

مسئله مهم دیگر در تأمین نیاز برقابی توجه به کیفیت آب و میزان گل‌آلودگی آن است. چرا که توربیدیتی بالا و وجود موادی چون سیلیس باعث خسارت به تیغه‌های توربین خواهد شد.

۵- نیاز آب کشتیرانی و قایقرانی

تاریخچه روخانه‌های قابل کشتیرانی بسیار کهن است، بعضی از رودخانه‌ها ممکن است برای چنین مقاصدی با تنظیم جریان مناسب در فصول کم آب بوسیله ذخیره‌سازی مخازن، لایروبی کانال، بهبود شرایط هیدرولیکی، عمیق کردن کانال، تثبیت کناره‌ها، حذف مأندرها، حذف تنه درختان، آشغال و مهندسی رودخانه توسعه داده شوند.

ایجاد مخازن تنها با هدف ایجاد شرایط مناسب کشتیرانی و قایقرانی شاید صرفه اقتصادی نداشته باشد. بخصوص اینکه با توجه به هدف موضوع، در این حالت مخازن برای بهبود شرایط میان کشند به خاطر نیاز اسکله مرتفع احداث می‌شوند لذا حجم آب کمی جهت استفاده‌های دیگر قابل ذخیره کردن است.

همچنین این مخازن باید با ذخیره‌سازی سیل و رهاسازی آن در شرایط خشک و کم‌آب رودخانه تا حد امکان نزدیک بازه مورد نظر باشند. هر چه این فاصله زیادتر باشد رهاسازی جریان بخصوص در شرایط نفوذ و تبخیر بالا بیشتر می‌شود.

۶- نیاز کنترل و تخفیف سیلاب

در این حالت نیاز اساسی با توجه به اهداف و نقاط بحرانی رودخانه، ذخیره دائم یا موقت کافی مخزن، جهت روند شدن سیل در طول زمان سیلاب محاسبه می‌شود. این نیاز با توجه به شرایط و خصوصیات سیل منطقه و اهداف طرح ممکن است بطور مشترک یا مجزا طراحی شود.همچنین نیاز کنترل سیل ممکن است به صورت مشترک فقط در دوره ای از سال با کاهش درصد تامین آب امکان پذیر باشد.

۷- نیاز تفریحی[1]

سود حاصل از نیاز تفریحی بسیار ناچیز است لذا تنها در پروژه‌های چندگانه و زمان‌های خاص به شرط رعایت مسائل بهداشتی مورد توجه قرار می‌گیرد. در هر صورت یک مخزن زمانی برای این منظور مناسب است که تقریباً در طول فصل تفریح پرآب باشد. قایق‌سواری، ماهی‌گیری، شنا و دیگر ورزش‌های آبی از جمله سرگرمی‌های قابل استفاده از مخازن هستند. مخازن کم‌آب در تراز پایین شکل زیبایی نداشته و مشکلات عدیده‌ای برای تجهیزات تفریحی ایجاد می‌کند و ممکن است کرانه‌های مناسب برای استفاده تفریحی در هر ترازی از آب وجود نداشته باشد.

۱- استخر سیل باید به منظور حفاظت تسهیلات تفریحی در دوره‌های سیل‌گرفتگی طراحی شود.

Scanned with CamScanner

۸- نیاز آبزیان و حیات‌وحش

مسئله اصلی بویژه در مخازن بزرگ حفاظت از آبزیان و حیات‌وحش است. نتیجه احداث مخازن، تغییر زیستگاه و حاصل ان تغییر گونه‌ها، و نسبت گونه‌های قبلی و افزایش گونه‌های جدید خواهد شد. گونه‌های جدید اغلب مضر هستند. برای حفاظت گونه‌های مهاجر مانند (salmon یا ماهی آزاد) در سد سفید رود، (Trout یا قزل‌آلا) و غیره تأمین و طراحی نردبان ماهی (Fish ways) یا دیگر ملاحظات سازه‌ای الزامی است. نوسانات سریع و زیاد تراز آب برای آبزیان، بویژه در دوران‌های بحرانی مانند زمان تخم‌ریزی، مضر می‌باشد. همچنین تخلیه کامل جریان زیرین سد برای حیات‌وحش و آبزیان بخاطر مسایل رسوب، مخرب است. سیل ورودی به مخزن باعث از بین رفتن مکان‌های تخم‌ریزی خواهد شد. مگر اینکه شرایط مناسب برای این منظور مانند تهیه محل تخم‌ریزی و پرورش ماهی ملاحظه شده باشد.

۹- نیاز کنترل آلودگی

بخشی از حجم ذخیره مخزن می‌تواند در جهت رقیق‌سازی جریان آلوده رودخانه‌های پایین‌دست برای کمک به توان خودپالایی رودخانه. اختصاص یابد. هر چند ممکن است به دلیل تغییر کیفیت آب که اغلب در مخازن رخ می‌دهد این عمل باعث تشدید آلودگی نیز شود. نمک‌های حل شده ممکن است در اثر تبخیر و آبشویی از خاک و صخره کف و کناره مخزن افزایش یابند. همچنین رشد جلبک‌ها و خزه‌ها و تجزیه گیاهان در داخل مخزن باعث کاهش اکسیژن محلول بویژه در ترازهای پایین مخزن می‌شوند. در این حالت یاری گرفتن از مدل‌های شبیه‌سازی و مدیریت تلفیقی کمی-کیفی مخازن توصیه می‌شود.

۱۰- نیاز و کنترل بهداشتی

با پیدایش مخزن آب در سد ممکن است محیطی برای رشد انگل‌ها و میکروب‌ها فراهم شود. مهمترین این بیماری‌ها که از طریق احداث سد و دریاچه تشدید می‌شود عبارتند از: بیماری شیستوزومیازیس، مالاریا، سالک، فیلاریاز، یرقان، تیفوئید، وبا، فلج اطفال.

تغییرات سریع تراز مخزن می‌تواند باعث گیر انداختن و رها کردن لارو پشه‌ها در سواحل و کناره‌ها شود. اما راه‌حل‌های دیگر مانند جلوگیری از ورود فاضلاب انسانی و دامی و برنامه‌ریزی‌هایی مانند کنترل بیماری، آگاهی و آموزش مردم و کنترل باتلاق‌ها در کاهش بیماری‌های ناشی از مخزن سد موثر است.

۲-٤- سدها و مخازن آب

رفتار دینامیکی سدها بسته به نوع و جنس بدنه سد در مقابل تغییرات حجم ذخیره مخزن با زمان می‌تواند به عنوان یک قید در جهت حفظ پایداری سدها برای مدل‌های بهینه‌سازی بهره‌برداری تعریف شود. علاوه بر این، آگاهی و کسب اطلاعاتی در مورد طرح کلی سد و تسهیلات تخلیه مخزن، طراح را در مطالعات

Scanned with CamScanner

بهره‌برداری از مخزن یاری می‌نماید. همچنین شناخت انواع و کاربرد هر یک از سدها جهت مکان‌یابی و تعیین نوع سازه ناگزیر است.

سدها بر اساس روش احداث و مصالح به کار رفته به چهار گروه اصلی سدهای وزنی (Gravity Dams)، سدهای قوسی (Arch Dams)، سدهای پایه‌دار یا پشت بند دار (Buttress Dams)، و سدهای خاکی (Embankment Dams) تقسیم می‌شوند (شکل ۲-۳). ترکیب حالت‌های مختلف فوق می‌تواند زیرتقسیم‌های دیگری از انواع سدها را تشکیل دهند. در این حالت توانایی و رفتار سازه برای شرایط مختلف سازگار می‌شود.

انتخاب بهترین نوع سد بر اساس طبقه‌بندی فوق، برای یک سایت به دو مسئله مهم شامل ۱- اجرا و ۲- هزینه‌ها مرتبط است. قابل اجرا بودن یک گزینه خود به شرایط توپوگرافی، زمین‌شناسی و ژئوتکنیک، تکتونیک و اقلیم و هزینه‌ها به طور عمده به فاصله منابع قرضه و جاده‌های دسترسی حمل و نقل تسهیلات از سایت مورد نظر بستگی دارند. البته اگر تقسیم‌بندی سدها به صورت سدهای انحرافی، تنظیمی، و مخزنی صورت بگیرد در انتخاب نوع سد علاوه بر مسائل اجرا و اقتصادی، فاکتور هیدرولوژیکی نیز اضافه می‌شود. مهمترین عامل در انتخاب سایت، وضعیت هیدرولوژیکی رودخانه است. اصول مربوط به محاسبات مکان‌یابی مخازن به عنوان یکی از مراحل مطالعات بهره‌برداری و تهیه منحنی فرمان در گام های مقدماتی مطالعات منابع آب مورد توجه می باشد. اساساً انتخاب نوع سد و مکان‌یابی سایت از یکدیگر بازخورد دریافت می‌کند و نمی‌توان در اغلب موارد برای آنها تقدم و تأخر قائل شد.

• سدهای انحرافی (Derivation Dams)

اگر مقادیر میانه منحنی تداوم جریان در تمام ماه‌ها نسبت به تأمین نیاز با یک درجه اطمینان قابل قبولی بصورت طبیعی یا مصنوعی قرار بگیرند معمولاً با احداث سد انحرافی، تأسیسات مطمئنی برای آبگیری از رودخانه و انتقال آب به صورت ثقلی یا غیر ثقلی به محل مصرف به وجود می‌آید.

سدهای انحرافی با توجه به ویژگی‌های رودخانه نظیر رژیم هیدرولوژیکی آن، شیب و عرض بستر، میزان مواد رسوبی و غیره و بالاخره برای سهولت تأمین هدف‌های طرح و در عین حال به حداقل رساندن هزینه‌های احداث، نگهداری و بهره‌برداری از آن بصورت ثابت یا متحرک طراحی و اجرا می‌گردند.

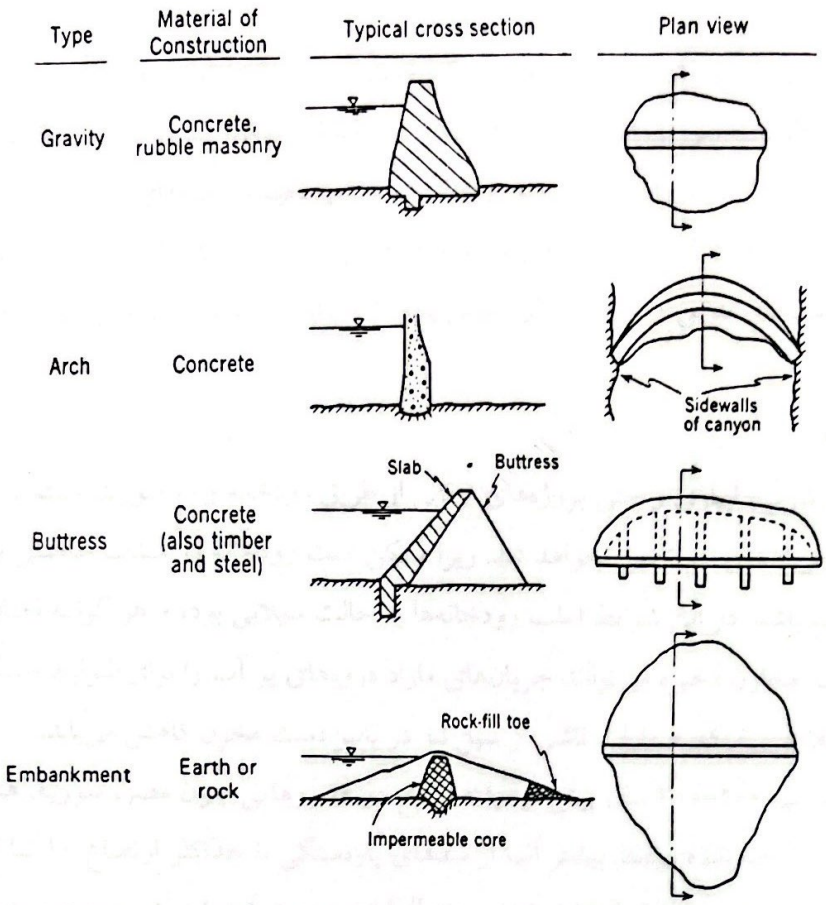
• سدهای تنظیمی (Regulation Dams)

این سدها که اغلب دو منظوره طراحی می‌شوند (تنظیمی- انحرافی) و بعد از سدهای مخزنی به خصوص سدهای برقابی به منظور ذخیره آب مازاد حاصل از خروجی توربین‌ها در زمان تولید برق پیک، احداث می‌شوند

• سدهای مخزنی (Reservoir Dams)

چنانچه مقادیر میانه منحنی دراز مدت جریان در ماه مورد نظر و در دوره‌ای از سال تکافوی تأمین نیاز را با احتمال رویداد قابل قبول نداشته باشد، در اینصورت برای تأمین آب مورد نیاز با درصد اطمینان بیشتر،

Scanned with CamScanner



شکل ۲-۳- طبقه‌بندی اصلی انواع سدها [۷۲]

احداث سد مخزنی ضرورت دارد. این سدها ممکن است بر حسب هدف با معیارهای مختلفی چون ارتفاع، ظرفیت مخزن، ظرفیت سرریز، طول تاج و یا مصالح ساختمانی طبقه‌بندی شوند. عکس‌العمل سدهای مخزنی در مقابل فشار هیدرواستاتیکی، هیدرودینامیک، دمای محیط، پدیده‌های تکتونیک و نیروهای حاصل از فشار تحتانی (up Lift) بیش از هر چیز وابسته به جنس بدنه سد است. لذا از این نظر می‌توان سدهای بتونی قوسی، سدهای بتونی وزنی، سدهای بتونی پایه دار، سدهای خاکی(سد علویان) و سدهای سنگریزه‌ای را نام برد.

- مخازن آب

تأمین نیازهای شرب، آبیاری و حتی پروژه‌های برقابی از طریق رودخانه و به صورت مستقیم امکان‌پذیر است اما نیازها در جریان‌های کم تأمین نخواهد شد. زیرا ممکن است رودخانه در مدت خاصی دارای آب کم یا حتی بدون آب باشد. در این شرایط اغلب رودخانه‌ها به حالت سیلابی بوده و هر گونه فعالیتی در امتداد آن خطرناک است. مخازن ذخیره می‌توانند جریان‌های مازاد دروه‌های پر آب را برای شرایط خشکسالی و کم آب حفظ کنند. علاوه بر اینکه خسارات ناشی از سیل نیز در پایین‌دست مخزن کاهش می‌یابد.

مخازن ذخیره آب ۲۰۰-۳۰۰ سال پیش از میلاد مسیح در کشورهایی چون مصر، سوریه، هند، سری‌لانکا و دیگر کشورها ساخته شده بودند. بیشتر آنها از سدهای پاره‌سنگی با حداکثر ارتفاع ۱۰ تا ۱۵ متر و هدف تأمین آب آبیاری و ذخیره سیل احداث شده بودند." با این وجود بشر با یک تجربه حدود ۱۰۰۰ سال از ساخت سدها هنوز هم با شکست سدها روبرو است."

مخازن ذخیره برای تأمین اهداف مختلفی چون اهداف اقتصادی، ذخیره آب آبیاری، تأمین آب شهری و صنعت، کنترل سیل، ایجاد نیروگاه برقابی و یا جنبه‌های تفریحی و... طراحی می‌شود. مخازن چند منظوره بر خلاف مخازن تک‌منظوره برای دو یا بیش از دو مورد از اهداف فوق طراحی می‌شوند. همچنین مخازن بسته به اینکه چه طول دوره‌ای از جریان رودخانه را تنظیم می‌کنند به مخازن یک روزه، هفتگی، فصلی و سالانه (short- term) و مخازن چند ساله (Long-term) تقسیم می‌شوند.

مخازن ممکن است بر اساس شکل دریاچه خود طبقه‌بندی شوند که بیشتر از جنبه بررسی رسوب مخازن مورد توجه می باشد. مخازن در مقیاس‌های کوچک ممکن است در مزارع و روستاها بصورت تانک‌های ذخیره آب و چاله‌های طبیعی یا مصنوعی (هوتک در سیستان و بلوچستان)[1] جهت جمع‌آوری و حفظ هرز آب‌ها و یا باران دیده شوند.

بطور کلی وظیفه اصلی مخازن با هر اندازه از نیاز، تأمین آبدهی ثابت می‌باشد. از آنجایی که مقدار درخواست آب در طول زمان ممکن است دارای نوسان شدید باشد بخصوص در مناطق شهری، وجود

۱- در بخش‌هایی از این منطقه اصطلاح چاه نیمه به شکل دیگری از بهره‌برداری منابع آب اطلاق می‌شود.

Scanned with CamScanner

مخازن توزیع در سیستم تأمین آب، ضروری است.

به طور کلی به جز مسئله و اهمیت ویژه رسوبات ورودی و تـاثیر آن در عملکـرد مخـزن و منحنـی فرمـان میتوان به مواردی چون وزش باد، پاکسازی و کیفیت آب در مخازن نیز اشاره کرد. همچنین به تحلیـل هـای آماری در مخازن، اعتماد مخزن می گویند.

۲-۵- اصول تهیه منحنی فرمان در بهره‌برداری کمی از مخازن سد

۱- فازهای مطالعاتی

اصولاً در برنامه‌ریزی‌های منابع آب با توجه به تعدد گزینه‌های مختلف و برای جلـوگیری از سـردرگمی در برنامه‌ریزی و شکست‌های بزرگ، نیاز است تا مطالعات در سه فاز مختلف به شرح زیر پی‌گیری شوند:

• فاز I

هدف اصلی از مطالعات این مرحله، شناسایی گزینه‌های قابل‌قبول و ارزیابی مقدماتی و غربال کردن گزینه‌ها و ارائه گزینه یا گزینه‌های قابل توجیه برای تدقیق در مرحله بعدی مطالعات می‌باشد. رونـد کلـی مطالعـات بهره‌برداری کمی از مخازن در مرحله شناسایی توسط شکل ۲-٤ نشان داده شده است.

در مورد استفاده تلفیقی از آب زیرزمینی و مخزن سد، فرض بر این است که این مطالعات طی بررسـی‌هـای جداگانه صورت پذیرفته و نتایج آن در بهره‌برداری از مخزن سد منظور شده است.

• فاز II

در این مرحله با توجه به نتایج حاصله از مطالعات مرحله شناسایی و با بهره‌گیری از تکنیک‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی و نیز با درنظر گرفتن پارامترهای اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و سیاسـی بایـد اقـدام بـه طراحی ارتفاع سد و سایر پارامترهای طراحی با توجه به اهداف موردنظر نمود. از آنجا کـه خطـوط اصـلی سیاست بهره‌برداری از مخزن با توجه به اهداف پروژه متکی به بررسی‌های این مرحله از مطالعات است، لذا تدقیق عملکرد مخزن سد در این مرحله از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار می‌باشد. در این مرحله نـسبت بـه تعیین ارتفاع سد و سایر پارامترهای طراحی گزینه‌های منتخب، اقدام می‌گردد. هدف اصلی از مطالعات ایـن مرحله انتخاب گزینه نهایی و تعیین قطعی نوع، ارتفاع، حجم و تراز عادی مخزن و توجیـه اقتـصادی طـرح است. با انجام مطالعات این مرحله ارتفاع سد و سـایر پارامترهـای طراحـی گزینـه نهـایی تعیـین و تثبیـت می‌گردد. روند کلی مطالعات در این فاز مشابه فاز I می‌باشد .

• فاز III

هدف اصلی در مرحله طراحی تفصیلی، روشن نمودن جزییات طرح است، به حـدی کـه اجـرای آن بـرای پیمانکاران و سازندگان بدون ابهام، عملی شود. لذا با فرض قطعیت انتخاب ابعاد و تصمیم‌گیری‌ها در فاز

Scanned with CamScanner

شکل ۲-٤ روند مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها (مرحله شناسایی) [١٤]

دوم، رفتار مخزن در طول مدت عمر آن شبیه‌سازی می‌شود و بهترین شیوه بهره‌برداری از مخزن برای تأمین اهداف آن تعیین می‌گردد. به این ترتیب با انجام دادن تجزیه و تحلیل‌های لازم در مورد عملکرد مخزن، خطوط اصلی «Operation Policies» سیاست‌های بهره‌برداری از مخزن مشخص می‌گردد. نتیجه این بررسی‌ها به صورت منحنی‌های فرمان بهره‌برداری از مخزن و دستورالعمل‌های مربوطه در گزارش فاز III ارائه می‌گردد. روند کلی مطالعات در شکل ۲-۵ نشان داده شده است.

از آنجایی که تحقیق حاضر مربوط به فاز سوم مطالعات بهره برداری کمی از مخزن سد علویان می باشد لذا درادامه روش های محاسبه عملکرد مخازن سد تشریح می شود. همچنین به دلیل تولید داده های مصنوعی آبدهی ماهانه رودخانه صوفی چای،روش های شبیه سازی جریان رودخانه ها نیز ذکر گردید.

۲-٦- روش های شبیه سازی جریان رودخانه ها

شاهرگ حیاتی هر پروژه آبی، آب قابل دسترس[1] است. لذا موفقیت پروژه بستگی به دقت برآورد کمیت آب و متغیرهای آن دارد. درصد اعتماد تضمین آب در پروژه‌های سدهای چند منظوره با اهداف کشاورزی، تولید برق و تأمین آب شرب به ترتیب ۷۵٪، ۹۰٪ و ۹۸٪ می‌باشد. برای محاسبه مقدار دبی با درصد اعتماد معین در طراحی مخازن، حداقل تعداد متغیر ورودی، برابر عمر مخزن توصیه می‌شود. از نظر اقتصادی، اغلب عمر مفید مخازن حداقل ۵۰ سال است و عموماً بین ۲۰ تا ۱۰۰ سال می‌باشد. این در حالی است که در بسیاری از نقاط مورد نظر حتی ایستگاه هیدورمتری مناسب نیز وجود ندارد. در ادامه روش‌های کلی محاسبه جریان ورودی را در حالتی که هیچ‌گونه ایستگاه هیدرومتری در بالادست مخزن وجود ندارد و در شرایط متفاوت دیگر بررسی می‌کنیم :

در صورتیکه هیچ‌گونه ایستگاه هیدرومتری روی رودخانه مورد نظر یا اطراف منطقه نباشد ترکیب روش‌های آنالیز استوکاستیک بارش ناحیه‌ای و مدل‌های انتقال مانند انواع مدل‌های شبیه‌سازی دترمینستیک هیدرولوژی برای ایجاد یا توسعه جریان امکان پذیر است.

اساس مدل‌های استوکاستیک (Stochastic) هیدرولوژی و هواشناسی در مقیاس ماهانه و سالانه ممکن است شبیه یکدیگر رفتار کنند اما این مسئله در مورد بارش‌های ساعتی و روزانه متفاوت است.

به طور کلی روش‌های سنتز داده‌ها را می‌توان به دو گروه ۱- تولید تصادفی و ۲- تولید به روش فرایند مارکوف طبقه‌بندی نمود. گروه اول خود به دو گروه پارامتری و غیرپارامتری تقسیم می‌شود. ساده‌ترین روش در گروه تصادفی روش پارامتری IUDRN یا توزیع یکنواخت مستقل اعداد تصادفی می‌باشد. اساس روش فوق بر پایه حفظ خصوصیات آماری داده‌ها شامل میانگین $(\overline{X})$، انحراف از معیار (S_x)، و تغییرات تصادفی حاصل از مقدار متغیر استاندارد شده Z_i با توزیع یکنواخت مستقل و تابع $f(x)$ در بازه (۱ , ۰) می‌باشد.

۱- با فرض اینکه کیفیت آب مورد قبول باشد.

Scanned with CamScanner

شکل ۲-۵ روند مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها (مرحله طراحی تفصیلی)[۱۴]

در این روش محاسبه r_n به صورت کاملاً تصادفی در بازه (۱ , ۰) با توزیع یکنواخت صورت می‌گیرد. مقدارr_n را می‌توان به صورت سیستماتیک- تصادفی انتخاب کرد.(دلیری, ۱۳۸٤)[۱۳] .حداقل آمار لازم جهت برآورد پارامترهای مدل ۲۰ سال توصیه می‌شود. [۱۳] اساساً متغیرهای جریان سالانه رخداداهایی مستقل و معمولاً ثابت هستند.

این داده‌ها ممکن است از توزیع آماری بخصوص تبعیت کنند که شناخت آن در انتخاب روش کمک می‌کند. بر این اساس سایر روش‌های تولید تصادفی با توزیع‌های یکنواخت، نرمال، لوگ نرمال، گاما و پیرسون نوع سوم وجود دارند.

مدل توماس – فایرینگ (۱۹٦۲) در گروه مارکوف استوکاستیک برای سنتز داده‌های ماهانه کاربرد دارد. اساس این مدل وابستگی رخداد X_{t+1} به X_t به فاصله ماه و با حافظه محدود است.حداقل داده‌های لازم در این مدل برای تخمین مناسب پارامترها ۱۲ سال توصیه شده است.

یکی از معروف‌ترین مدل‌های شبیه‌سازی دترمینستیک (Deterministic) در هیدرولوژی، مدل حوزه آبخیز استانفورد (SWM-IV) (۱۹٦٦) می‌باشد.[٥٤] این روش یک مدل مفهومی، پیوسته و توزیعی احتمالاتی بوده (بکر) [۸۰] و جهت تولید هیدروگراف روزانه یا ساعتی جریان رودخانه ارائه شده است. جهت شبیه‌سازی سیستم با این روش نیاز به داده‌های بارش ساعتی، تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه به همراه خصوصیات فیزیکی حوزه آبخیز (۱٦ پارامتر) می‌باشد. در صورتیکه شبیه‌سازی برف نیز مورد نظر باشد اطلاعات آن نیز باید به مدل شبیه‌سازی اضافه گردد.

باید توجه کرد که اساس فیزیکی مدل‌های استوکاستیک بر خلاف مدل‌های دترمینستیک خیلی خوب پایه‌ریزی نشده است. بطوریکه بیشتر از جنبه هیدرولوژی توصیفی توسعه پیدا کرده‌اند. مدل‌های با حافظه محدود چون AR(1) با یک پایه فیزیکی ضعیف و بر اساس روابط همبستگی، جریان زمان t+1 را از رطوبت ذخیره شده در زمان t محاسبه می‌کنند. و یا روش‌های کاملاً تصادفی که اساساً توجهی به متغیرهای دوره‌ای ندارند. بطورکلی مفهوم ترکیب زمانی داده‌ها (x_i) توسط Kisiel به چهار مؤلفه جریان شامل مؤلفه شیب (x_T)، مؤلفه‌های تناوبی (x_o) شامل مؤلفه‌های فصلی و نوسان، مؤلفه پرش (x_{in}) و مؤلفه غیر خالص تصادفی (x_r) نشان داده می‌شود. اگر مؤلفه‌های x_T و x_o با علامت m_t به عنوان مؤلفه‌های پویای دترمینستیک و مؤلفه‌های x_r و x_{in} را با علامت E_t به عنوان مؤلفه‌های تصادفی ثابت نشان دهیم خواهیم داشت:

$$X_i = m_t + E_t \qquad (۳-۲)$$

این معادله مفهوم اساسی آنالیز سری‌های زمانی در هیدرولوژی استوکاستیک می‌باشد. در آنالیز سری‌های زمانی سعی می‌شود تا مؤلفه‌های m_t به حالت سری زمانی کاملاً تصادفی تبدیل شوند. در واقع باید اثر معین مؤلفه‌های x_o و x_T از سری داده‌ها حذف شده تا آماده تولید تصادفی فرایندهای استوکاستیک شوند. این کار می‌تواند با استفاده از روش‌های تحلیل هارمونیک و تبدیل گشتاورهای با درجه پایین‌تر تابع توزیع پیوسته

Scanned with CamScanner

احتمالاتی صورت پذیرد. با این وجود باز هم خصوصیات آماری ثابت می‌ماند. در واقع هیدرولوژی استوکاستیک وسیله‌ای برای کمک به طراح برای شبیه‌سازی آینده می‌باشد. در حال حاضر امکان ارزیابی تغییرات اقلیمی از داده‌های هیدرولوژی و هواشناسی وجود ندارد.[٦٨]

روش‌های استوکاستیک به خاطر حل مسائل طراحی مخازن وارد علم هیدرولوژی شدند. زیرا ظرفیت مورد نیاز مخزن به خصوصیات توالی جریان به خصوص در جریان‌های پایین بستگی دارد. این مسئله در مطالعه و بررسی اعتماد مخازن ذخیره‌ای بلند مدت اهمیت بیشتری پیدا می‌کند بطوریکه داده‌های ثبت شده کوتاه مدت، کفایت لازم را جهت تعیین مناسب آبدهی احتمالاتی مخزن ندارد.

بعضی از خصوصیات سری‌های زمانی هیدرولوژیکی می‌تواند در یک دامنه‌ای از زمان بوسیله آنالیزهای کرلگرام (آزمون استقلال در زمان) بررسی می‌شود. تحت شرایطی (پربسامد) آنالیزهای طیفی، هارمونیک سری را مشخص می‌کنند اما این روش‌ها در سری‌های کوتاه مدت مفید نیستند. هر چند این دو روش قادرند بعضی از روندهای معین (معمولاً اقلیمی) را آشکار کنند.

مدل‌های استوکاستیک شامل دو روش کلی ١- روش تجمعی (aggregation) و ٢- روش شکننده (disaggregated) هستند. روش‌های استوکاستیک اساساً در مقیاس‌های کوچکتر از ماه نتایج خوبی ارائه نکرده‌اند و توصیه می‌شود از روش‌هایی که با مقیاس‌های ماهانه یا سالانه پایه‌ریزی شده‌اند، استفاده شود.

بطور کلی برای سنجش حافظه بلندمدت یک سری زمانی می‌توان از ضریب Hurst (h) استفاده نمود:

$$R_n = \delta_n \left(\frac{n}{2}\right)^h \qquad (٤-٢)$$

که δ_n: انحراف از معیار سری زمانی، n طول سری و R_n از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$R_n = S^+ - S^-$$

S^+: مقدار بیشینه انحراف از میانگین سری‌های زمانی تجمعی

S^-: مقدار کمینه انحراف از میانگین سری‌های زمانی تجمعی

هرگاه h>0/5 باشد یعنی حافظه بلند مدت سری زمانی زیاد است و این طول سری زمانی برای مدل‌سازی مخزن کفایت می‌کند. در این خصوص بین متخصصین علم هیدرولوژی بحث‌هایی در مورد ضریب هرست وجود دارد و شاید مفید باشد که این ضریب را به عنوان یک شاخص تقریبی از شرایط خشکسالی بدانیم زیرا وقتی که این ضریب بیش از ٠/٦ شود دیگر یک مدل ساده‌ای چون AR(1) (تأخیر واحد مارکوف) قادر به تولید رضایت‌بخشی از داده‌ها در شرایط خشکسالی نخواهد بود. در این حالت استفاده از چند مدل در شرایط دوره‌های کم‌جریان (low-Frequency) در کنار مدل AR(1) مانند ARMA جهت مقایسه می‌تواند توصیه شود. در هر صورت فرایند تولید باید آنقدر ادامه پیدا کند تا تمام مقادیر اکسترمم مورد نظر در طول عمر پروژه برای شبیه‌سازی عملکرد مخزن بدست می‌آید. Linsely and Burges ١٠٠٠ توالی را برای مطالعات اعتماد مخزن در

Scanned with CamScanner

صورتیکه هدف بررسی مقادیر انتهایی توزیع باشد کافی دانستند. در مطالعات آبدهی مخزن لازم است حدود ۱۰۰ سال یا حداقل برابر عمر بهره‌برداری مخزن تولید داده صورت بگیرد. باید توجه کرد که نباید هیچگاه بر اساس آنالیزهای احتمالاتی روی زیرتوالی‌های بدست آمده از توالی مربوطه، عملکرد سیستم را شبیه‌سازی نمود. بنابراین ملاحظات ویژه در صورت استفاده کردن از مدل‌های استوکاستیک باید در دستور کار قرار بگیرد. [۷۱]
این ملاحظات در مورد نتایج مدل‌های دترمینستیک نیز صادق است. در این حالت باید نتایج مدل حتماً با مناطق معرف کالیبره و بازرسی شود. با این وجود دقت شبیه‌سازی مدل به سه فاکتور ۱- دقت و صحت داده‌های ورودی ۲- کارایی پارامترهای دخیل در مدل برای شرایط خاص و ۳- خطاهای ذاتی مدل بستگی دارد. لذا در روش‌های دترمینستیک درک ساختار مدل و همخوانی آن با شرایط منطقه بسیار حائز اهمیت است. علاوه بر این، انتخاب مدل‌های پیچیده نیاز به داده‌های پیچیده‌تر دارند.
همچنین علاوه به روش های فوق میتوان به مدل های پیش بینی اقلیمی، مدل های پیش بینی هیدرولوژیکی و مدل های بیلان آب در کنار سیستم های پشتیبانی تصمیم گیری (Decision Support Systems) اشاره نمود.

۲-۷- روش های محاسبه عملکرد مخازن سد

مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها از موضوعات پیچیده و مهمی است که طراحان سیستم‌های منابع آب با آن روبرو هستند. انتخاب روش صحیح مطالعات و به کارگیری تکنیک‌های مناسب و مبتنی بر استانداردهای مهندسی، از موارد اساسی در حل اینگونه مسائل است، به طوری که با کاربرد این تکنیک‌ها در مراحل مختلف، ضمن برآورد حجم مخزن، نحوه بهره‌برداری از مخزن نیز مورد مطالعه قرار گیرد. البته در صورت موجود بودن آمار و اطلاعات مورد نیاز و دسترسی به تکنیک‌های پیشرفته در زمینه مطالعات بهره‌برداری از مخازن می‌توان از آنها به خصوص در فاز II مطالعات استفاده کرد.

۲-۷-۱- روش‌های تجربی یا دوره بحرانی

۲-۷-۱-۱- منحنی جرم ریپل (۱۸۸۳)

در این روش حداقل ذخیره مورد نیاز مخزن براساس مقایسه گرافیکی دو منحنی تجمعی آبدهی و نیاز در دوره بحرانی مصرف به دست می‌آید. پلات تجمعی دبی یا حجم خالص جریان (ماهانه یا روزانه یا سالانه) روی محور عرض‌ها در مقابل زمان به شکل یک منحنی موجی و صعودی به دست می‌آید. اگر مقدار نیاز ثابت یا متغیر به صورت تجمعی با زمان روی همان پلات رسم شود شکل (۲ – ٦) حداکثر فاصله زیر خط نیاز و هیدروگراف، حاکی از مقدار نیاز ذخیره برای حفظ یک جریان ثابت در طول دوره مورد آزمایش خواهد بود. اگر این دوره‌ها تکرار شوند بزرگترین فاصله عمودی برابر حداقل ذخیره مورد نیاز در دوره بحرانی می‌باشد. شیب منحنی در هر نقطه از منحنی آبدهی معرف مقدار جریان ورودی یا دبی در آن نقطه است لذا اگر خطی از نقطه B

Scanned with CamScanner

چنان مماس شود که حداکثر فاصله عمودی نقطه C از آن برابر حجم مخزن موردنظر باشد آبدهی مخزن برای آن دوره محاسبه می‌شود. همچنین در فاصله A تا B مخزن در حال پر شدن و از D تا B مخزن سرریز می‌نماید. از محدودیت‌های این روش این است که در محاسبات تعیین حجم مخزن، میزان تبخیر، بارندگی و تلفات مخزن درنظر گرفته نمی‌شود، تنها می‌توان بر اساس قضاوت مهندسی، حجم جداگانه‌ای را برای این منظور در نظر گرفت. همچنین در این روش نمی‌توان حجم مخزن را بر اساس آنالیز احتمالی بیان کرد.

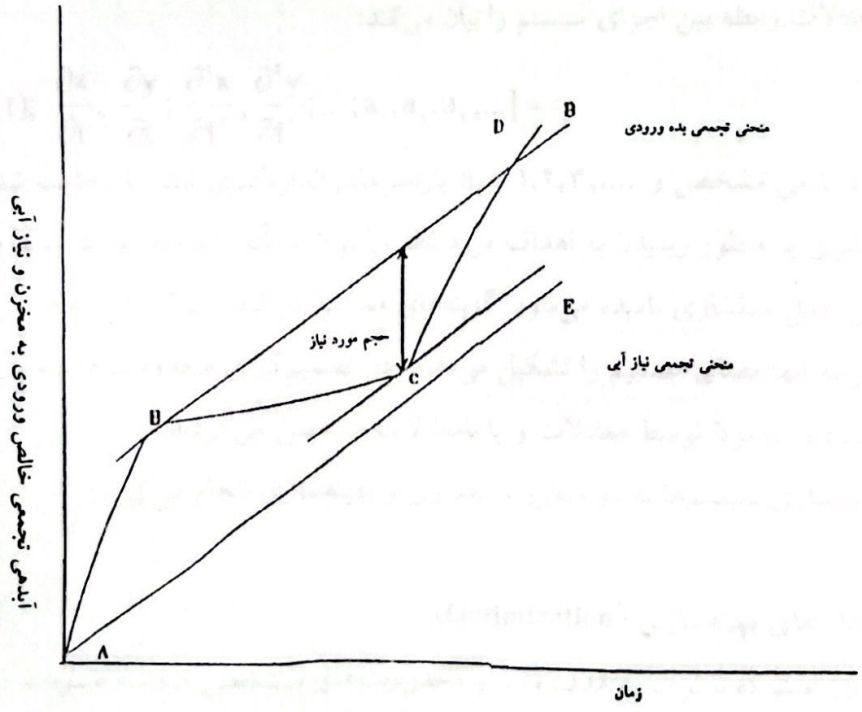
۲-۷-۱-۲- مدل ذخیره

وقتی که سری‌های طولانی از آمار در دسترس باشد و یا با روش‌های استوکاستیک این آمار سنتز شده باشند می‌توان از الگوریتم اوج متوالی یا مدل ذخره استفاده نمود. در این روش می‌توان مقادیر تجمعی جریان را پس از کسر تلفات و نیازها به کمک رابطه زیر برای دوره زمانی معین رسم نمود.

$$S_{t+1} = S_t + I_t - O_t \qquad (۵-۲)$$

S_t: حجم مخزن در ابتدای دوره، S_{t+1}: حجم مخزن در انتهای دوره، I_t: جریان ورودی به مخزن در طول دوره t ، O_t: جریان خروجی از مخزن در طول دوره t

اگر مقادیر S_{t+1} را نسبت به مقیاس مناسب زمان رسم کنیم منحنی سینوسی به دست می‌آید. بیشترین مقدار S_{t+1}حاصله در یک دوره زمانی معین را می‌توان به عنوان حجم مخزن انتخاب نمود.



شکل ۲-٦- منحنی ریپل. [١٤]

۲-۷-۱-۳- روش جدول عملیاتی

متعاقب تعیین ظرفیت مخزن توسط منحنی تجمعی (ریپل) و به منظور نمایش عملکرد مخزن می‌توان از جدول عملیاتی استفاده کرد و حجم مخزن را متناسب با درصد موفقیت در تأمین نیازها تدقیق نمود. این روش اساس کار شبیه‌سازی نیز است و محاسبات می‌توانند به صورت دستی انجام گیرد. جدول عملیات و مراحل آن برای یک مخزن چندمنظوره (آبیاری و برقابی) به عنوان نمونه ساده شده در پیوست ۲ و ۳ ارائه شده است.

۲-۷-۲- روش‌های مهندسی سیستم(مدل و مدل سازی)

مهندسی سیستم، علمی است که با بهره‌گیری از تکنیک‌های موجود در آن می‌توان بهترین گزینه را از میان تعداد بی‌شماری از گزینه‌های ممکن و رقیب با توجه به تابع هدف مشخص و با در نظر گرفتن جمیع محدودیت‌ها انتخاب نمود. لذا امروزه بهره‌گیری از این روش‌ها در طراحی سیستم‌های منابع آب و آبخیزداری جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. تنوع الگوریتم‌های محاسباتی این تکنیک‌ها، رشد روزافزون بهره‌گیری از نرم‌افزار و کامپیوتر، به همراه دانش هیدرولوژی، هیدرولیک و اقتصاد مهندسی، تولید روش‌های باارزش و مطمئن را برای طراحی سیستم‌های منابع آب به ارمغان آورده‌اند که عمدتاً در بهینه‌سازی کاربرد دارند.

مدل، نمایش ساده یک سیستم پیچیده است که تعدادی از مشخصه‌های سیستم را شبیه‌سازی می‌کند و در برگیرنده تشابه بدون عینیت است. یک مدل ریاضی به وسیله مجموعه‌ای از معادلات، یک سیستم را نشان می‌دهد، این معادلات رابطه بین اجزای سیستم را بیان می‌کند:

$$f[X(t), Y(t); \frac{\partial x}{\partial t}, \frac{\partial y}{\partial t}; \frac{\partial^2 x}{\partial t^2}, \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}; \ldots; a_1, a_2, a_3, \ldots] = 0 \qquad (۶-۲)$$

که نمایش $f[\bullet]$ تابعی مشخص و $a_i = 1,2,3,\ldots$ پارامترهای اندازه‌گیری شده یا محاسبه شده هستند. در مسائل تصمیم‌گیری به منظور رسیدن به اهداف مورد نظر می‌توان مسأله را به صورت یک مدل ریاضی تبدیل نمود. این عمل مدلسازی نامیده می‌شود. گزینه‌های ممکن در تصمیم‌گیری به صورت متغیرهای تصمیم و مجموعه آنها فضای تصمیم را تشکیل می‌دهند. در تصمیم‌گیری محدودیت‌ها به صورت قید در نظر گرفته می‌شود و معمولاً توسط معادلات و یا نامعادلات مشخص می‌گردند.

به طور کلی مدل‌سازی سیستم‌ها به دو منظور شبیه‌سازی و بهینه‌سازی انجام می‌گیرد :

۲-۷-۲-۱- مدل های بهینه‌سازی (Optimization)

بهینه‌سازی روشی است که با توجه به هدف معین و محدودیت‌های مشخص که به صورت توابع و روابط ریاضی تعریف می‌گردد، بهترین جواب ممکن را برای یک مسئله مشخص نماید. مدل‌های بهینه‌سازی امروزه

Scanned with CamScanner

در علوم آبخیزداری، منابع آب و هیدرولوژی به عنوان یک ابزار قدرتمند علمی در تصمیم‌گیری، مدیریت، برنامه‌ریزی و تدقیق نتایج کاربرد فراوانی دارد. بهینه‌سازی برای هر علم و هدفی که مدل شود، در واقع تعیین مقادیر متغیرهای تصمیم برای تابع هدف بهینه شده است. مدل‌های بهینه‌سازی ممکن است به روش‌های خطی و غیرخطی و بر اساس تعداد معیارهای مسأله به دو گروه بهینه‌سازی تک‌هدفه و چندهدفه تقسیم گردند. همچنین روش‌هایی چون الگوریتم ژنتیک، روش شبیه‌سازی بازپخت (SA) و جستجوی تابو در زمره روش‌های نوین بهینه‌سازی قرار دارند. [۲۳]

• مدل بهینه‌سازی تک هدفه

اهداف یک منظوره حتی وقتی که محدود به چندین راه‌حل شود بررسی آن در فرایند برنامه‌ریزی چندان مشکل نیست. ساده‌ترین مدل تک هدفه با متغیرهای پیوسته، مدل‌های خطی می‌باشند. اگر بردار متغیرهای تصمیم‌گیری در جهت سطر به صورت $\underline{X}=[x_1,x_2,...,x_n]$ و بردار هزینه در جهت سطر به صورت $\underline{C}=[c_1,c_2,...,c_n]$ باشد تابع هدف به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Max or Min } f(x)=\sum_{i=1}^{n}c_i x_i=\underline{c}^T\underline{x} \qquad (۷-۲)$$

ترانهاده بردار $=c^T$

در این روش فرض می‌شود که کلیه محدودیت‌ها و تابع هدف، خطی و تمامی متغیرهای تصمیم، نامنفی هستند. همچنین محدودیت‌های خطی می‌توانند به صورت معادله یا نامعادله باشند. شکل استاندارد محدودیت‌های برنامه‌ریزی خطی برای متغیرهای نامنفی و $\leq$ برای حداکثرسازی تابع هدف به شکل زیر بیان می‌شود:

$$a_{11}x_1+a_{12}x_2+...a_{1n}x_n\leq b_1 \qquad (۸-۲)$$

$$a_{21}x_1+a_{22}x_2+...a_{2n}x_n\leq b_2$$

$$a_m x_1+a_{m2}x_2+...a_{mn}x_n\leq b_m$$

$$x_1,x_2,...x_n\geq 0$$

روش‌های حل مدل‌های خطی یا LP در حالت دو متغیر، از راه ترسیم و بسیار ساده می‌باشد. اما در اکثر موارد متغیرها بیش از دو مورد هستند. در این حالت الگوریتم سیمپلکس به عنوان یک روش متعارف حل مسائل خطی که یک روش جبری است با استفاده از متغیرهای کمکی، اساسی و غیراساسی استفاده می‌شود. [۲۳و ۲۶]

اگر تابع هدف با محدودیت‌های غیرخطی یا DP باشد در این صورت مسئله بهینه‌سازی، غیرخطی خواهد بود. که در این صورت برای مسائل بیش از دو متغیر می‌توان با برنامه‌نویسی در نرم‌افزاری مناسب جواب تابع هدف را بهینه نمود. همچنین در بسیاری از موارد ممکن است یک مسأله غیرخطی از روش‌های خطی‌سازی حل شوند. تصمیم‌گیری متوالی در مقاطع زمانی و مکانی در برنامه‌ریزی و مدیریت کمی و کیفی سیستم‌های منابع آب موجب توسعه و کاربرد روش برنامه‌ریزی پویا و یا حالت‌های توسعه یافته‌تر آن مانند پیشرو و پسرو

Scanned with CamScanner

شده است. این برنامه‌ریزی یک روش خاص ریاضی به منظور حل مسائل توأم با تصمیم‌گیری چند مرحله‌ای می‌باشد که در دهه ۱۹۵۰ توسط Belman توسعه یافت. چنانچه فرض شود در تصمیم‌گیری T گام زمانی وجود دارد و در هر گام، x_t متغیر حالت و u_t متغیر تصمیم باشند، تابع هدف در هر بازه زمانی T و تابع انتقال حالت از یک گام به گام دیگر با هدف حداکثر نمودن تابع هدف در کل دوره به صورت زیر خواهد بود. [۲۳]

$$\begin{aligned} \text{Maximize} \quad & \sum_{t=0}^{T} g_t(X_t, u_t) \\ & X_t \in x \qquad t = 0,1,\ldots,T \\ \text{Subject to:} \quad & u_t \in u \qquad t = 0,1,\ldots,T \\ & x_{t+1} = f_t(x_t, u_t), \quad t = 0,1,\ldots T-1 \end{aligned} \tag{۹-۲}$$

• مدل بهینه‌سازی چند منظوره

در مسائل چند هدفه چندین معیار مورد نظر می‌باشند. که جهت تحلیل اینگونه مسائل، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در حالت‌های پیوسته و گسسته ارائه شده‌اند. این روش‌ها با توجه به در نظر گرفتن معیارهای مختلف و چندین تابع هدف در برنامه‌ریزی خطی، می‌تواند در مطالعات سنتز و مدیریت آبخیزها، طراحی شبکه مترو، مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، برنامه‌ریزی سیستم جامع منابع آب، مدیریت تلفیقی آب‌های سطحی و زیرزمینی، مدیریت سیستم‌های فاضلاب و تصفیه آب موثر باشد. از جمله روش‌های مناسب در این گروه برای اولویت‌بندی شدت سیلخیزی زیر حوزه‌ها جهت اجرای عملیات عمرانی کنترل سازه‌ای و مدیریت سیل می‌توان به روش‌های (UTA) تابع تجمعی ارزش و روش (DSM)[۱] معیارسازی دلیری اشاره کرد. روش اخیر اولین‌بار توسط دلیری (۱۳۸۲) ارائه شد. [۱۱]

با توجه به اینکه در تحقیق حاضر تنها از مدل تک‌هدفه استفاده شده است در این جا تنها به ذکر نام برخی از مهمترین روش‌های این گروه مانند روش وزن‌دهی ساده، روش حدی، روش شباهت به گزینه ایده‌آل و روش تحلیل سلسله مراتبی اکتفا شد. [۲۳]

• عدم قطعیت در مدل‌های بهینه‌سازی

با توجه به ماهیت تصادفی پارامترهای درگیر در برنامه‌ریزی منابع آب مدل‌های بهینه‌سازی تصادفی جهت لحاظ کردن این خصوصیت توسعه پیدا کرده‌اند. دو نمونه از پرکاربردترین آنها شامل مدل‌های با محدودیت احتمالی و مدل‌های پویای غیرقطعی هستند. [۲۳] لازم به ذکر است که با تمهیداتی نه چندان پیچیده می‌توان به جای منحنی‌های فرمان از نوع ایستا، برنامه‌های کمی از نوع پویا و غیرقطعی تهیه نمود.

• مدل‌های حل اختلاف

در یک فرایند تصمیم‌گیری، چنانچه تعداد تصمیم‌گیرندگان بیش از یک نفر باشد، تصمیم‌گیری با مشکلاتی

۱- Daliri Standardization Method.

Scanned with CamScanner

همراه خواهد بود. چرا که افراد مختلف اهداف، دیدگاه‌ها و اولویت‌های متفاوتی دارند. در این خصوص چندین روش برای حل مسئله وجود دارد. یک روش استفاده از یک مدل چند هدفه است. روش دوم رتبه‌بندی نسبی نظرات تصمیم‌گیرندگان با توجه به اهمیت نسبی آنها برای تأثیر در تصمیم‌گیری نهایی می‌باشد. روش سوم بر پایه تئوری چانه‌زنی است که در سال ۱۹۵٤ توسط ناش ارائه شده است.

به کمک روش های مذکور و بهره‌گیری از مدل‌های ریاضی مناسب می‌توان اقدام به محاسبه و برآورد پارامتری‌های طراحی از جمله ارتفاع سد کرد و همچنین عملکرد تقریبی مخزن را با توجه به ارتفاع نظیر سد مورد ارزیابی قرار داد. در مورد مخازن سدهایی که دارای گزینه‌های پیشنهادی مختلفی هستند، می‌توان با استفاده از مدل‌های ریاضی مناسب، گزینه‌های نامطلوب را حذف نمود. مدل‌های ریاضی مناسبی که غالباً در مسائل طراحی بهره‌برداری سیستم مخازن سدها مورد استفاده هستند شامل مدل برنامه‌ریزی خطی (LP) و مدل برنامه‌ریزی پویا (DP) هستند "ساختار یک مدل پایه که مبنای بسیاری از مدل‌های بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخزن را تشکیل می‌دهد به صورت زیر است":[۲۳]

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^{n} \text{Loss}_t\left(R_t, D_t, S_t\right) \qquad (۱۰-۲)$$

Subject to:

$$S_{t+1} = S_t + I_t - R_t - E_t - L_t$$

$$(t = 1, \ldots, n) \quad S_{min} \le S_t \le CaP$$

$$0 \le R_t \le R_{max} \quad , \quad S_t, E_t, L_t, R_t \ge 0$$

Z: تابع هدف، Loss_t: هزینه بهره‌برداری در ماه t که تابعی از خروجی، نیاز و حجم ذخیره مخزن در ماه t است. R_t: خروجی از مخزن در ماه t، D_t: نیاز آبی در ماه t، S_t: حجم ذخیره مخزن در ماه t، n: طول دوره زمانی برنامه‌ریزی، S_{min}: حداقل حجم ذخیره آب در مخزن، CaP: حجم کل ذخیره آب در مخزن، R_{max} ، t: حداکثر خروجی حداکثر از مخزن در دوره زمانی t، E_t: حجم تبخیر از مخزن در ماه t، L_t: حجم نشت آب از مخزن در ماه t، I_t: حجم جریان ورودی به مخزن در ماه t، برای اینکه میزان تخصیص آب به نیازهای آبی مختلف نیز بهینه‌سازی شود می‌توان تابع هدف مدل را به صورت زیر تغییر داد: [۲۳]

$$\text{Minimize } Z = \sum_{t=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} \text{Loss}_t\left(R_{j,t}, D_{j,t}, S_t\right) \qquad (۱۱-۲)$$

m تعداد نیازهای آبی مختلف، D نیاز آبی j و R تخصیص آبی نیاز j می‌باشد.

Scanned with CamScanner

۲-۷-۲-۲- مدل های شبیه‌سازی (Simulation)

شبیه‌سازی سیستم به ازای مقادیر دامنه عملگر تابع، جهت بررسی مدل و میزان اثربخشی و کارایی آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. اکثر مدل‌های شبیه‌سازی سابقه طولانی در برنامه‌ریزی و مدیریت دارند و آنها را می‌توان در دو کلاس قطعی و غیرقطعی قرار داد:

- **شبیه‌سازی قطعی**

مدل‌های شبیه‌سازی قطعی سیستم‌های منابع آب، عدم قطعیت‌های (uncertainties) موجود در پارامترها و متغیرهای هیدرولوژیکی را در نظر نمی‌گیرند. به عقیده نگارنده کاربرد مطلق مفهوم قطعیت در این مدل‌ها اشتباه است. زیرا مقادیر ورودی و خروجی در هر شرایطی که استفاده شوند مفهوم احتمال را در خود و مدل لحاظ کرده‌اند. لذا برتری مدل‌های غیرقطعی در صورت وجود، نمی‌تواند از این جنبه بررسی شود. با این وجود می‌توان روش‌ها را از نظر میزان دخالت احتمال و تصادف و روش‌های به کار گرفته شده در مدل مانند یک طیف رنگی طبقه‌بندی کرد. در صورتی که پررنگ‌ترین طیف را به روش‌های پیشرفته در لحاظ کردن مفاهیم استوکاستیکی اختصاص دهیم آن وقت با این مفهوم می‌توان کلاس قطعیت را در کم‌رنگ‌ترین بخش این طیف پذیرفت. پایه و اساس مفهومی اغلب مدل‌های شبیه‌سازی سیستم منابع آب و هیدرولوژی معادله پیوستگی می‌باشد که مفهوم فیزیکی آن به شکل زیر بیان می‌شود:

$$\frac{dm}{dt} = 0 \qquad (۱۲-۲)$$

m کل جرم سیستم است که با تغییر زمان ثابت می‌ماند. حال اگر در معادله انتقال رینولدز به جای نرخ افزایش داخل سیستم (N) جرم کل سیستم و به جای η جرم واحد جرم را قرار دهیم خواهیم داشت:

$$0 = \frac{\partial}{\partial t}\int_{cv} \rho dV + \int_{cs} \rho v.dA \qquad \text{cv = control volume , cs = control surface} \qquad (۱۳-۲)$$

معادله فوق معادله پیوستگی نام دارد و در آن علائم dV, ρ, v, dA, cv, cs به ترتیب سطح کنترل، حجم کنترل، المان سطح خروجی، سرعت، جرم مخصوص و المان حجم کنترل می‌باشند. این معادله بیان می‌کند که نرخ افزایش جرم داخل حجم کنترل بعلاوه نرخ خالص خروج جرم از سطح کنترل صفر است.

از مفاهیم معادله ۲-۱۳ در شبیه‌سازی قطعی حجم آب در مخزن، محاسبات عملکرد مخزن، تهیه منحنی فرمان، طراحی مخزن، روندیابی سیل و... استفاده می‌شود. از دیگر مدل‌های شبیه‌سازی کمی سیستم‌های منابع آب می‌توان به مدل‌های بارش-رواناب در مدیریت و کنترل سیلاب‌ها، و مدل‌های شبکه عصبی اشاره نمود.

- **شبیه‌سازی استوکاستیک**

مدل‌های شبیه‌سازی غیرقطعی معمولاً از اطلاعاتی چون تابع توزیع متغیرهای احتمالی، تعداد دفعات تکرار آنها در هر بازه زمانی، میانگین و بازه تغییرات آنها استفاده می‌کنند و عموماً نتایج شبیه‌سازی به صورت احتمالاتی ارائه می‌گردد. یکی از روش‌های مرسوم در این گروه شبیه‌سازی مونت کارلو می‌باشد که در

Scanned with CamScanner

مدیریت کمی و کیفی سیستم‌های منابع آب کاربرد گسترده‌ای دارد.

اصولاً بهره‌گیری از مدل‌های ریاضی پایه، اساس مطالعات بهینه‌سازی را تشکیل می‌دهد. تکنیک‌های بهینه‌سازی هر چند ابزاری بسیار مناسب و با ارزش برای برآورد سریع و قریب به بهینه پارامترهای طراحی (حجم مخزن،ارتفاع مخزن و ...) هستند ولی هیچ یک به تنهایی قادر به ارائه شاخص‌های گزینش طرح نخواهد بود. لذا متعاقب به کارگیری مدل بهینه‌سازی باید از روش شبیه‌سازی برای طراحی دقیق مخزن و نحوه عملکرد آن در طول دوره‌های تر و خشکسالی جهت تأمین نیازهای موردنظر اهداف طرح اقدام نمود. روش‌های شبیه‌سازی به دلیل برخورداری از منطق ریاضی ساده و قابل درک، قابلیت چشم‌گیر و سریع در پیش‌بینی و ارزیابی نحوه عملکرد سیستم برای سیاست‌های مختلف بهره‌برداری و انتخاب گزینه‌ها، محسوب می‌شوند. شبیه‌سازی ممکن است بر اساس داده‌های مشاهداتی (قطعیت) و یا به صورت عدم قطعیت اجرا شود. شبیه‌سازی احتمالاتی یک وسیله محاسباتی بسیار قوی برای مطالعه مخازن سدها محسوب می‌گردد. فواصل زمانی مورد استفاده در شبیه‌سازی بسته به دقت مورد نیاز و داده‌های در دسترس از ساعت تا سال ممکن است تغییر کند. بطور کلی به جز در موارد خاص که نیاز به فواصل زمانی ده روزه، هفتگی و روزانه است (تأمین آب آبیاری برنج و برقابی) در اکثر موارد شبیه‌سازی مخزن بر اساس فواصل زمانی ماهانه صورت می‌گیرد. اهم شاخص‌های مورد نیاز طرح که باید بر اساس شبیه‌سازی حاصل شود به شرح زیر خلاصه می‌شود:

- متوسط کمبود درازمدت در یکسری از نیازها
- حجم آب قابل تنظیم سالانه
- بازده ذخیره‌سازی مخزن. عواملی که در بررسی این مورد موثر هستند شامل تعیین آوردهای سالانه رودخانه در محل گزینه‌های مختلف، تعیین حجم مخزن هر سد بر حسب ارتفاع و مقایسه حجم آب ذخیره شده در ارتفاعات مساوی، مقایسه نسبت حجم مخزن به هزینه سد برای گزینه‌های مکانی مختلف و ترسیم منحنی تغییرات این نسبت در هر محل بر حسب ارتفاع، مقایسه وسعت امکانات سرویس‌دهی هر محل نسبت به بالادست و پایین‌دست، تعیین عمر مخزن با توجه به برآورد سالانه رسوبات در گزینه‌های مکانی مختلف، تعیین جدول اولویت‌بندی گزینه‌ها از نظر بازده ذخیره‌سازی مخزن با توجه به موارد یاد شده.
- میزان سرریز سالانه
- میزان تلفات تبخیر
- سود خالص حاصله ناشی از اجرای طرح (اقتصاد طرح)

در این خصوص به منظور تعیین حجم مخزن، با در نظر گرفتن مشخصات فیزیکی سیستم مخزن و داده‌های ورودی و خروجی از سیستم (نیازها و تلفات) نحوه عملکرد مخزن در شرایط مختلف بهره‌برداری شبیه‌سازی

Scanned with CamScanner

گردیده و با توجه به ریسک فنی و اقتصادی مورد قبول در تأمین اهداف طرح و نهایتاً قابلیت اعتماد مخزن[1]، حجم مناسبی برای مخزن که جوابگوی نیازهای طرح باشد تعیین می‌گردد، پس از استخراج پارامترهای مورد نیاز و حجم مخزن باید با قضاوت‌های کارشناسی، مهندسی و اقتصادی اقدام به انتخاب حجم مخزن نمود . اساس طراحی حجم مخزن در روش‌های شبیه‌سازی بر روی معادله ذخیره (۲-۱۳) پایه ریزی می شود.

علاوه بر موارد فوق می‌توان تغییر مشخصات هندسی مخزن، محدودیت‌های تغییر تراز آب به خاطر پایداری بدنه سد و غیره را به صورت روابط ریاضی در مدل تعریف کرد. همچنین ارزیابی اقتصادی طرح را با اعمال معادلات ریاضی مربوط در ساختار مدل به کار گرفت.

۲-۸- معرفی نرم افزار LINGO 8.0

کلمه LINGO یک علامت تجاری با ثبت و صلاحیت علامت LINDO و مالکیت آمریکا است. مدل LINGO یک وسیله ای قدرتمند برای ایجاد و حل توابع خطی و غیر خطی مدل های بهینه سازی در مسائل مختلفی چون منابع طبیعی و آبخیزداری – منابع آب – صنعت و .... می باشد. بهینه سازی به ما کمک می کند تا جواب بهترین حالت از شرایط تعیین شده و موجود را از نظر حداکثر سود و منفعت، حداقل هزینه، بهترین رویداد و خروجی یا موفقیت، کمترین ضایعات و ناراحتی را سریع تر و راحت تر پیدا کنیم.البته در عمل در صورتی که توابع و قیود مدل بهینه متعدد باشد استفاده از نرم افزار ناگزیر بوده و در بسیاری از موارد بدون کمک نرم افزار بیشینه یا کمینه سازی تابع یا توابع هدف امکان پذیر نخواهد بود.در واقع هدف در یک مسئله بهینه سازی حداکثرسازی استفاده از زمان، سرمایه، امکانات و ... می باشد. روش های حل مسائل بهینه سازی در مدل مذکور به نه کلاس تقسیم می شود که اغلب دو روش خطی(LP) و غیر خطی ممکن است استفاده شود. در ادامه با یک مثال ساده ایجاد یک مدل بهینه تک هدفه در LINGO تشریح می‌شود:

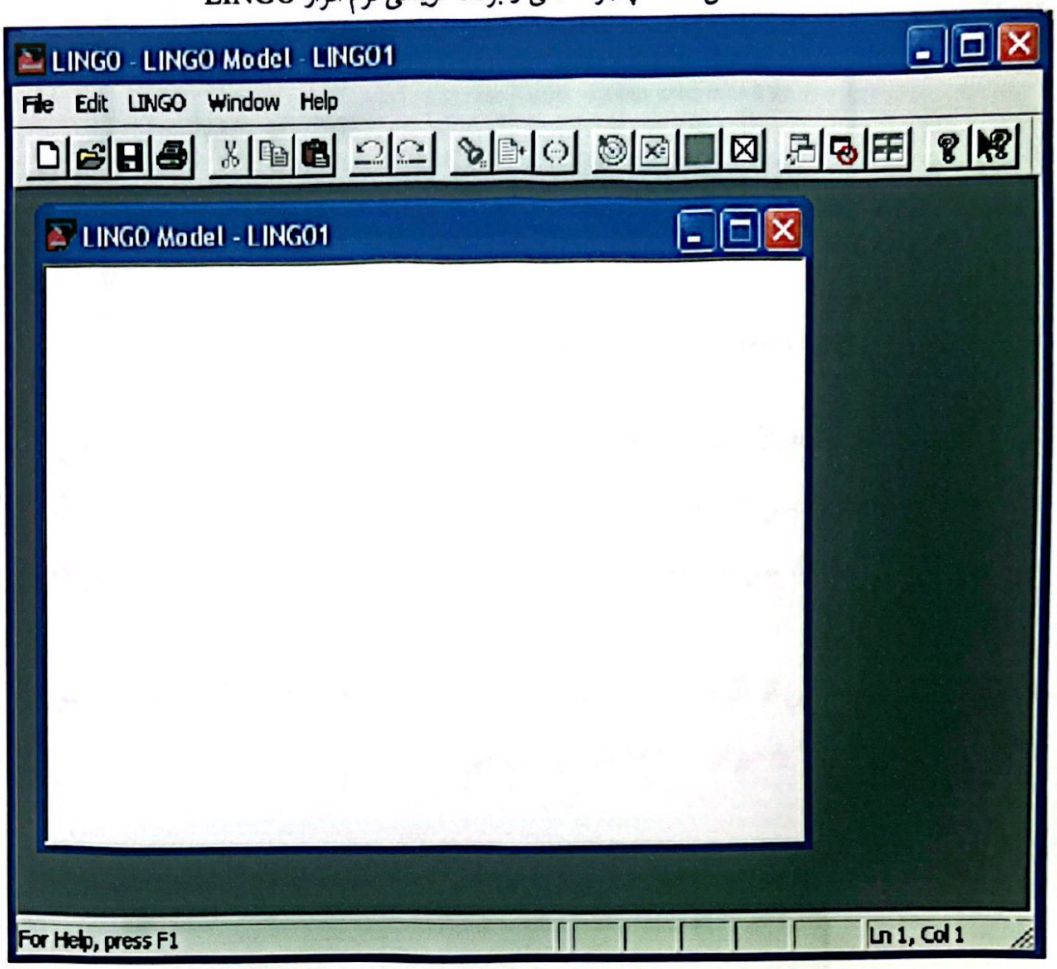
پس از نصب نرم افزار و اجرای آن ابتدا شکل ۲-۷ دیده می شود. همانطور که مشخص است دو پنجره خارجی یا اصلی و پنجره مدل LINGO مشاهده می شود. از منو های پنجره اصلی میتوان به کلیه ابزار اجرا و امکانات دسترسی داشت. در پنجره دوم می بایست بر اساس دانش برنامه نویسی، ریاضیات و علم مربوطه (تحلیل سیستم آبخیز، آنالیز مخزن سد, مرتعداری و...) مدل ریاضی نوشته و آماده شود.

به عنوان مثال اگر یک کارخانه سخت افزاری با تولید توان حداکثر ۱۰۰ دستگاه کامپیوتر نوع STANDARD در روز سود واحدی برابر ۱۰۰ دلار و با تولید توان حداکثر ۱۲۰ دستگاه نوع TURBO در روز سود واحدی برابر ۱۵۰ دلار داشته باشد و همچنین برای تولید نوع اول ۱ ساعت و

۱- احتمال تأمین نیاز مشخص از مخزن در طول دوره بهره‌برداری(Reservior Reliability)

Scanned with CamScanner

شکل ۲-۷ : پنجره اصلی و برنامه نویسی نرم افزار LINGO



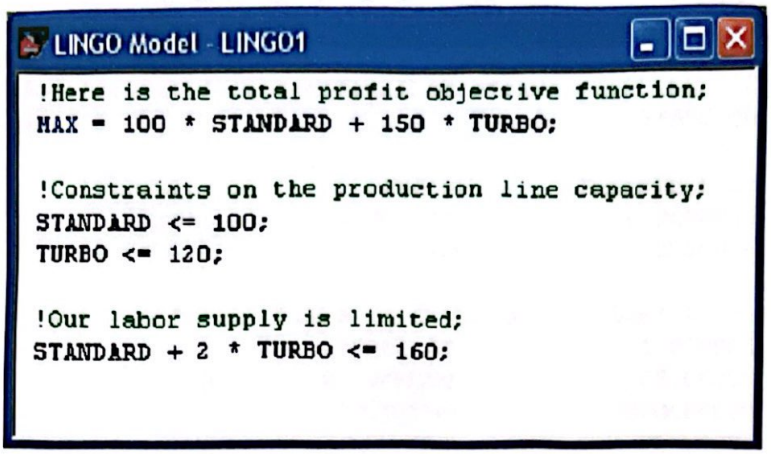
برای نوع دوم ۲ ساعت زمان نیاز باشد در حالیکه حداکثر زمان موجود روزانه ۱۶۰ ساعت نیروی نفر روز است ترکیب بهینه تولید را با هدف حداکثرسازی سود کارخانه محاسبه کنید؟ قبل از حل گام به گام مساله فوق شایان ذکر است که میتوان مسئله را برای بهینه کردن ترکیبی از دام بزرگ و کوچک با محدودیت های فنی اصول مرتعداری فورمول بندی نمود لذا تابع هدف برای هر علمی که نوشته شود اصول و قاعده ریاضی آن یکی خواهد بود.

مسئله مذکور دارای سه زیر ساختار می باشد. ۱- تابع هدف ۲- متغیر های تصمیم ۳ - قیود

پس از نوشتن مدل ریاضی بهینه سازی، پنجره برنامه نویسی مانند شکل ۲-۸ می شود.

Scanned with CamScanner

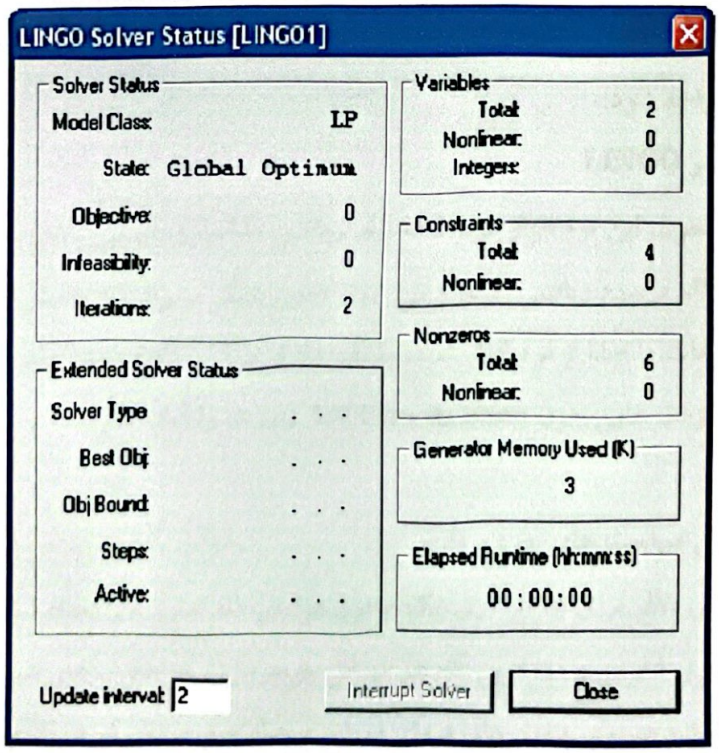
شکل ۲- ۸ : مدل ریاضی مسئله فرضی جهت بهینه سازی در LINGO



بعد از آن باید گزینه slove را از منویLINGO پنجره اصلی انتخاب کرد. در این حالت ممکن است پیغام های خطا ارسال شود. پس از رفع خطا در صورت وجود پیغام خطا، پنجره LINGO Solver Statuse ظاهر می شود .(شکل۲– ۹). پس از بستن پنجره مذکور پنجره گزارش نتایج بهینه سازی قابل دسترسی می شود.شکل (۲–۱۰)

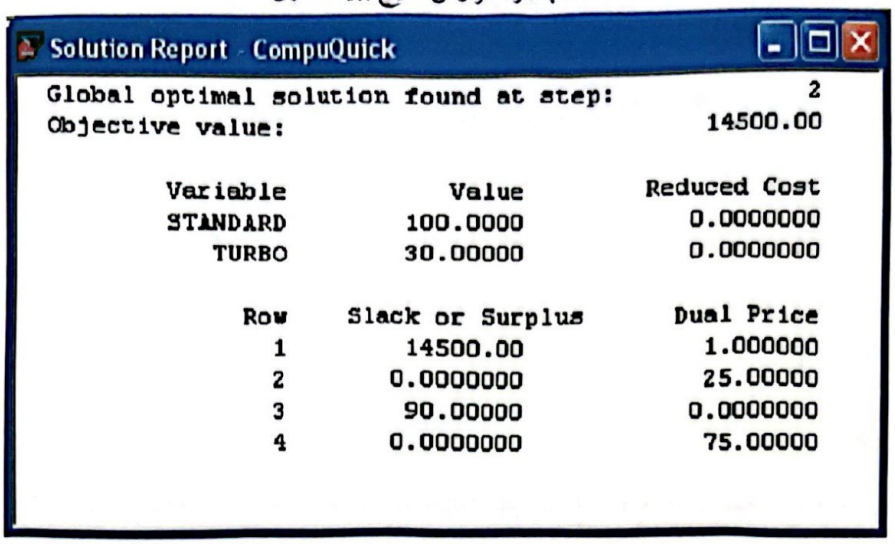
نتایج بدست آمده حاکی از آن است که سود حداکثر با ترکیب تولید ۱۰۰ و ۳۰ دستگاه به طور روزانه به ترتیب برای نوع ۱ و ۲ به میزان ۱٤٥۰۰ دلار بدست می آید.

۲-۹ : پنجره گزارش وضعیت اجرای مدل بهینه سازی



Scanned with CamScanner

۲-۱۰ : پنجره گزارش نتایج بهینه سازی


Solution Report - CompuQuick

Global optimal solution found at step: 2
Objective value: 14500.00

Variable	Value	Reduced Cost
STANDARD	100.0000	0.0000000
TURBO	30.00000	0.0000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	14500.00	1.000000
2	0.0000000	25.00000
3	90.00000	0.0000000
4	0.0000000	75.00000

- بررسی نتایج مدل:

در این خصوص می توان با بررسی مقادیر ارائه شدهDual Price - Slack or Surplus و Reduced Cost نتایج را بررسی کرد. بطوریکه از روی عدد ۷۵ زیر ستون Dual Price یا قیمت دوگانه مشخص می شود با افزایش ۱ واحد کاری، سودی معادل ۷۵ دلار به مقدار تابع هدف افزوده می شود. Slack or Surplus یا مازاد و کمبود نیز با توجه به قیود تابع تفسیر می شود. بطوریکه مقادیر منفی آن حاکی از تخطی مدل به شرایط غیر عملی می باشد. Reduced Cost یا هزینه کاسته شده در واقع ضریب تغییر تابع هدف می باشد. و ممکن است یک تفسیر آن در یک مسئله بیشینه سازی با فرض مقدار ۵ باعث افزایش ضریب تابع هدف آن متغیر به میزان ۵ واحد شود.

- زبان مدل سازی در LINGO

یکی از ویژگی های خوب این نرم افزار مربوط به زبان ریاضی مدلسازی آن می باشد. بطوریکه مسائل بهینه سازی بسیار شبیه علائم مرسوم ریاضی استفاده می شود. حسن دیگر مربوط به بخش داده ها می باشد. بطوریکه میتوان اطلاعات را جدا از نرم افزار آماده یا تغیر داد و تنها با دادن مسیر فایل در نرم افزارهای صفحه گسترده یا با فرمت هایی چون database وtext file داده ها را آماده نمود.

۲-۹- بررسی کارایی سیاست های بهره برداری

وقتی منحنی فرمان موردنظر برای بهره‌برداری یک مخزن طراحی شد هنوز کار تمام نشده است. ارزیابی سیاست‌های بهره‌برداری آخرین و مهم‌ترین گام در مسائل بهره‌برداری محسوب می‌شوند. به طوری که تصحیح و تدقیق نهایی و دوره‌ای منحنی‌های فرمان در این مرحله صورت می‌گیرد.

Scanned with CamScanner

سوال اساسی این است که وضعیت سیستم در دوره زمانی t که با متغیر تصادفی x_t تعریف می‌گردد در کدام وضعیت مطلوب (S) و یا نامطلوب (F) قرار می‌گیرد. تعریف مناسب شاخص‌های عملکردی سیستم به نوع مساله و اهداف برنامه‌ریزی بستگی دارد. Hashimoto و همکاران در سال ۱۹۸۲ اجرای سیستم‌ها را از سه دیدگاه مختلف بررسی کردند:

۱- در یک بازه زمانی مشخص، سیستم چند بار شکست می‌خورد؟ (Reliability)

۲- احتمال برگشت و ترمیم‌پذیری سیستم به حالت مطلوب پس از شکست چقدر است؟ (Resiliency)

۳- شدت شکست‌های مشاهده‌ای چقدر است؟ (Vulnerability)

در ادامه موارد فوق باختصار تشریح می‌گردد:

- اطمینان‌پذیری

قابلیت اطمینان در واقع احتمال عدم وقوع شرایط نامطلوب متناظر با ریسک خاص است.

$$\text{Reliability} = ۱ - \text{Risk} = \left(۱ - \frac{۱}{T}\right)^n = (۱-p)^n \qquad (۱۴-۲)$$

T: دوره بازگشت به سال، P: احتمال وقوع پدیده، n: حداکثر تعداد ممکن وقوع شرایط نامطلوب

لذا قابلیت اطمینان نقطه مقابل مفهوم ریسک که احتمال شکست سیستم در یک مدت مشخص است، می‌باشد.

قابلیت اطمینان در صورتی که هدف، مخازن تأمین آب و انرژی برق آبی باشد به صورت احتمال تأمین درصد معینی از نیازها در یک دوره زمانی مشخص به شکل زیر تعیین می‌گردد:

$$R_P = \text{Prob}[x_t \in s]$$

R_p: قابلیت اطمینان تأمین نیاز برای P درصد نیازها

رابطه فوق زمانی که دوره زمانی به اندازه کافی بزرگ باشد می‌تواند بازگو کننده میزان احتمال دست‌یابی به اهداف باشد.

- ترمیم‌پذیری

احتمال برگشت سیستم به شرایط مطلوب در یک دوره زمانی معین را ترمیم‌پذیری سیستم می‌نامند که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R_e = \text{Prob}\{X_{t+۱} \in S | x_t \in F\} \qquad (۱۵-۲)$$

مدیریت برداشت و بهره‌برداری از مخزن در افزایش مقدار R_e نقش به سزایی دارد.

- شدت آسیب‌پذیری

هر سیستم منابع آب به ویژه مخازن تأمین و ذخیره که با ورودی و خروجی‌های استوکاستیک ارتباط ناگزیر دارند همیشه محتمل به آسیب‌پذیری هستند. اما میزان این شکست یا شدت آسیب‌پذیری که بزرگی شکست سیستم را نشان می‌دهد معیار مناسبی جهت بررسی کارایی سیستم محسوب می‌شود. در این خصوص باید معیار خسارت تعریف شود. عموماً این شاخص برای مخازن تأمین آب و نیروگاه‌های برقابی با حجم کمبود

Scanned with CamScanner

در یک بازه زمانی تعریف می‌شود[1].

در این خصوص هاشیموتو و همکاران در سال ۱۹۸۲ شدت آسیب‌پذیری سیستم را به صورت زیر نشان دادند:

$$V = \sum_{j \in F} S_j e_j \qquad (۲-۱۶)$$

S_j: شاخص کمبود. e_j: احتمال $x_t \in F$

۲-۱۰- نتیجه گیری

انتخاب روش یا روش‌های محاسباتی در بررسی عملکرد مخازن و سنتز مصنوعی داده های جریان رودخانه بر اساس صورت مسئله، فاز مطالعات، میزان آمار و اطلاعات موجود، چگونگی مرحله توسعه سیستم حوزه آبخیز و میزان دقت مورد نیاز صورت می‌گیرد. در این خصوص مدل توماس- فایرینگ (۱۹۶۲) جهت شبیه سازی استوکاستیک جریان ماهانه رودخانه های صوفی چای(ایستگاه تازه کند) و مدل بهینه سازی تک هدفه (۲-۷) با حذف درایه ها و ترانهاده هزینه ها به همراه شبیه سازی قطعی بیلان جرمی بر اساس معادله پیوستگی (۲-۱۳) انتخاب شد. معادله مذکور با دو روش محاسبه و مقایسه شد. محاسبات در روش جدول عملیاتی به صورت دستی انجام می گیرد لذا نمی تواند شرایط مختلف متعدد را به دلیل محدودیت های محاسباتی و وقت گیر در خود لحاظ کند. در حالیکه محاسبات در روش دوم پس از نوشتن برنامه مناسب مدل ریاضی در مدل LINGO می تواند شرایط مختلف متعدد را با توجه به معادلات و نامعادلات قیود تابع هدف بررسی و مشخص نماید.

۱- شاخص سختی (Severity Index)

Scanned with CamScanner

فصل سوم:
متدولوژی

Scanned with CamScanner

فصل ۳: متدولوژی

۳-۱- مشخصات منطقه و سد مخزنی علویان

سد مخزنی علویان در ضلع شمال غربی کشور و شمال شهرستان مراغه در حوزه آبخیز صوفی چای در آذر ماه سال ۱۳۷٤ مورد بهره برداری قرار گرفته است.(نقشه ۳-۱)

هدف اصلی احداث این سد تامین نیاز آبی شهرستان و پادگان مراغه و همچنین زیر پوشش قرار دادن بالغ بر ۱۰ هزار هکتار اراضی آبیاری و باغات در حد فاصل مراغه و بناب بوده است. این سد از نوع خاکی با مغزه رسی می باشد. بارندگی سالانه آبخیز آن ۳۳۱,۲ میلیمتر با آبدهی سالانه ۱۵۷,۷ میلیون متر مکعب گزارش شده است.(جدول ۳-۱)همچنین مشخصات هندسی مخزن در شرایط اولیه از شکل (۳-۱) قابل بررسی است.

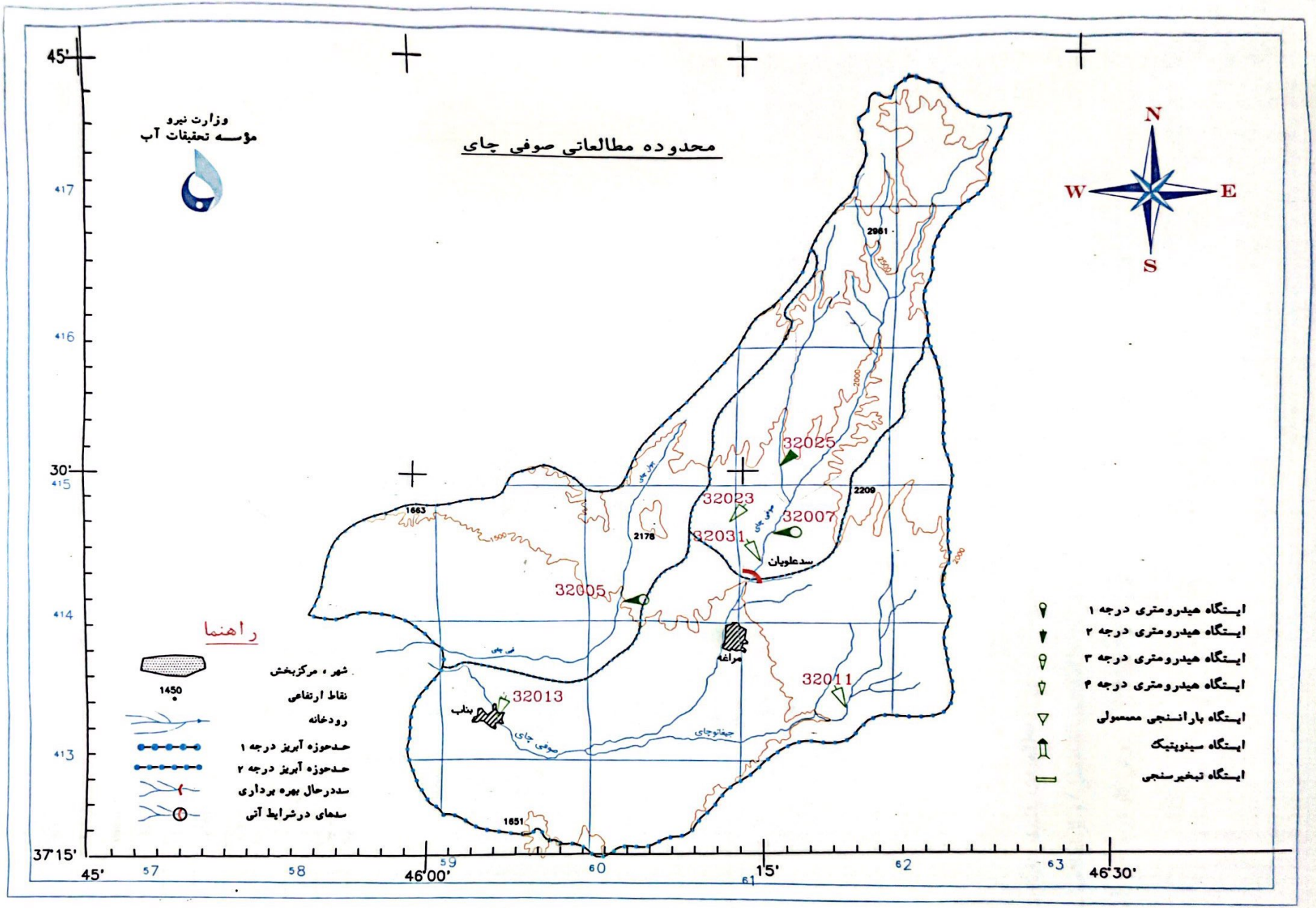
۳-۲- ایستگاه های مورد استفاده

رودخانه صوفی چای از دامنه رو به جنوب قله سهند و ارتفاعات اطراف آن سرچشمه می گیرد. جریان های سطحی این رودخانه از مجموع چشمه سارها و آبراهه های دامنه سهند و همچنین ذوب برف به وجود می آید. شاخه مهمی که به این رودخانه ملحق می شود عبارت است از شاخه فرعی دره معروف به اسپران که از طرف راست وارد رودخانه صوفی چای می‌شود. سطح حوزه رودخانه صوفی چای قبل از اتصال شاخه برابر ۱۹۱,۵ کیلومترمربع بوده و پس از اتصال این شاخه برابر ۲۳۳,۳ کیلومترمربع می باشد. رودخانه صوفی چای بعد از طی مسافتی در حدود ٤ کیلومتر از محل اتصال شاخه اسپران به ایستگاه تازه کند به مختصات ´۱٦ °٤۷ طول جغرافی و ´۲۸ °۳۷ عرض جغرافی به ورودی مخزن سد علویان می‌رسد. این ایستگاه از نوع درجه یک می باشد.

رودخانه مردق چای از دیگر منابع آب تغذیه کننده سیستم شبکه آبیاری و زهکشی صوفی چای می باشد. این رودخانه که از دامنه های جنوبی کوه سهند و ارتفاعات ازان داغ سرچشمه می گیرد در محلی به نام مردق جریان های میان جقچای را دریافت و از سمت شرق به غرب امتداد پیدا نموده و به ایستگاه هیدرومتری قشلاق امیر در خارج از آبریز مخزن سد علویان می رسد. در این نقطه مساحت حوزه آبریز آن ۳٦۰ کیلومترمربع است.(ایستگاه درجه دوم)

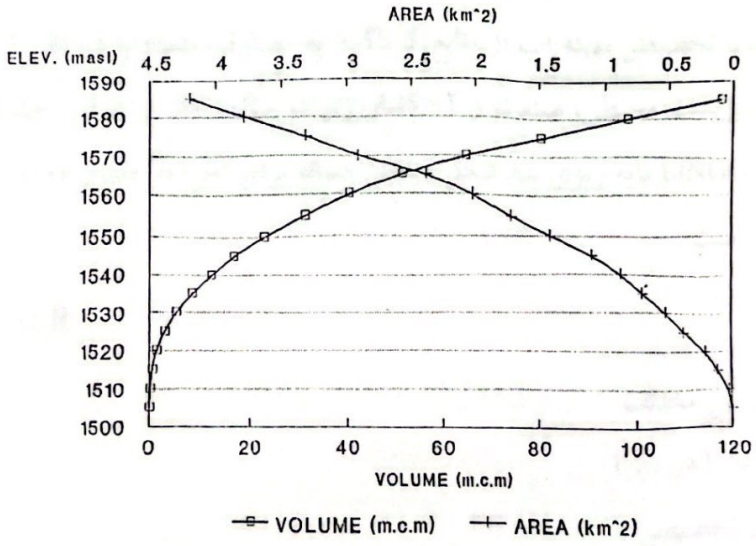
ایستگاه تبخیر سنجی مراغه نیز در ارتفاع ۱٤۵۰ متری از نوع درج سوم می باشد. موقعیت ایستگاه مذکور به مختصات ´۱٤ °٤٦ طول جغرافی و ´۲۳ °۳۷ عرض جغرافی و نزدیک مخزن سد علویان ایستگاه سوم مورد استفاده در تحقیق حاضر می باشد.

Scanned with CamScanner


وزارت نیرو
مؤسسه تحقیقات آب
محدوده مطالعاتی صوفی چای
N
W
E
S
راهنما
شهر ، مرکزبخش
نقاط ارتفاعی
رودخانه
حدحوزه آبریز درجه ۱
حدحوزه آبریز درجه ۲
سددرحال بهره برداری
سدهای درشرایط آتی
ایستگاه هیدرومتری درجه ۱
ایستگاه هیدرومتری درجه ۲
ایستگاه هیدرومتری درجه ۳
ایستگاه هیدرومتری درجه ۴
ایستگاه بارانسنجی معمولی
ایستگاه سینوپتیک
ایستگاه تبخیرسنجی
32025
32023
32007
32031
32005
32013
32011
سدعلویان
مراغه
بناب
صوفی چای
جغاتوچای
1663
2178
2209
2981
1851
1450
45'
46°00'
15'
46°30'
37°15'
30'

جدول ۳ – ۱- خلاصه مشخصات سد مخزنی علویان

مساحت آبخیز	Km^2 ۳۱۳/٦	حجم نرمال	MCM ٦۲
طول رودخانه	Km ۳۸/٤	تراز نرمال	masl ۱٥٦۸
آبدهی سالانه	MCM ۱٥۷/۷	سطح نرمال	Km^2 ۲/۷
بارندگی سالانه	mm ۳۳۱/۲	حجم غیرفعال	MCM ٥/۰
تبخیر سالانه	mm ۱۲٥۷/٥	تراز غیرفعال	masl ۱٥۳۰
درجه حرارت	C° ۱۲/۳	سطح غیرفعال	Km^2 ۰/٥
ارتفاع کل سد	m ۷۰	$Q_{p\,۱۰۰}$	Cms ۳۰۰
ارتفاع سد از پی	m ۷٦	$Q_{p\,۱۰۰۰}$	Cms ٦۱۰
طول تاج	m ۹۳٥	Q_{PMF}	Cms ۱٤۰۰
عرض تاج	m ۱۰	کیفیت آب شرب	قابل قبول
رسوب سالانه	m^3 ۳۳۸ × ۱۰^3	کیفیت آب کشاورزی	$C_۲S_۲$
		تراز تخلیه‌کننده تحتانی	masl ۱٥۲٥



شکل ۳-۱ منحنی سطح، حجم، ارتفاع مخزن سد علویان

۳-۳- روش تحقیق

به طور کلی روند مطالعات تهیه منحنی فرمان بسته به اینکه در چه مرحله ای از مطالعات باشد متفاوت است. با توجه به اینکه در تحقیق حاضر منحنی فرمان در فاز III (مرحله طراحی تفصیلی) و از اطلاعات فازI و II مطالعات مخزن سد علویان بدست آمده است (مراجع [۳۳] الی [۳۹]) روش کار در مرحله III مطالعات گام به گام تشریح می شود :

Scanned with CamScanner

۳-۳-۱- روش های محاسبه عملکرد مخزن سد علویان

۱- در این گام ابتدا داده های پایه مرحله شناسایی مخزن سد علویان شامل مشخصات هندسی مخزن سد علویان، حجم ذخیره حداقل و حداکثر مخزن، آمار تبخیر تشتک کلاس A ایستگاه قشلاق مراغه، داده های هیدرولوژیکی ایستگاه تازه کند و قشلاق امیر شامل آبدهی ماهانه (آمار آبدهی ایستگاه تازه کند در تحقیق حاضر با روش استوکاستیکی تا ۵۰ سال برابر عمر مفید مخزن شبیه سازی شد)، مقادیر رسوب سالانه به همراه روند تغییرات هندسی مخزن متناظر با توزیع رسوب گذاری و نیاز های آبی شامل نیاز شرب شهر مراغه و پادگان مراغه، نیاز آبیاری، نیاز محیط زست و نیاز صنعت برای سال های ۵ ، ۲۵ و ۵۰ سال بهره برداری تهیه و آماده شد.

۲- در این گام جهت به کارگیری داده های پایه برای محاسبات عملکرد مخزن سد علویان ، مدل مفهومی منابع و مصارف مناطق چهارگانه شبکه آبیاری اراضی حوزه آبخیز صوفی چای طراحی شد.

۳- در این مرحله جهت انتخاب و اجرای روش محاسباتی بهینه سازی و شبیه سازی منابع و مصارف مخزن سد علویان مراحل ذیل دنبال شد:

الف- تعیین تابع هدف مدل بهینه سازی حوزه آبریز صوفی چای

تابع هدف مدل جهت تخصیص بهینه آب از منابع گوناگون به مصارف متعدد با در نظر گرفتن اولویت‌های برداشت ۱ – شرب، زیست محیطی، صنعت و ۲- کشاورزی در سال نرمال بر اساس حداکثر سازی تامین مصارف در مدل LINGO.8 پایه ریزی شد.شکل ریاضی مساله برای اجرا در طول دوره زمانی (n) برنامه ریزی به شکل زیر است :

$$\max \quad z = \sum_{t=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \alpha_j R_{j,t} \qquad (۱-۳)$$

m : تعداد نیاز های آبی مختلف

R : تخصیص آبی نیاز j در ماه t

α_j: ضریب اولویت تخصیص

همچنین عملکرد مخزن سد علویان با روش جدول عملیاتی جهت مقایسه نتایج، شبیه سازی شد.

ب – تعیین قیدهای مدل

برنامه ریزی های منابع آب همواره با محدودیت های فیزیکی، فنی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، و ... همراه بوده است با این وجود عمده ترین آن محدودیت ها مربوط به ظرفیت آب قابل دسترس و در مراحل بعدی مربوط به محدودیت های فوق الذکر می باشد. در این خصوص قیود منابع آب شامل قید آب قابل دسترس و قید تامین نیاز بصورت زیر بیان شد:

Scanned with CamScanner

- قید آب قابل دسترس :

تخصیص منابع آب همواره بایستی از مقدار آب موجود کمتر باشد. همچنین این برداشت باید حداقل به اندازه ای باشد که بتواند نیاز های آبی را با درصد احتمال مورد نظر تامین کند.لذا با توجه به اهداف، مقدار آب قابل دسترس ورودی به مخزن برابر جریان متوسط درازمدت ماهانه رودخانه صوفی چای در نظرگرفته شد.در تحقیق حاضر منابع آب شامل منابع آب سطحی، زیرزمینی و آب بازگشتی است که به صورت تلفیقی مورد بهره برداری قرار می گیرد. در این خصوص منابع آب سطحی رودخانه مردق چای پس از کسر حقابه ها، منابع آب زیرزمینی منطقه در حد مجاز و آب بازگشتی درصدی از مصارف شهری با کسر از کل نیاز ماهانه تخصیص های مجاز وارد محاسبات شد.

- قید تامین نیاز :

آب تخصیص یافته برای هر یک از مصارف نباید از حد نیاز آن بیشتر باشد.درصد تامین نیاز برای مصارف شرب، صنعت و محیط زیست ۱۰۰ و برای کشاورزی بر اساس حداکثر آب موجود پس از تخصیص اولویت های ۱ تعریف شد.

٤- مدل شبیه سازی

در صورتی که منابع آب سطحی شامل آب ذخیره یک سد باشد میتوان آب ذخیره سد را بصورت کنترل شده در مواقع ضروری استفاده کرد. بطور کلی جهت شبیه سازی عملکرد مخزن با فرض برابر بودن تلفات نفوذ و بارش در هر دوره t از معادله پیوستگی بیلان جرمی به شرح ذیل استفاده شد :

(۲-۳)

$$S_{t+1} = S_t + I_t - R_t - E_t - L_t$$

$$(t = 1, \ldots, n) \quad S_{min} \le S_t \le CaP$$

$$0 \le R_t \le R_{max} \quad , \quad S_t, E_t, L_t, R_t \ge 0$$

S_t و S_{t+1}: حجم مخزن در ابتدا و انتهای دوره

I_t: ورودی به مخزن در ماه t

R_t: خروجی از مخزن در ماه t

E_t: تبخیر از مخزن در ماه t

L_t: سرریز از مخزن در ماه t

S_{min}: حداقل حجم ذخیره آب در مخزن

CaP: حجم کل ذخیره آب در مخزن

R_{max}: حداکثر خروجی حداکثر از مخزن در دوره زمانی t

Scanned with CamScanner

۵ – نیاز کنترل سیلاب

در این خصوص با کاهش تامین نیاز مصارف کشاورزی در سه ماه فصل بهار، تراز کنترل سیلابی که خللی به حجم آب تنظیمی سد وارد نیاورد برای دوره های مختلف ۵ ، ۲۵ و ۵۰ سال بهره‌برداری توسط محاسبات شبیه سازی محاسبه گردید.این نیاز تنها به منظور حفظ ایمنی سد و در حد تبدیل روند موقت سیل به روند دائم با کاهش مجاز تراز نرمال مخزن سد علویان در ماه های بحرانی می باشد.

۳-۳- ۱-۱- مقایسه نتایج مدل LINGO و جدول عملیاتی

مدل ریاضی بهینه سازی بیلان جرمی تخصیص منابع حوزه آبخیز صوفی چای و سد علویان تحت برنامه مدل سازی LINGO.8 تهیه و با نتایج شبیه سازی جدول عملیاتی مقایسه شد.

۳-۳- ۲- روش شبیه سازی جریان رودخانه صوفی چای

مدل توماس– فایرینگ (۱۹۶۲) در گروه مارکوف استوکاستیک برای سنتز داده‌های ماهانه کاربرد دارد. اساس این مدل وابستگی رخداد X_{t+1} به X_t به فاصله ماه و با حافظه محدود است.

$$Q_{i+1} = \overline{Q}_{i+1} + b_i(Q_i - \overline{Q}_i) + t_i s_{i+1}\sqrt{1-r_i^2} \qquad (۳-۳)$$

r_i و b_i به ترتیب ضریب و شیب همبستگی، t_i متغیر تصادفی استاندارد شده با توزیع یکنواخت و متوسط صفر و واریانس واحد، s_i انحراف از معیار و Q مقدار متغیر مورد نظر در زمان iام می‌باشد. حداقل داده‌های لازم در این مدل برای تخمین مناسب پارامترها ۱۲ سال توصیه شده است. علاوه بر این برای تولید داده با روش فوق باید نکات زیر رعایت شود:

۱ – تعیین احتمال رخداد (p_i) جریان ماهانه (n_i) به کل داده‌های ماهانه (N)

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

ممکن است برای n_i یک مقدار حدی بیان شود.

۲– مقادیر Q_i و S_i بر اساس مدل توماس فایرینگ برای زوج‌های متوالی ماه‌هایی که جریان اتفاق افتاده محاسبه می‌گردد. برای تولید جریان ماه‌های متوالی دو شرط زیر باید مورد توجه باشد:

– برای هر ماه i، مقدار تصادفی t که بین (۱ و ۰) به طور یکنواخت توزیع شده انتخاب می‌گردد. اگر $P_i>t>0$ باشد جریان در آن ماه اتفاق می‌افتد و در صورتیکه $t>p_i$ باشد، جریان در آن ماه اتفاق نمی‌افتد.

– اگر ماه i اولین ماه سال باشد که جریان در آن اتفاق می‌افتد، تنها از ترم تصادفی و میانگین رابطه ۳-۳ بر اساس میانگین $\overline{Q}$ و واریانس جریان همین ماه استفاده می‌شود. طبیعی است که مقدار r در این حالت برابر صفر می‌باشد.

Scanned with CamScanner

فصل چهارم:
آنالیز داده‌ها و بررسی نتایج

Scanned with CamScanner

فصل چهارم: آنالیز داده ها و بررسی نتایج

٤-١- مقدمه

در این فصل ابتدا مدل مفهومی منابع و مصارف سیستم حوزه آبخیز رودخانه صوفی چای به طور کامل تشریح و سپس اطلاعات پایه شامل آبدهی، تبخیر، رسوب، نیاز آبی و کنترل سیلاب برای دوره‌های مختلف بهره‌برداری ٥ ، ٢٥ و٥٠ سال ارائه گردید. سرانجام نتایج حاصل از آنالیز داده ها شامل ترازهای بهره‌برداری (منحنی های فرمان) در شرایط نرمال جریان ارائه و بررسی شد.

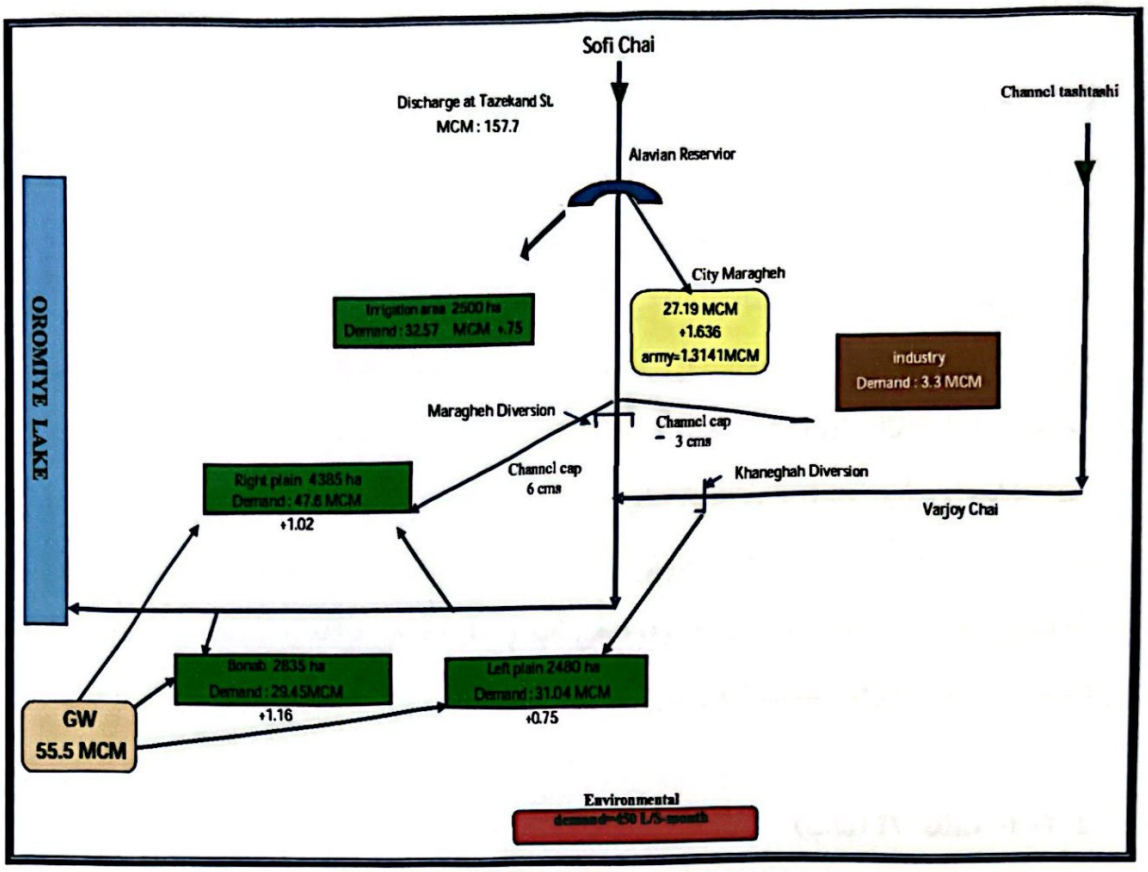
٤-٢- مدل مفهومی منابع و مصارف سیستم سد

شکل ٤-١ نمایش مفهومی منابع و مصارف سیستم سد و شبکه آبیاری و زهکشی صوفی چای را نمایش می‌دهد. همانطور که از شکل فوق مشخص است منابع آب سطحی سیستم شامل رودخانه صوفی چای، رودخانه و رجوی چای و کانال انتقال آب طشطشی که از رودخانه مردق چای آبگیری می‌کند می باشد. در این سیستم سد مخزنی علویان بر روی رودخانه صوفی چای در بالادست شهر مراغه، بند انحرافی مراغه در ٨/٥ کیلومتری پایین‌دست سد علویان و بند انحرافی خانقاه بر روی رودخانه ورجوی چای جهت تنظیم و انحراف آب به کار برده می‌شوند. بند انحرافی خانقاه به منظور آبگیری مطمئن از رودخانه مردق چای در مواقع پرآبی و امکان انتقال آب از حوضه مشرویی صوفی چای به کانال اصلی ساحل چپ شبکه آبیاری در نزدیکی قریه خانقاه احداث گردیده است. جهت انتقال آب به مزارع موجود در شبکه آبیاری و زهکشی می‌توان به دو کانال با ظرفیت ٦ cms در ساحل راست و ٣cms در ساحت چپ اشاره نمود.

منابع دیگر در منطقه شامل آب زیرزمینی(چاه، چشمه و قنوات) با ظرفیت تخلیه ٥٥/٥ (MCM) در سال و آب‌های بازگشتی می‌باشند.

مصارف تعیین شده برای سیستم شامل نیاز آبی شهر مراغه، نیاز حفظ محیط زیست، صنعت، نیاز آبی مورد نیاز اراضی آبیاری و زهکشی صوفی چای و همچنین مصارف خانگی برای مناطق چهارگانه اراضی صوفی چای می‌گردد. نیاز آبی شهر مراغه به طور مستقیم از سد تأمین می‌گردد. ضمناً نیازهای صنعت، حفظ محیط زیست و نیازهای آبیاری اراضی از آب تنظیمی سد از طریق سد انحرافی مراغه و یا بطور مستقیم از سد و همچنین به کمک آب بازگشت، پتانسیل آب زیرزمینی و نیز از آب رودخانه و ورجوی چای و مردق چای به کمک کانال انتقال طشطشی از طریق سد انحرافی خانقاه قابل تأمین می‌باشد. اراضی دشت آبیاری و زهکشی صوفی چای به چهار بخش اصلی زیر تقسیم‌بندی شدند:

Scanned with CamScanner



شکل ٤-١ مدل مفهومی منابع و مصارف سیستم سد و حوزه آبخیز رودخانه صوفی‌چای

٤-٢-١- منطقه I (اطراف شهر مراغه)

این منطقه شامل باغات و مزارع اطراف رودخانه صوفی چای و شهر مراغه می‌گردد. اراضی این منطقه توسط انهار علویان، حاضر آباد، پسته جوی، دروازه، بازار چای، امیر جمالی، قیامت آباد و نهرجوی شهری تغذیه می‌شوند. انهار علویان و حاضرآباد واقع در ساحل راست بطور مستقیم از سد به کمک یک خط لوله منشعب از لوله اصلی انتقال آب سد علویان آبگیری می‌شوند و آب مورد نیاز نهر پسته جوی واقع در ساحل چپ سد علویان از طریق خط لوله آبرسانی شهر مراغه در پایین دست سد علویان تأمین می‌گردد. انهار دروازه، بازار چای، امیر جمالی و قیامت آباد، مستقیماً در پایین دست سد علویان آبگیری شده و آب مورد نیاز اراضی زیر پوشش نهر جوی شهری و کهریز از محل بند سنتی جوی شهری تأمین می‌شود.

٤-٢-٢- منطقه II (ساحل راست)

این منطقه قسمتی از اراضی زراعتی و باغات دشت مراغه و اطراف رودخانه صوفی چای را تشکیل می‌دهد و از طریق کانال منشعب از سد انحرافی مراغه تغذیه می‌گردد. کانال مزبور از سد انحرافی مراغه شروع شده و در امتداد ساحل راست صوفی چای ادامه می‌یابد. این کانال با طولی بالغ بر ١٨ کیلومتر دارای ظرفیت انتقال ٠/٣ الی ٦ cms می‌باشد.

Scanned with CamScanner

٤-٢-٣- منطقه III (ساحل چپ)

این منطقه به صورت دشت، دامنه وسیعی را در طرفین رودخانه صوفی چای دربرگرفته است. آب مورد نیاز اراضی تحت پوشش ساحل چپ شبکه آبیاری و زهکشی صوفی چای، از سدهای انحرافی خانقاه و مراغه تأمین می‌شود. سد انحرافی خانقاه به منظور آبگیری از رودخانه ورجوی چای در مواقع پرآبی مورد استفاده واقع می‌گردد و در مواقع کم‌آبی، آب از سد انحرافی مراغه به کمک کانال انتقال سمت چپ به محل سد انحرافی خانقاه انتقال داده می‌شود. ضمناً کانال انتقال طشطشی نیز آب مازاد رودخانه مردق چای را پس از کسر حقابه‌های پایین دست به ورجوی چای هدایت می‌نماید. بدین ترتیب اراضی واقع در منطقه III یا ساحل چپ شبکه آبیاری و زهکشی صوفی چای، آب مورد نیاز خود را ابتدا از ورجوی چای و کانال طشطشی تأمین نموده و در صورت کمبود، مابقی آب از سد انحرافی مراغه به سمت سد انحرافی خانقاه هدایت شده و به طرف مصرف انتقال می‌یابد.

٤-٢-٤- منطقه IV (بناب)

این منطقه شامل دشت بناب و اراضی زراعی و باغات قراء پایین دست صوفی چای و قسمت‌هایی از باغات و مزارع زوراق و چلقائی می‌باشد. نیاز آبی این منطقه ابتدا توسط جریانات سطحی مازاد بر مصرف بالادست برآورده شده و در صورت کمبود، مابقی آن به کمک منابع آب زیرزمینی تأمین می‌گردد. همچنین مدل مفهومی آتی منابع و مصارف سد علویان تا افق ١٤٢٥ به دلیل عدم تغییر در شبکه توزیع آب تغییر نمی‌کند و تنها در میزان نیازها افزایش وجود خواهد داشت.

٤-٣- اطلاعات هواشناسی و هیدرولوژیکی

٤-٣-١- رژیم آبدهی و شبیه‌سازی استوکاستیک

با توجه به نزدیکی ایستگاه هیدرومتری تازه کند به محل سد علویان، از آمار این ایستگاه جهت برآورد میزان آبدهی محل سد استفاده شده است. به این ترتیب که برای تبدیل آبدهی ایستگاه به محل سد از نسبت سطح حوزه آبریز سد و ایستگاه تازه کند استفاده شده است. ضمناً دوره آماری به کار گرفته شده در این مطالعات مطابق جدول شماره ٤ - ١ می باشد که از ١٩ سال به ٢٤ سال گسترش داده شده است. با مشاهده جدول فوق ملاحظه می‌گردد که متوسط بلند مدت آبدهی در محل سد برابر ٤/٩٤ متر مکعب در ثانیه معادل ١٥٧/٧ میلیون متر مکعب در سال بوده و ضریب تغییرات سالانه دبی نیز برابر ٢٦ درصد می‌باشد. با دقت در توزیع ماهانه آبدهی ملاحظه می‌گردد که در حدود ٧٠ درصد جریان سالانه یعنی بالغ بر ١١٠ میلیون متر مکعب در سه ماه بهار اتفاق می‌افتد که حداکثر آن مربوط به اردیبهشت ماه می‌باشد. شکل شماره ٤-٢ نوسانات سالانه جریان در

Scanned with CamScanner

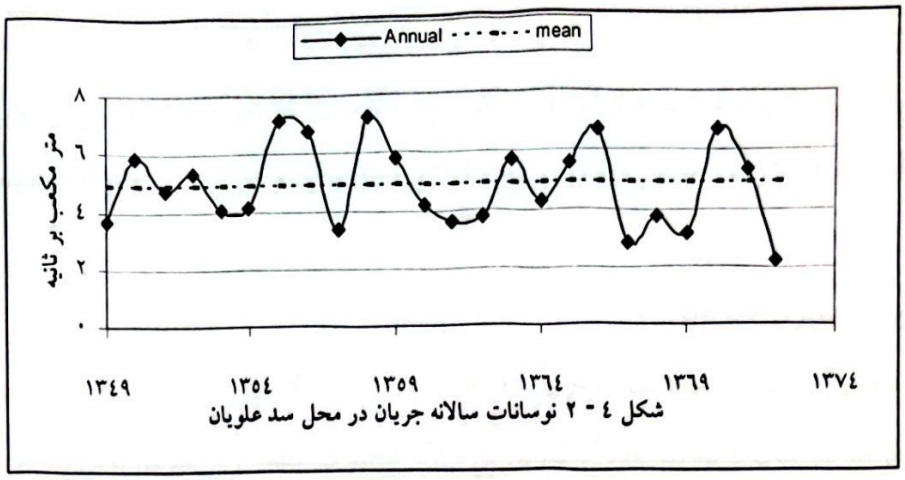
محل سد علویان را نشان می‌دهد. بررسی ضریب تغییرات حاکی از نوسان پایین جریان در منطقه می‌باشد.

رودخانه مردق چای از دیگر منابع آب سطحی تغذیه‌کننده سیستم شبکه آبیاری و زهکشی صوفی چای می‌باشد که آب آن پس از تأمین حقابه‌های پائین‌دست به کمک کانال انتقال طشطشی به سمت سد انحرافی خانقاه و از آنجا به سمت اراضی ساحل چپ و منطقه بناب دشت آبیاری و زهکشی صوفی چای هدایت می‌گردد. سری بلندمدت آبدهی رودخانه مردق چای در محل ایستگاه قشلاق امیر در جدول شماره ٤-٢ ارائه شده است.

جدول (٤-١) سری آبدهی بلندمدت در محل سد علویان پس از توسعه آمار ناقص (متر مکعب در ثانیه)

Year	Mehr	Aban.	Azar.	Dey.	Bah.	Esf.	Far.	Ord.	Kho.	Tir.	Mor.	Sha.	Annual
١٣٤٩-٥٠	١,٧٠	١,٧٥	٢,٢٦	١,١٩	١,٣٧	٢,٦٦	٧,٨٥	٨,٥١	١١,٧٢	٣,١٧	١,١٧	٠,٩٠	٣,٦٨
١٣٥٠-٥١	١,٢٧	١,٩٩	١,٩١	١,٧٩	٢,١٨	٣,٧٤	١٧,٣٧	٢,٨٣	١٣,٠١	٣,٤٥	٢,٠٧	١,١٨	٥,٩٠
١٣٥١-٥٢	١,٠٧	٢,٤٧	١,٣٨	١,٤٦	١,٦١	٢,٤٨	٥,٢٩	١٧,٧٠	١٦,٦٨	٥,٠٥	٠,١٧	٠,٩٥	٤,٦٩
١٣٥٢-٥٣	١,٠٥	١,٤٤	١,٧٧	١,٦٩	١,٥٦	٢,٦٥	١٢,٣٧	١٩,١٩	١٦,٤٥	٢,٦٧	٢,٠٨	١,٣٨	٥,٣٦
١٣٥٣-٥٤	٢,٠٦	١,٦٦	١,٧٣	١,٧٨	١,٩٧	٢,٢٩	١٢,٢٨	١١,٦٥	٩,٣٦	١,٤٣	٠,٧٩	١,١٨	٤,٠١
١٣٥٤-٥٥	١,٨٦	١,٣٨	١,٢٥	١,٥٣	١,١٨	١,١٤	٨,٤٨	١٢,٠٤	١٢,٨١	٣,٨٩	١,٥٥	١,٨٥	٤,٠٨
١٣٥٥-٥٦	٢,٣٢	١,٣٩	١,٣٥	١,٤٨	١,٥٨	٦,٢٩	١٤,٤٩	٢٧,١٤	٢١,٦٢	٦,٢٣	١,٢٠	٠,٩٢	٧,١٧
١٣٥٦-٥٧	١,١٤	١,٤٧	٢,٠٨	١,٨٢	١,٨٩	٣,٤٣	١٤,٥٦	٢٠,١٩	٢٤,٩٧	٦,٨٥	١,٨٢	١,٢٤	٦,٧٩
١٣٥٧-٥٨	١,٥٢	١,٨٤	٢,٠٠	١,٧٧	٢,٣٦	٢,٩٣	٨,٦٦	٧,٥٠	٥,٦٠	٣,٦١	١,٤٧	١,٣٦	٣,٣٨
١٣٥٨-٥٩	١,٣٨	٢,١٤	١,٩٣	١,٧٠	٢,٠٩	٢,٤٨	٢٢,٠٣	٣٥,٦٣	١٢,١٩	٢,٣٩	١,٤٤	١,٢٢	٧,٢٢
١٣٥٩-٦٠	١,٥٠	١,٧٣	١,٥٢	١,٤٧	٢,١٤	٣,٦٥	٧,٦٥	١٨,٠٢	٢٢,٧٢	٦,٠٠	١,٧٤	١,٢٤	٥,٧٨
١٣٦٠-٦١	١,٤٨	١,٨٢	١,٧٣	١,٥٢	١,٨٤	١,٨٤	١٠,٥٢	١٧,٨٥	٧,٠١	٢,٤٠	١,٢٢	١,٣١	٤,٢١
١٣٦١-٦٢	١,٩٦	١,٣٩	١,٦٠	١,٩٣	١,٤٨	١,٦١	٨,٦١	١٢,١٩	٩,٤٨	١,٢٢	٠,٧٥	٠,٧٤	٣,٥٨
١٣٦٢-٦٣	١,٧١	١,٧٧	٢,٢٩	١,٢١	١,٣٨	٢,٦٩	٧,٩٤	٨,٦٠	١١,٨٥	٣,٢١	١,٠٨	٠,٩١	٣,٧٢
١٣٦٣-٦٤	١,٢٢	١,٩٢	١,٨٤	١,٧٣	٢,١٠	٣,٦٠	١٦,٧٣	٢٠,٠٧	١٢,٥٤	٣,٣٢	١,٩٩	١,١٤	٥,٦٨
١٣٦٤-٦٥	١,٣٨	١,٣٩	١,٥٨	١,٥٩	١,٤١	١,٩١	١٠,٢٦	١٣,٠٩	١١,٦٥	٣,٧٦	١,٥٥	١,٥٠	٤,٢٦
١٣٦٥-٦٦	١,٤٥	١,٦٧	١,٧٤	١,٧٧	٢,٥١	٤,٢١	١١,٢٥	١٩,٧٩	١٢,٨٨	٣,٨٨	٣,٥٥	١,٦٤	٥,٥٣
١٣٦٦-٦٧	١,٤٣	٣,٣٢	٢,٤٤	١,٧٠	١,٥٥	٢,٣٨	١٤,٤٣	٢٦,١٦	١٧,٦٦	٧,٠٠	١,٤٣	١,٠٠	٦,٧١
١٣٦٧-٦٨	١,٦٢	١,٦٨	١,٦١	٣,٥٧	٢,٩٣	٣,٢٢	٦,٦٨	٦,٣٦	٢,٦٧	١,٤٣	١,١٦	١,٠٧	٢,٨٣
١٣٦٨-٦٩	١,٠٢	١,٥١	١,٨١	١,٠٩	١,٠٠	٢,٥٦	٦,٧٠	١٤,٣٣	٨,٤٥	٢,٠٢	٣,٠٢	١,٤٧	٣,٧٥
١٣٦٩-٧٠	٠,٩١	١,٥٨	١,٨٧	١,٦٩	١,٤٣	١,٦٤	٨,٥٦	١٠,٦١	٤,٧٥	٢,٤٤	١,٠٦	٠,٦٩	٣,١٠
١٣٧٠-٧١	١,٢١	١,٨٢	٢,٠٥	١,٣١	١,٢١	١,٣٥	١٣,٤٧	٢٦,٦٨	٢٣,٣٢	٥,٠٥	١,٠٧	١,٦٩	٦,٦٩
١٣٧١-٧٢	١,٩٤	٢,٢٧	١,٢٢	١,٤٦	٠,٧٩	٠,٧٩	١٣,٠٢	٢٠,٥٤	١٦,٥٥	٢,٣٢	١,٤٣	١,٣٢	٥,٣٠
١٣٧٢-٧٣	١,٦٨	٢,٤٣	٢,٠٥	٢,٢٢	٢,٥٤	٤,١٧	١١,٧٢	١٨,٢٠	١١,٤٤	٤,٠١	١,٣٣	١,١٠	٥,٢٤
Max:	٢,٣٢	٣,٣٢	٢,٤٤	٣,٥٧	٢,٩٣	٦,٢٩	٢٢,٠٣	٣٥,٦٣	٢٤,٩٧	٧,٠٠	٣,٥٥	١,٨٥	٧,٢٢
Min:	٠,٩١	١,٣٨	١,٢٢	١,٠٩	٠,٧٩	٠,٧٩	٥,٢٩	٦,٣٦	٢,٦٧	١,٢٢	٠,١٧	٠,٦٩	٢,٨٣
Mean:	١,٥٠	١,٨٣	١,٧٩	١,٦٩	١,٧٥	٢,٧٤	١١,٢٩	١٧,٢٠	١٣,٢٢	٣,٦٢	١,٥٠	١,٢١	٤,٩٤
St.dv:	٠,٣٥	٠,٤٤	٠,٣١	٠,٤٦	٠,٥٢	١,١٧	٣,٩٢	٧,٠٠	٥,٧٦	١,٦٣	٠,٦٩	٠,٢٩	١,٣٢
Civ:	٢٣,٦٥	٢٤,٠٨	١٧,٥٥	٢٧,٥٢	٢٩,٤٧	٤٢,٧٧	٣٤,٧١	٤٠,٦٨	٤٣,٥٨	٤٥,٢١	٤٦,٠٦	٢٣,٦٧	٢٦,٧٢
Skew:	٠,٤٦	١,٩٢	٠,٠٤	٢,٩٩	٠,٣٧	١,٠٥	٠,٨٩	٠,٦٥	٠,٣٩	٠,٦٨	١,٣٠	٠,٣٢	٠,٢٥
Prc:	٢,٥٢	٣,٠٨	٣,٠٢	٢,٣٤	٢,٩٦	٤,٦١	١٩,٠٣	٢٨,٩٩	٢٢,٢٩	٦,٠٩	٢,٥٣	٢,٠٤	١٠٠,٠٠

Scanned with CamScanner



شکل ٤ - ۲ نوسانات سالانه جریان در محل سد علویان

جدول شماره (٤-۲) سری آبدهی بلند مدت رودخانه مردق چای پس از توسعه آمار ناقص (مترمکعب در ثانیه)

Year	Mehr	Aban.	Azar.	Dey.	Bah.	Esf.	Far.	Ord.	Kho.	Tir.	Mor.	Sha.	Annual
۱۳٤۹-٥۰	۰,۸۸	۱,٤۷	۱,۷٥	۱,٦۰	۱,٦۳	۱,۹۲	٦,۹۲	٦,۹۱	۲,۲٥	۰,۱٤	۰,۰٥	۰,۰٥	۲,۱۳
۱۳٥۰-٥۱	۱,۳۸	۳,۸٤	۳,۱٦	۳,۲٤	۲,۲۲	۲,۸۰	۸,۰۳	۱۳,٥٥	۲,٥۳	۰,۰٦	۰,۰۹	۰,۲٥	۳,٤۳
۱۳٥۱-٥۲	۲,۹۱	۳,۸۳	۳,۱٥	۳,۲۳	۲,۲۱	۲,۷۹	۸,۰۱	۱۳,٥۱	۲,٥۲	۰,۰٦	۰,۰۹	۰,۲٥	۳,٥٥
۱۳٥۲-٥۳	۱,۳۸	۳,۸۳	۳,۱٥	۳,۲۳	۲,۲۱	۲,۷۹	۸,۰۱	۱۳,٥۱	۲,٥۲	۰,۰٦	۰,۰۹	۰,۲٥	۳,٤۲
۱۳٥۳-٥٤	۱,۱٦	۱,٥۹	۲,۲۷	۲,۲۰	۳,۰٥	۲,۷۱	٦,٥٤	۷,۳۷	۱,۸۲	۰,۰٤	۰,۰٦	۰,۲۱	۲,٤٤
۱۳٥٤-٥٥	۱,۳۹	۲,۳۰	۲,۱۹	۱,۸٦	۱,۹۷	۲,۳۰	۹,۹۲	۱۲,۲۹	٤,۳۱	۰,۱۲	۰,۰٦	۰,۰٥	۳,۲۳
۱۳٥٥-٥٦	۱,۳۳	۲,۱٦	۲,۲۰	۲,۱٦	۲,٤۲	٦,۸۱	٦,۰۰	۸,۲٦	۳,۸۱	۰,۰٤	۰,۰۳	۰,۱۳	۲,۹٥
۱۳٥٦-٥۷	۰,۹۷	۲,۱۱	۲,۰۸	۲,٤۰	۲,۷٦	۳,۳۹	۸,۱۰	۹,۰۲	٤,۱۰	۰,۲۸	۰,۰٦	۰,۰۸	۲,۹٥
۱۳٥۷-٥۸	۱,۰۰	۲,۱۱	۲,۹۷	۲,٤٥	۲,۸۲	۳,۱۹	۷,۸٥	۷,۲٥	۱,٦۰	۰,۱۷	۰,۰٥	۰,۱۱	۲,٦۳
۱۳٥۸-٥۹	۱,٤۲	۳,۰۱	۲,۲۳	۲,۰۸	۲,۰٦	۳,۰٦	۱۳,۸٦	۸,۳٥	۱,۸۰	۰,۲۰	۰,۰٦	۰,۰٥	۳,۱۸
۱۳٥۹-٦۰	۱,۲۰	۲,٥۰	۲,٤۳	۲,۲۷	۲,۲۷	۳,۹۰	۱۰,۸٤	۱۲,۸۹	٥,۹۱	۰,٥۸	۰,۱۲	۰,۱۰	۳,۷٥
۱۳٦۰-٦۱	۱,٦٦	۲,۲۷	۲,٤٥	۲,۳۷	۲,۷۱	۲,٥۹	۷,٤۸	۱۰,٦۳	۱,۰٦	۰,۱۲	۰,۰٥	۰,۰٥	۲,۷۹
۱۳٦۱-٦۲	۱,۸۲	۲,۲۰	۲,۲٥	۲,۰۹	۲,۰۰	۲,۳۹	۷,۰۸	۷,٥۰	۳,۱۸	۰,۱٦	۰,۰۷	۰,۰۸	۲,٥۷
۱۳٦۲-٦۳	۰,۸۱	۱,۳۰	۲,٥۰	۱,۸۸	۱,۹٦	۲,۷۹	٦,۰۹	٤,۸۳	۲,٤۳	۰,۱۰	۰,۰٦	۰,۰٥	۲,۰۷
۱۳٦۳-٦٤	۰,٥۹	۲,۳۷	۲,٦۲	۱,٦۰	۲,۰۱	۲,۸۱	۱۱,۱۳	۱۰,٥٦	۳,۳٥	۰,۲٦	۰,۱٥	۰,۰۹	۳,۱۳
۱۳٦٤-٦٥	۰,۹٥	۱,٥۹	۱,۹۰	۱,۷۳	۲,۷۷	۲,۰۸	۷,٥۲	۷,٥۱	۲,٤٥	۰,۱٥	۰,۰٥	۰,۰٥	۲,۳۱
۱۳٦٥-٦٦	۰,۷٤	۱,٥٤	۱,۸٤	۱,۹۲	۲,۲٦	۲,۲۹	٦,۹۳	۱۰,۸٦	۱,۸۸	۰,۰۹	۰,۰٦	۰,۰۳	۲,٥٤
۱۳٦٦-٦۷	۰,۹۰	۲,۰۷	۱,۸۸	۱,۹٦	۱,۸۷	۳,۱۸	۱۰,٥۷	۱۹,۷۹	٤,۸٥	۱,٥٦	۰,۲٥	۰,۲۸	٤,۱۰
۱۳٦۷-٦۸	۰,۹۳	۱,٦۲	۱,۹۲	۲,۲٤	۲,۰۳	۲,۲٥	۳,۷۸	۱,٤٥	۰,۰۸	۰,۰٥	۰,۰٤	۰,۰۳	۱,۳۷
۱۳٦۸-٦۹	۰,۳۳	۱,٦٤	۱,٦٥	۱,۸۱	۱,۸۱	۱,۸۷	٥,۲٥	٤,۷۱	۰,٥۳	۰,۰٦	۰,۰٤	۰,۰۳	۱,٦٤
۱۳٦۹-۷۰	۰,٤۰	۱,۳۹	۱,٥۹	۲,۳۰	۲,۲٥	۲,٦۲	٦,۷۰	۳,٤۲	۰,۱۰	۰,۰۸	۰,۰۳	۰,۰۱	۱,۷٤
۱۳۷۰-۷۱	۰,٥۳	۱,۰۹	۱,٤۷	۱,۱۸	۱,۱۷	۱,٥۳	٥,۸۳	۱۸,۲۱	۲۲,٥۲	۳,۰٦	۰,۱٤	۰,۱۱	٤,۷٤
۱۳۷۱-۷۲	۰,۷۲	۱,٥۷	۱,٤٥	۱,۳٥	۱,٤٤	۲,٦٦	۱۰,٤۳	۱۷,۹۷	۸,٤۸	۳,۷۰	۰,۱٥	۰,۱۲	۳,۹۲
۱۳۷۲-۷۳	۱,۳۷	۳,۸۱	۳,۱٤	۳,۲۲	۲,۲۰	۲,۷۸	۷,۹۷	۱۳,٤٥	۲,٥۱	۰,۰٦	۰,۰۹	۰,۲٥	۳,٤۰
۱۳۷۳-۷٤	۲,۸۱	۱,٤۲	۲,۰۸	۱,۸۰	۱,۰۷	۱,۹٤	۷,۹۳	۸,۸۲	٤,۲۷	۰,٤۱	۰,۱۷	۰,٥۲	۲,۷۷
Max:	۲,۹۱	۳,۸٤	۳,۱٦	۳,۲٤	۳,۰٥	٦,۸۱	۱۳,۸٦	۱۹,۷۹	۲۲,٥۲	۳,۰٦	۰,۲٥	۰,٥۲	٤,۷٤
Min:	۰,۳۳	۱,۰۹	۱,٤٥	۱,۱۸	۱,۰۷	۱,٥۳	۳,۷۸	۱,٤٥	۰,۰۸	۰,۰٤	۰,۰۳	۰,۰۱	۱,۳۷
Mean:	۱,۱۸	۲,۱۹	۲,۲٥	۲,۱۸	۲,۰۹	۲,۷۸	۷,۹٥	۱۰,۱۰	۳,٦۳	۰,۳٤	۰,۰۸	۰,۱۳	۲,۹۱
St.dv:	۰,٦۲	۰,۸٤	۰,٥۳	۰,٥٦	۰,٤٦	۰,۹۷	۲,۱۳	٤,٥۰	٤,۲٦	۰,٦٤	۰,۰٥	۰,۱۱	۰,۷۹
Civ:	٥۲,۱٤	۳۸,۲۷	۲۳,۲٦	۲٥,۷٥	۲۲,۱٥	۳٤,۹۷	۲٦,۸۱	٤٤,٥٤	۱۱۷,۱٥	۱۸٥,۳٤	٦۰,۹۸	۸۸,۹۰	۲۷,۰٥
Skew:	۱,٥۳	۱,۰٦	۰,٤٦	۰,٦٤	-۰,۱۷	۳,۱۰	۰,۸٤	۰,۳۷	۳,۹۳	۳,۷٦	۱,۷۳	۱,۸۸	۰,۱۲
Prc:	۳,۳۹	٦,۲٦	٦,٤٥	٦,۲٤	٥,۹۸	۷,۹٦	۲۲,۷۷	۲۸,۹٤	۱,٤۱	۳,۹۹	۰,۲٤	۰,۳۷	۱۰۰,۰۰

Scanned with CamScanner

جهت سنتز جریان مصنوعی، شبیه‌سازی استوکاستیک با سری بلندمدت آبدهی در دوره شاخص به روش زنجیره مارکوف با توزیع نرمال صورت گرفت. و از این میان یک سری بلندمدت شاخص پنجاه ساله برای محل سد و رودخانه مردق چای در ایستگاه قشلاق امیر مطابق جداول شماره ٤-٣ و ٤-٤ تولید و در محاسبات مورد استفاده واقع گردید.

٤-٣-٢- تبخیر از مخزن علویان

مقادیر تبخیر از سطح آزاد آب در محل سد مخزنی علویان بر اساس ایستگاه تبخیرسنجی قشلاق مراغه و فرمول پنمن برابر ١٢٥٧/٥ میلی‌متر در سال به دست آمده است. توزیع ماهانه تبخیر از سطح آزاد آب در محل سد در جدول شماره ٤-٥ ارائه شده است. با مشاهده جدول فوق ملاحظه می‌گردد ماگزیمم تبخیر در تیرماه و مینیمم آن در دی ماه اتفاق افتاده و بالغ بر ٤٥ درصد تبخیر در ماه‌های خرداد الی مرداد روی می‌دهند. در رابطه پن من که جهت برآورد تبخیر در مخازن کوچک بدست آمده عواملی چون سرعت باد، فشار بخار اشباع و واقعی در نظر گرفته می شود. تبخیر از تشتک‌ها همواره بیش از مخازن است و برای تشتک کلاس A ضریب اصلاحی به کمک رابطه زیر مقدور می‌شود:

$$E = ٠/٧ \left[E_p \pm ٠/٠٠٠٦٤ p \alpha_p (٠/٣٧ + ٠/٠٠٢٥٥ V_p) \left|T_o - T_a\right|^{٠/٨٨}\right] \qquad (١-٤)$$

در معادله بالا اگر $T_o > T_a$ علامت بعد از E_p مثبت و اگر $T_o < T_a$ علامت منفی می‌شود.

E_P: تبخیر از تشتک $\left(\frac{mm}{day}\right)$

P: فشار (mb)

V_p: سرعت باد روی تشتک در ارتفاع ٠/١٥ متری $\left(\frac{km}{h}\right)$

T_o , T_a: دمای آب و دمای هوا (C^o)

α_p مربوط به اثر نسبی انتقال انرژی در تبخیر می‌باشد و یک تقریب قابل قبول از آن بوسیله رابطه زیر امکان‌پذیر است:

$$\alpha_p = ٠/٣٤ + \%١١٧ T_o - ٣/٥ \times ١٠^{-٧} (T_o + ١٧/٨)^٢ + \%١٣٥ (V_p)^{٠/٣٦} \qquad (٢-٤)$$

٤-٣-٣- رسوب

جریان آب در رودخانه همواره توام با فرسایش و حمل رسوب است. احداث سد در یک نقطه موجب از بین رفتن تعادل هیدرودینامیکی جریان شده و رسوب‌گذاری را به دنبال خواهد داشت. به طور کلی فرسایش خاک به عنوان بخشی از پروسه تکامل اکوسیستم‌ها همواره وجود داشته است. فرسایش خاک از یک سو موجب از دست رفتن خاک در یک نقطه و انباشته شده آن در یک نقطه دیگر می‌گردد. فرسایش تشدید شده و حمل مواد رسوبی توسط جریان‌های سطحی خطر بزرگی است که همواره تأسیسات آبی را تهدید می‌کند و به خصوص موجب پر شدن مخازن سدها و کاهش عمر مفید و اقتصادی آنها می‌گردد.

Scanned with CamScanner

جدول شماره (٤-٣) سری بلند مدت آبدهی ساخته شده در محل سد علویان (متر مکعب در ثانیه)

Row	Mehr	Aban.	Azar.	Dey.	Bah.	Esf.	Far.	Ord.	Kho.	Tir.	Mor.	Sha.
١	١,١٦	١,٧٠	١,٩٠	٢,٣٣	٢,٧٧	٥,٩٨	١٢,٠٩	٢١,٩٨	١٤,٠٢	٤,١٠	١,١٦	٠,٨٥
٢	١,٩٥	٢,٥١	٢,١٥	١,٦٢	١,٩٨	٣,٧٨	١٥,١٤	١٩,٨١	١١,٣٧	٣,١٦	٢,٠٨	٢,٠٤
٣	١,٥٨	٠,٩٢	١,١٠	١,٠٥	٠,٦٥	٠,٣٦	١٤,٧٤	١٧,٤٥	١٣,٠٤	٣,٥١	٢,٠٠	١,٦٥
٤	١,١٠	٢,٠٦	١,٤٣	٢,٦٧	٣,٣٧	٥,٩٨	١٥,٠٢	١٧,٠١	٢١,٥١	٥,٤٤	١,٦٥	١,٣٠
٥	١,٥٩	٢,٣٤	١,٥٤	٢,٧٢	٣,١٧	٦,٥١	١٧,٩٠	٢٢,٤٢	١٤,٠٣	٤,٧٧	٠,٣٦	٠,٥٣
٦	١,١١	١,٥٦	١,٣٦	١,١٣	٠,٩٢	١,٤٦	٩,٥٤	٨,٠٨	١٣,٨٧	٣,٣٠	١,٥٩	١,٣٢
٧	١,٧٩	٢,٩٧	٢,٣٤	٢,٤٧	٢,٦٩	٣,٨٣	٩,٠٣	١٤,٧١	١١,٨٤	٢,٨٤	٢,٠٣	١,٧١
٨	١,١٩	١,٨١	١,٧٨	١,٦٤	١,٣٣	٠,٧٢	١٥,٢٩	٢١,٨٢	١٣,٨٥	٤,٨٣	١,٠٧	٠,٦٩
٩	١,٩٠	١,٧٤	١,٨٥	٢,١٨	٢,٦٨	٤,٦٨	١٢,٣٨	١٥,٣٠	١٢,٣٢	٣,٩٦	٢,٧٧	١,٦١
١٠	١,٣٩	٢,٦٣	٢,٥٠	١,١٦	٠,٧٦	١,٨٩	١٦,٣١	٢١,٠٣	١٣,٧٥	٣,٣٩	١,١٠	٠,٧٩
١١	١,٥٦	٢,٢٠	٢,٠٦	١,٩٧	١,٨٢	١,٦٣	٩,٩٢	١٧,٦٨	١٢,٩٨	٣,٢٠	٠,٨٩	١,٠٦
١٢	١,٨١	١,٥٥	١,٦٣	١,٥٩	١,٣٧	١,٤٩	١٠,٠٠	١٥,٦٢	١٣,٨٩	٣,٣٨	٢,١٨	١,٢٤
١٣	٢,١٧	٠,٨٣	١,٨١	١,٧٧	٢,١٤	٣,٦٠	٧,١٦	١٤,٦١	٢٢,١٨	٦,٠٧	٣,٠١	٢,٢٣
١٤	١,٢٤	١,٦٩	١,٧٢	١,٥٦	١,٦٥	٢,٨٤	٦,٧٤	١١,١٤	١٠,٢٢	٣,١٧	١,٣٠	١,٤٧
١٥	١,١٠	١,٨٢	١,٦٧	١,٣٤	٠,٩٢	٢,١٦	٦,٦١	٩,٧١	١٣,٦٥	٣,٦٤	٠,٠٠	٠,٢١
١٦	١,٧٧	١,٨٢	١,٥٢	١,٠٢	٠,٨٤	١,٠٩	١٧,٣٤	١٩,٨٤	١٨,٠٠	٦,٠٠	٠,٢٨	٠,٥٦
١٧	٠,٩٢	١,٥٤	١,٤٤	١,٤٨	١,٢٨	١,٩٧	١٥,٦٩	١٩,٤٥	١٤,٣٣	٢,٩٦	١,٦٦	١,١٨
١٨	١,٢١	٢,٨٥	٢,١٥	١,١٢	٠,٦٩	٠,٠٠	٣,٦٠	٩,٢٦	١٢,١٦	٢,٥٢	٢,١٦	١,٩٨
١٩	١,٣٦	٠,٨٤	١,١٦	٢,٠٠	٢,٨٢	٥,٩٤	١٦,٧٤	٢١,٥٢	١٥,٤٢	٣,٩٢	١,٨٤	١,٥٥
٢٠	١,٤٤	٢,١٥	١,٩٢	١,٨٢	١,٨٩	٣,٤٤	١٠,٩٣	٢٣,٧٦	٩,٧٨	١,٩١	١,٣٦	١,٢٨
٢١	١,٤٦	٢,٣١	١,٨٩	٠,٧٣	٠,٢٧	٠,٩٢	٠,٠٥	١١,٦١	١٤,٨١	٣,٩٩	٠,٨٧	٠,٨٣
٢٢	١,٦٧	١,٩٢	٢,١٣	١,٨٨	٢,٣٤	٤,٣٦	١١,٠١	٢١,٢٦	١٣,٢٨	٣,١٧	١,٦٩	١,٤٢
٢٣	١,٣٧	١,٦٤	١,٥٢	١,٩٦	١,٨٢	٤,٠٣	٩,٠٦	١٦,٧٥	٨,٤٦	٣,٠٩	١,٨٨	١,٣٧
٢٤	٠,٦٥	١,٦٢	١,٣٩	١,٧٢	٢,٠٣	٣,١٨	٦,١٦	١١,٧١	١٩,٣٥	٥,٦٧	٠,٨٥	١,٢٥
٢٥	١,٥٠	١,٨٦	١,٧٨	١,٥٥	١,٢٦	١,٢٣	١٢,٨١	١٨,٨٣	٢,٨٤	٠,٠٠	٢,٥٧	٢,٢١
٢٦	١,٣٦	٢,٢٤	١,٨٨	١,٩٢	٢,٣٧	٣,٧٣	١٠,٤٦	١٥,٨٨	١١,٩٢	٣,٠٦	٠,٥٣	١,٠٠
٢٧	١,٦٨	١,٨٨	١,٧٦	٢,٢٦	٢,٣٧	٤,٦٥	٤,٠٩	١٥,١٦	٧,٠٧	٢,٠٤	١,٤٢	٠,٩٠
٢٨	١,٠٦	٢,٤٢	١,٨٠	١,٩٨	٢,٤٤	٣,٢٨	١١,١٣	١٧,٨٣	١٦,٠٨	٤,٠٩	١,٩٧	١,٥٧
٢٩	١,٦٣	٢,٠١	٢,٥٤	١,٤٣	١,٣٤	١,٤٩	١١,٦٤	١٣,٦٠	١٣,٨٢	٢,٦٨	٠,٧٩	٠,٧٠
٣٠	٠,٩٨	١,٩٠	١,٦٦	١,٢١	١,٠٣	١,٦٢	١٣,٧٣	١٠,٣٨	١١,٠١	٢,٣٨	٠,٧٣	٠,٨٥
٣١	٢,٢٨	٢,٠١	٢,١٤	١,٤٤	١,٣٢	١,٩٨	١٠,٠٩	١٨,٩١	١١,٦٠	٢,٤٣	٠,٤٦	٠,٧٦
٣٢	٢,٢١	١,٨١	١,٩٧	١,٧٦	١,٧٦	٢,٨٠	١١,٥٣	٢٠,٠٠	٧,١٥	١,٠٧	١,٣٧	١,٠٨
٣٣	٢,٠٢	١,٧٥	٢,٦٧	٠,٩٨	٠,٩٣	٠,١٢	٩,٨٦	١٠,٩٩	١٠,٢٢	١,١٨	٠,٨٣	٠,٨٨
٣٤	١,٦٩	١,٧٤	١,٩٢	١,١٤	٠,٥٥	٠,٥٥	٧,٨٣	٩,١٦	١٤,٩٤	٤,١١	٢,٣٢	١,٥٧
٣٥	٠,٨٤	١,٢٨	٢,٠١	٢,٤٤	٢,٧٨	٥,١٥	١٦,٥٦	٢٤,٣٨	١٧,٨١	٥,٩١	١,٧٥	١,٤٩
٣٦	١,٤٣	١,٣٧	١,٩٩	٢,٠٠	٢,٣٥	٤,٥٠	٨,٤١	١٥,٦٨	١٠,٣٣	١,٧٣	٢,٥٢	١,٧٩
٣٧	٠,٩٠	١,٨٩	١,٥٤	١,٦٩	٢,١٣	٣,٣٣	١٣,٣٠	١٨,٠١	٤,١٨	٠,٢٥	٢,٠٧	١,٣٩
٣٨	١,١٠	١,٩٣	٢,٢٣	١,٧٦	١,٨٣	٢,٩٧	١١,٠٨	١٧,٧١	١٣,٢٧	٣,٤٣	١,١٦	١,١٢
٣٩	٠,٦٥	١,٧٥	١,٤٥	١,٨٩	٢,٢٣	٣,٥٠	١٩,٤٩	٢٢,٥٥	١٣,٢٣	٣,٠١	٢,٤٦	١,٦٩
٤٠	١,٨٨	١,٣٣	١,٧١	١,٧٦	٢,١٤	٤,٥٩	١٤,٢٨	١٩,٤٣	١٧,١٧	٤,٧٨	١,٣٣	١,٢٩
٤١	١,٥٧	٢,٤٤	٢,٤٥	١,٣٥	٠,٨٥	٠,٤٦	١٠,٩٨	٢٤,٣٠	١٢,١٤	٥,٣٤	١,١٨	٠,٦٥
٤٢	١,٦٧	١,٣٩	١,٥٣	١,٧٣	١,٦١	٢,٨٤	١,٧٩	١٤,٩٥	١١,٠٤	٣,٠٨	٢,٠٥	١,٥٨
٤٣	١,٧٧	٢,٠٦	١,٩٨	١,٥٧	١,٩٤	٢,٠٠	١٧,٢٦	٢١,٩٩	١٠,٣٥	١,٦٤	١,٣١	١,١٥
٤٤	١,٣٩	١,٤٠	١,٤٩	١,٠١	٠,٥٢	١,١٦	١١,٠١	١٩,٤٤	١٨,٣٩	٤,٨٩	١,٨٠	١,٧٤
٤٥	١,٥٠	١,٨٠	١,٥٦	١,٧٥	١,٣٣	٠,٩٠	١٣,٤١	١٤,٢٤	٩,٦٠	٢,٢٤	١,٣٨	١,١٦
٤٦	٠,٨١	١,٦٦	١,٦٤	١,٣٥	١,٢٤	٢,٧٤	١١,٣٧	١٣,٣٦	٩,٠٣	٢,٢٤	٠,٨٩	٠,٧١
٤٧	١,٩٢	١,٨٨	١,٩٦	١,٦٤	١,٨٨	٤,٤٩	١١,٣٢	١٧,٢٢	١٨,٨٦	٥,١١	١,٧٧	١,٢٦
٤٨	١,٢١	١,٩٣	١,٥١	١,٦٥	١,٦٣	١,٨٤	١١,٩٠	١٧,٩٧	١٤,٣٦	٤,٤٦	١,٢٤	١,٠٢
٤٩	١,٧٥	١,٢٨	٢,٠٥	١,٦٣	٢,٤٤	٤,١٠	١٣,٤٠	٢١,٦٦	١٦,٨٧	٦,٠٥	٠,٨١	١,١١
٥٠	١,٧٥	١,١٥	١,٧٢	٣,١١	٤,٠٨	٧,٢٢	١٤,٥٧	١٧,٣٠	١٥,٧٢	٥,٠٩	٢,٥١	١,٨٠
Mean:	١,٣٢	١,٨٤	١,٨٢	١,٧٠	١,٧٧	٢,٩٠	١١,٦٢	١٧,٠٩	١٣,١٥	٣,٤٩	١,٥٠	١,٢٥
Max:	٢,٢٨	٢,٩٧	٢,٦٧	٣,١١	٤,٠٨	٧,٢٢	١٩,٤٩	٢٤,٣٦	٢٢,١٨	٦,٠٧	٣,٠١	٢,٢٣
Min:	٠,١٣	٠,٨٣	١,١٠	٠,٧٣	٠,٢٧	٠,٠٠	٠,٠٥	٧,٠٨	٢,٨٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٢١
Std:	٠,٤٧	٠,٤٧	٠,٣٤	٠,٤٨	٠,٨١	١,٧٨	٣,٨٦	٤,٢٤	٣,٨٤	١,٤٦	٠,٦٨	٠,٤٥

Scanned with CamScanner

جدول (٤-٤) سری بلندمدت آمار آبدهی ساخته شده در محل ایستگاه هیدرومتری قشلاق امیر (متر مکعب در ثانیه)

Row	Mehr	Aban.	Azar.	Dey.	Bah.	Esf.	Far.	Ord.	Kho.	Tir.	Mor.	Sha.
١	٠,٨٠	١,٣٧	٢,١٣	٢,٤٣	٢,٤٠	٤,٣٤	٨,١٤	١٤,٥٠	٤,٠٢	٠,٤٢	٠,١٧	٠,٣٩
٢	١,٨٠	٣,٣٣	٣,٢٦	٢,٨٣	٣,٢٦	٤,٤٧	١٠,٣٩	١١,٣٢	٢,٠٧	٠,٢٧	٠,٠١	٠,٠٥
٣	١,٣٢	١,٠٢	١,٠٣	١,٠١	٠,٥٦	٠,٩٦	٩,٩٣	٨,٩٨	٣,٣٧	٠,٣١	٠,٠٦	٠,١٠
٤	٠,٨٢	٢,٣٦	١,٩٨	٢,٤٨	٢,٥٣	٣,٤٤	٩,٥٦	٨,١٦	٩,٥٣	٠,٥٣	٠,٣٤	٠,٩٩
٥	٢,٠٣	٣,١٢	٢,٦٢	٢,٩٤	٢,٧٩	٤,٥٣	١١,٣٩	١٢,٦٠	٣,٨٠	٠,٥٧	٠,٣٣	١,٠١
٦	١,٤٤	١,٨٧	١,٧٢	١,٥٢	١,٣٣	٢,٢٨	٧,٠٩	١,٦٣	٤,٤٦	٠,٢٦	٠,٠٠	٠,٠٠
٧	١,٣٨	٣,٨٠	٣,٦٣	٣,٥٢	٣,٤٣	٣,٤٩	٦,٦٢	٨,٤٦	٢,٧٨	٠,٢٠	٠,٠٠	٠,٠٠
٨	٠,٨٤	٢,٠٣	٢,١١	٢,٠٦	١,٥٩	١,١٤	١٠,٢١	١٣,١٨	٣,٨٠	٠,٦٠	٠,٤١	١,١٥
٩	٢,٣٩	٢,٤٦	٢,٥٨	٢,٦٥	٢,٨٣	٣,٧١	٨,٤١	٧,٦٧	٢,٩٨	٠,٤٥	٠,٢٩	٠,٧٠
١٠	١,٦٣	٣,٣٨	٣,٥٥	٢,٨١	٢,٧٥	٤,٢٨	١١,٤١	١٢,٢٤	٣,٧٤	٠,٢٥	٠,٠٠	٠,٠٠
١١	١,٠٦	٢,٦٥	٢,٧٣	٢,٦٥	٢,٢٨	١,٨١	٧,١٤	١١,١٢	٣,٤٩	٠,٢٤	٠,٠٠	٠,٠٠
١٢	١,٣٦	١,٨٩	١,٩٨	١,٩٤	١,٥٧	١,٧٧	٧,٢٠	٩,٠١	٤,٢٢	٠,٢٧	٠,٠١	٠,٠٠
١٣	١,٧٥	١,٠٩	١,٧٥	١,٨٩	٢,٠١	٢,٨٣	٧,٤٣	٩,٠٤	١٠,٤٠	٠,٦٩	٠,٦٢	١,٩٧
١٤	٢,٦٧	٢,٤١	٢,٤٤	٢,٢٤	٢,٢٧	٣,٢٢	٥,٤٥	٥,٨٣	١,٨٠	٠,٣٥	٠,٠٨	٠,٢٦
١٥	٠,٩٣	٢,٠٦	٢,٠٤	١,٨٦	١,٤٠	٢,٩٩	٥,٤٧	٤,٤٧	٤,٢٦	٠,٣٦	٠,٠٣	٠,٠٠
١٦	١,١٩	٢,٢١	٢,٠٣	١,٦٨	١,٦٣	٢,٣٥	١١,٦٤	١٠,٤٧	٦,٨٣	٠,٧٧	٠,٥٩	١,٨٩
١٧	٢,٠٣	٢,٠٢	١,٩٢	١,٨٣	١,٥٢	٢,٣٢	١٠,٥٠	١٠,٦٤	٤,٢١	٠,١٢	٠,٠٠	٠,٠٠
١٨	٠,٧٧	٣,٤٠	٣,١٧	٢,٥٢	٢,٣٦	٢,٢٢	٣,٩٩	٥,٣٣	٣,٤٠	٠,١٣	٠,٠٠	٠,٠٠
١٩	١,٠٤	٠,٨١	٠,٩٤	١,٤٤	١,٧٧	٣,٦١	١٠,٦٠	١٢,٠٩	٤,٨٨	٠,٣٢	٠,٠٧	١,١٤
٢٠	١,١٨	٢,٦١	٢,٥٩	٢,٤٨	٢,٤٠	٣,٤٧	٧,٧٩	١٦,٨٩	٠,٩٢	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
٢١	١,٠٣	٢,٧٩	٢,٦٤	١,٩٥	١,٨٨	٣,٤٠	٢,١٠	٩,١٨	٥,٤٠	٠,٤٣	٠,١٦	٠,٤٢
٢٢	١,٥٥	٢,٤٤	٢,٧٢	٢,٦١	٢,٩٢	٤,٠٨	٧,٨٠	١٤,٣٣	٠,٥٦	٠,٢٢	٠,٠٠	٠,٠٠
٢٣	٠,٩٧	١,٨٧	١,٨١	٢,٠١	١,٥٠	٣,٢٩	٦,٥٤	١٠,٤٧	٠,٢٤	٠,٣٦	٠,١٢	٠,٢٥
٢٤	٠,٤٥	١,٦٢	١,٤٩	١,٦٧	١,٧١	٢,٣٤	٤,٨١	٦,٤٩	٨,٤٥	٠,٦٩	٠,٥١	١,٧٥
٢٥	٢,٥٩	٢,٦٤	٢,٦٢	٢,٣٥	٢,٠٣	٢,١٦	٨,٩٧	١١,٢١	٠,٠٠	٠,٠٣	٠,٠٠	٠,٠٠
٢٦	١,٠٨	٢,٦٩	٢,٥٨	٢,٥٢	٢,٧٨	٣,٣١	٧,٤١	٩,٠٦	٢,٧٥	٠,٢٤	٠,٠٠	٠,٠٠
٢٧	١,٢٢	٢,٢٨	٢,٢٩	٢,٤٩	٢,١٨	٣,٥٧	٣,٦٦	١٠,٨٢	٠,٠٠	٠,٢٠	٠,٠٠	٠,٠٠
٢٨	٠,٥٨	٢,٧٦	٢,٤٩	٢,٤٩	٢,٧١	٢,٧٠	٧,٧٢	١٠,٧٤	٥,٧٠	٠,٣٧	٠,١٤	٠,٣٥
٢٩	١,٥٦	٢,٥٥	٣,١٤	٢,٦٧	٢,٧١	٢,٩٣	٧,٤٥	٦,٤٦	٤,١٨	٠,٠٩	٠,٠٠	٠,٠٠
٣٠	٠,٤٧	٢,٠٢	١,٩٦	١,٧٤	١,٥٩	٢,٤٩	٩,٥٠	٢,٣٠	٢,١٥	٠,١١	٠,٠٠	٠,٠٠
٣١	١,٧٩	٢,٦٨	٢,٩١	٢,٥١	٢,٤٦	٣,١٦	٧,٥٤	١٢,٤٣	٢,٤٥	٠,٠٩	٠,٠٠	٠,٠٠
٣٢	١,٧٢	٢,٣٩	٢,٥٩	٢,٤٥	٢,٣٢	٣,٠٣	٨,١٤	١٢,٨٧	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
٣٣	١,٥٧	٣,٥٨	٣,٨٢	٢,٩٠	٣,٣٢	٢,٩٥	٧,٧٤	٤,٦٧	١,٧١	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
٣٤	١,٢١	٢,٠٩	٢,٣٢	١,٩٥	١,٤٧	٢,١٩	٦,٢٨	٣,٤٨	٥,٢٨	٠,٤٤	٠,٢٥	٠,٦٤
٣٥	١,٠٢	١,٣٤	١,٩٥	٢,٣٧	٢,١٥	٣,٣٢	١٠,٥٩	١٥,١٠	٦,٥٥	٠,٧٤	٠,٦٢	٢,٠٣
٣٦	٢,٧٧	٢,٠٣	٢,٤٩	٢,٥١	٢,٦١	٣,٨٩	٦,٢٤	٩,٦٨	١,٦٧	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
٣٧	٠,٥٥	٢,٠٣	١,٨٧	١,٩١	٢,١٥	٢,٧٥	٨,٩٦	١٠,٥	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
٣٨	٠,٦٩	٢,١٥	٢,٥٥	٢,٤٤	٢,٣٨	٣,١٣	٨,٨٨	١٠,٧٢	٣,٩٩	٠,٢٨	٠,٠٠	٠,٠٠
٣٩	٠,٢٠	١,٧٣	١,٥٨	١,٨٢	١,٨١	٢,٤٠	١٢,٣٦	١٢,١٢	٣,١٦	٠,١٥	٠,٠٠	٠,٠٠
٤٠	١,٥٢	١,٦٦	١,٩٤	٢,٠١	٢,١٧	٣,٩٠	٩,٥٧	١١,١٢	٦,٣٣	٠,٥٠	٠,٢٨	٠,٨٧
٤١	١,٩٠	٣,٢٢	٣,٤٦	٢,٨٤	٢,٥٣	٢,٦٤	٨,٢٢	١٧,٦١	٢,٦٥	٠,٧٩	٠,٦٦	١,٩٧
٤٢	٢,٥٨	٢,١٠	٢,١٥	٢,١٢	١,٨١	٢,٨٧	٧,٦٦	٨,٠٢	٢,١٣	٠,٢٨	٠,٠٣	٠,٠٠
٤٣	١,٣٩	٢,٥٨	٢,٦٦	٢,٤٠	٢,٧٦	٢,٤٢	١١,٤١	١٢,٥٩	١,١٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
٤٤	٠,٩٤	١,٥٣	١,٦١	١,٣٩	٠,٩٥	٢,٣١	٨,٠٠	١٢,٥٨	٧,٣٥	٠,٤٩	٠,٣٠	٠,٩٨
٤٥	٢,٠٠	٢,٣٩	٢,٢٤	٢,١٩	١,٥٧	١,٢٨	٩,١٤	٦,٢٦	١,٠٠	٠,١١	٠,٠٠	٠,٠٠
٤٦	٠,٣٧	١,٦٧	١,٧٤	١,٦٦	١,٤٧	٣,٠٦	٨,٠٧	٦,٢٢	٠,٦٩	٠,١٣	٠,٠٠	٠,٠٠
٤٧	١,٤١	٢,٣٦	٢,٥٣	٢,٣٤	٢,٥٢	٤,٦٠	٨,٠٩	١٠,١٦	٧,٧٥	٠,٥٤	٠,٣٦	١,٠٢
٤٨	١,٦٧	٢,٤٣	٢,١٨	٢,١٠	١,٩٣	١,٩٩	٨,٢٧	١٠,٦٢	٤,٤١	٠,٥١	٠,٢٩	٠,٨٥
٤٩	٢,٠٣	١,٧٣	٢,٣٢	٢,٢١	٢,٩٥	٣,٦٩	٩,١١	١٣,٧٥	٦,٠٨	٠,٨٢	٠,٦٨	٢,٢٩
٥٠	٣,٢٩	١,٩٢	٢,٢٥	٢,٩٠	٣,٠٦	٣,٨٩	٩,١٧	٨,٦٠	٥,٣٠	٠,٦٢	٠,٥٠	١,٥٢
Mean:	٠,٩٩	٢,٢٧	٢,٣٤	٢,٢٥	٢,١٨	٢,٩٨	٨,١٦	٩,٨٧	٣,٧٤	٠,٣٣	٠,١٦	٠,٤٧
Max:	٣,٢٩	٣,٨٠	٣,٨٢	٣,٥٢	٣,٤٣	٤,٦٠	١٢,٣٦	١٧,٦١	١٠,٤٠	٠,٣٢	٠,٦٨	٢,٢٩
Min:	٠,٠٠	٠,٨١	٠,٩٤	١,٠١	٠,٥٦	٠,٩٦	٢,١٠	١,٦٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
Std:	٠,٨١	٠,٦٤	٠,٦١	٠,٤٧	٣,٦٢	٠,٨٦	٢,١٣	٠,٤٥	٢,٤٥	٠,٢٣	٠,٢١	٠,٦٨

Scanned with CamScanner

جدول شماره ٤– ٥ توزیع ماهانه تبخیر از سطح آزاد آب در محل سد علویان (میلی‌متر در ماه)

ماه	تبخیر از سطح آزاد آب	درصد
مهر	۹۵/۵	۷/٦
آبان	٦۷/۰	۵/۳
آذر	۳۳/۲	۲/٦
دی	۲۵/۹	۲/۱
بهمن	۳۸/۱	۳/۰
اسفند	۵۳/۵	٤/۳
فروردین	۹۰/٦	۷/۲
اردیبهشت	۱۳٦/٦	۱۰/۹
خرداد	۱۷۷/۷	۱٤/۱
تیر	۲۰۲/٦	۱٦/۱
مرداد	۱۹۲/۳	۱۵/۳
شهریور	۱٤٤/۵	۱۱/۵
سالیانه	۱۲۵۷/۵	۱۰۰

نتایج مطالعات صورت گرفته در ارتباط با رسوب در مطالعات مرحله دوم طرح (شهریور ٦٤) متوسط فرسایش حوزه آبریز صوفی چای را ۸٦۳ تن در سال در کیلومتر مربع به دست داده بود. با احتساب بار بستر حجم کل مواد رسوبی در محل سد به طور متوسط برابر ۲۹۹ هزار تن برآورد می‌گردد که این رقم حجم رسوبات پنجاه ساله وارد شده به مخزن را حدود ۱۱ میلیون متر مکعب خواهد داد. مطالعات رسوب در سد علویان (مرداد ماه ۱۳۷۳) متوسط فرسایش سطح حوزه آبریز رودخانه صوفی چای برابر ۹۹۸ تن در سال در کیلومتر مربع برآورد شده که با احتساب بار بستر حجم کل مواد رسوبی در محل سد بطور متوسط برابر ۳۷٦×۱۰^{۳} تن تعیین شده است که معادل حجم رسوبات پنجاه ساله‌ای برابر ۱٦/۹٤ میلیون متر مکعب می‌گردد. بدین ترتیب حجم رسوبات سالانه ورودی به سد بالغ بر ۳۳۸ هزار متر مکعب در سال خواهد بود که هر ساله موجب از دست رفتن بخشی از حجم مفید مخزن خواهد گشت. به منظور حفاظت از حجم مخزن، افزایش طول عمر مفید سد و در نهایت افزایش بهره‌برداری از سرمایه توجه بیشتر به مسئله رسوب در سد از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. لذا با انجام مطالعات هیدروگرافی مخزن در دوره‌های مناسب و مشخص نمودن میزان رسوبات وارد شده به سد، بهره‌برداران امکان می‌یابند تا تصمیمات مناسب و تدابیر لازم را نسبت به مقابله با آن قبل از وقوع شرایط بحرانی اتخاذ نمایند.

در کنار موارد فوق" آبخیزداری و کنترل فرسایش تشدید شده و به طبع آن کاهش زیان‌های اقتصادی ناشی از آن، به عنوان عاملی مهم و کارآمد در حفظ هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری مخزن به شمار می‌رود که می‌بایست به عنوان یکی از گزینه‌های حفاظت از حجم مخزن در دستور کار قرار گیرد."

Scanned with CamScanner

٤-٣-٣-١- پروفیل رسوب در مخزن

ورود و پخش رسوبات در مخزن به طور مستمر حجم آن را کاهش داده و از میزان آب تنظیمی سد می‌کاهد. جهت برآورد نحوه اثر رسوبات در بهره‌برداری از سد، منحنی تغییرات سطح ـ حجم با ارتفاع مخزن در دوره‌های مختلف با در نظر گرفتن پروفیل رسوبات محاسبه شده و مطابق جدول شماره ٤-٦ ارائه گردیده است. ضمنا شکل ٤-٣ منحنی تغییرات هندسی مخزن را در شرایط پروفیل رسوب توزیع شده دوره‌های ٢٥ و ٥٠ سال نشان می‌دهد.

جدول شماره ٤-٦ منحنی سطح حجم با ارتفاع مخزن در دوره‌های مختلف بهره‌برداری از سد

پس از ٥٠ سال		پس از ٢٥ سال		پس از ٥ سال		شرایط اولیه		
حجم	سطح	حجم	سطح	حجم	سطح	حجم	سطح	تراز
٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١٥٠٥
٠	٠	٠	٠	٠/٠	٠/٠	٠/٠٥٩	٠/٠٢١	١٥١٠
٠	٠	٠	٠	٠/٣٨	٠/١	٠/٤٦٥	٠/١١٢	١٥١٥
٠	٠	٠/١٤	٠/١	١/٠٧	٠/١٩	١/٢٣٦	٠/٢٠٨	١٥٢٠
٠	٠	٠/٨	٠/٢	٢/٢٩	٠/٣١	٢/٧٤١	٠/٣٨٢	١٥٢٥
٠/٣٧	٠/١٥	٢/١	٠/٣٣	٤/٢	٠/٤٦	٤/٩٧٢	٠/٥٢٣	١٥٣٠
١/٥٤	٠/٣٢	٤/٢	٠/٥١	٦/٩٤	٠/٦٤	٨/٠٣٧	٠/٧١١	١٥٣٥
٣/٦١	٠/٥٢	٧/٢	٠/٢٢	١٠/٦٦	٠/٨٥	١٢/٠٢٢	٠/٨٧٣	١٥٤٠
٦/٨١	٠/٧٧	١١/٤	٠/٩٦	١٥/٥٣	١/٠٦	١٦/٩٢٩	١/٠٩٨	١٥٤٥
١١/٣٣	١/٠٥	١٦/٩	١/٢٩	٢١/٧١	١/٣٨	٢٣/١٧٦	١/٤١٧	١٥٥٠
١٧/٣٧	١/٣٨	٢٣/٨	١/٥٦	٢٩/٣٥	١/٦٩	٣١/٠٩٥	١/٧١٦	١٥٥٥
٢٥/٢	١/٧٦	٣٢/٥	١/٩٢	٣٨/٣٦	٢/٠٣	٤٠/٣٩٨	٢/٠١٩	١٥٦٠
٣٥/٠٥	٢/١١	٤٣/١	٢/٣٢	٤٩/٧٢	٢/٥	٥١/٤١١	٢/٣٨٢	١٥٦٥
٤٧/٦٣	٢/٨	٥٦/٥٣	٢/٨٤	٦٢/٨٢	٢/٨٩	٦٤/٥٧٤	٢/٩٠٨	١٥٧٠
						٨٠/١٨٤	٣/٣٢	١٥٧٥
						٩٧/٩٩٧	٣/٧٨٥	١٥٨٠
						١١٧/٥	٤/٢	١٥٨٥

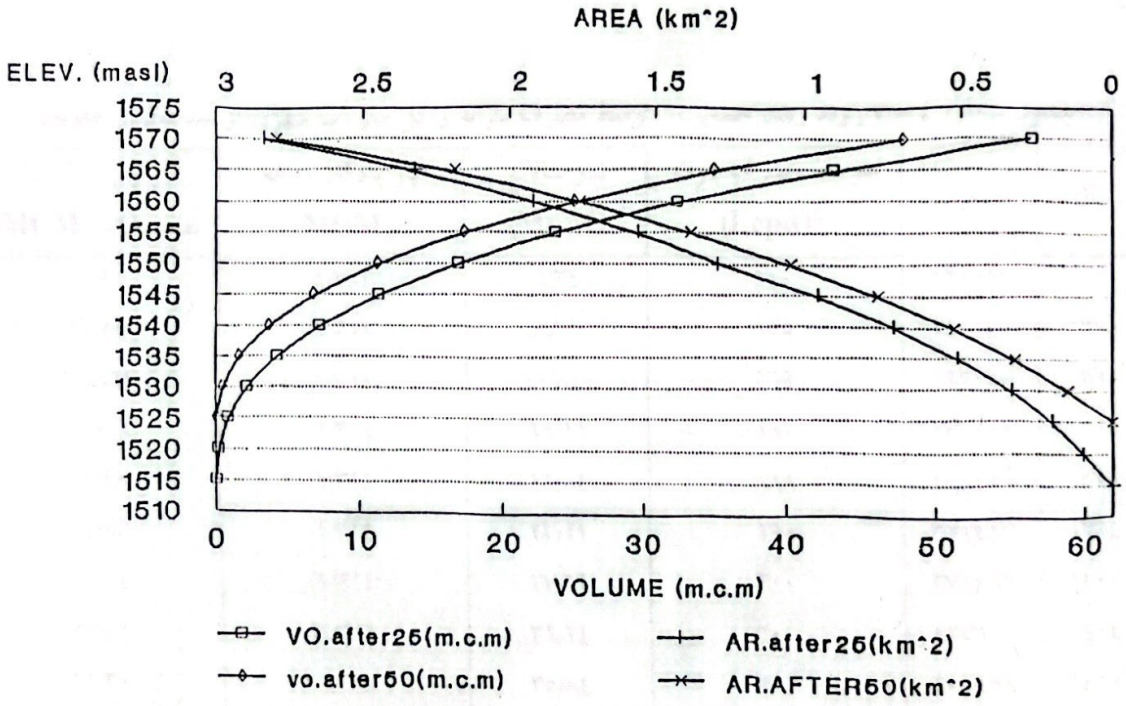
Masl: تراز ، Km^2: سطح ، MCM: حجم

Scanned with CamScanner

٤-٤- نیاز آبی

٤-٤-١- نیاز شهری

تأمین نیاز آبی شهرستان مراغه هدف اصلی طرح را تشکیل می‌دهد. شهرستان مراغه با وسعتی معادل ۵۳۸۸ کیلومتر مربع شامل چهار بخش، سیزده دهستان و سیصد و بیست و نه آبادی است. این شهرستان با تراکمی معادل ۷۷/۵ نفر در کیلومتر مربع از نقاط جمعیتی پر تراکم کشور محسوب می‌شود. شهر مراغه در سرشماری سال ۱۳۳۵ جمعیتی معادل ۳۶۵۵۱ نفر داشته که این جمعیت در سال ۱۳۶۵ به ۱۰۰۶۷۹ نفر رسیده و نرخ رشد جمعیت در طی سال‌های مذکور به طور متوسط حدود ۳/۳ درصد بوده است. بنابراین این جمعیت در سال ۱۴۰۰ به ۳۷۲۴۸۹ نفر خواهد رسید. علاوه بر نیاز آبی شهر مراغه، آب مورد نیاز پادگان مراغه نیز از طریق سد علویان تأمین می‌گردد که میزان آن بطور ثابت ۱/۳ میلیون متر مکعب در سال



شماره ٤-٣- منحنی سطح، حجم، ارتفاع مخزن سد علویان پس از رسوبگذاری در دوره‌های ۲۵ و ۵۰ سال

می‌باشد. روند رشد جمعیت در طی طول عمر مفید سد ۱۳۷۵-۱۴۲۵ به همراه مصرف سرانه آب، نیاز پادگان شهر مراغه و کل نیاز آب شهری از سد با احتساب مصارف داخلی تصفیه خانه در جدول شماره ٤-٧ ارائه شده است. در این جدول درصد رشد جمعیت طی سال‌های ۱۴۰۰ الی ۱۴۲۵ برابر ۲/۸ درصد و متوسط مصرف سرانه آب نیز برابر ۲۰۰ Lpcd در نظر گرفته شده است.

شکل شماره ٤-٤ روند رشد نیاز آب شهری مراغه در طی سال‌های مختلف را نشان می‌دهد و با مشاهده نمودار فوق مشاهده می‌گردد نیاز آبی در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۲۵ به ترتیب بعد از بیست و پنج و پنجاه سال از شروع بهره‌برداری

Scanned with CamScanner

بالغ بر ۳۰ و ۵۸ میلیون متر مکعب خواهد شد (نیاز آب شهری در نظر گرفته شده از سد در مطالعات پایه برابر ۲۱ میلیون متر مکعب بوده است.) بدیهی است با توجه به محدود بودن پتانسیل آبی رودخانه صوفی چای و همچنین حجم آب تنظیمی سد، جهت تأمین کل نیاز آبی افزوده شده می‌بایست به منابع آبی دیگری چشم دوخت و یا در صورت فقدان منابع آبی دیگر، میزان آب تشخیص داده شده جهت مصارف کشاورزی را کاهش داد. جدول (٤-١٤)

٤-٤-٢- نیاز صنعت

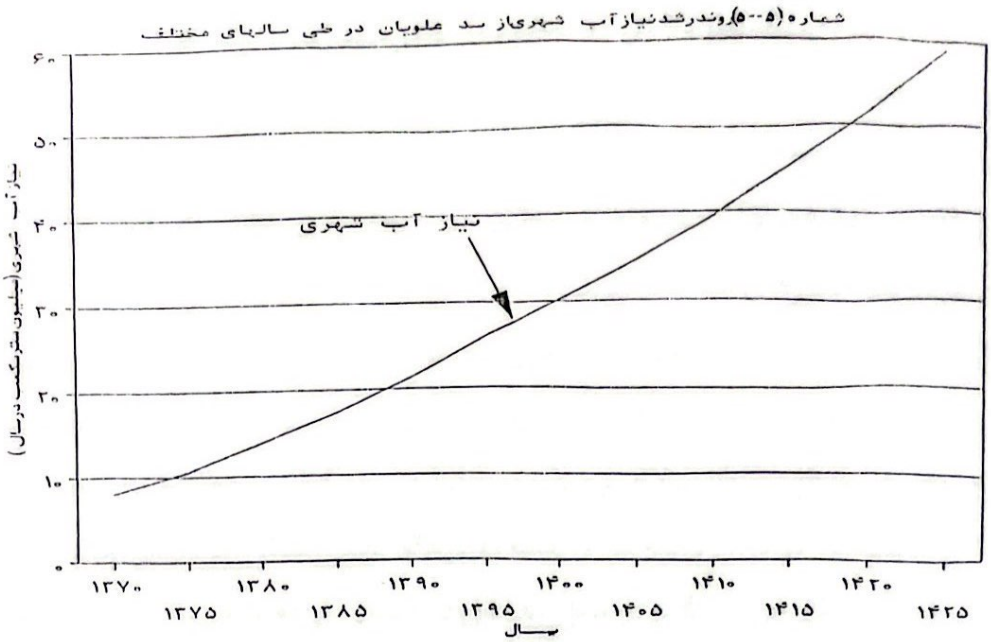
به نیازهای آبی سیستم سد و شبکه آبیاری صوفی چای، بعد از بهره‌برداری از سد نیاز آبی کارخانه کاغذسازی مراغه نیز افزوده شده است. مقدار آب اختصاص داده شده به این امر ٤,٩ میلیون متر مکعب در سه ماه تابستان است که بطور متوسط ماهانه ۱/۱ میلیون متر مکعب از کیلومتر ۱۹۰ + ۳ کانال اصلی ساحل چپ برداشت می‌گردد.جدول(٤-١٤)

جدول شماره ٤ – ۷ روند رشد جمعیت، متوسط مصرف سرانه و کل نیاز آب شهری از سد مخزنی علویان

سال	جمعیت	متوسط مصرف سرانه (Lcpd)*	نیاز سالانه (MCM)	نیاز پادگان مراغه (MCM)	کل نیاز + ٦٪ نیاز تصفیه‌خانه (MCM)
۱۳۷۰	۱۲٤٥۱۷	۱٤۰	٦/۳٤	۱/۳۱٤	۸/۰۹٥
۱۳۷٥	۱٥٤۰۰۰	۱٥٥	۸/۷۱	۱/۳۱٤	۱۰/٥٥
۱۳۸۰	۱۹۲۰۰۰	۱٦۹	۱۱/۸٤۸	۱/۳۱٤	۱۳/۸٦۹
۱۳۸٥	۲۳۰۰۰۰	۱۸۰	۱٥/۱۱	۱/۳۱٤	۱۷/۳۳۲
۱۳۹۰	۲۷٤٤۹۱	۱۸۸	۱۸/۸٤	۱/۳۱٤	۲۱/۲۸
۱۳۹٥	۳۲۱۳۱۲	۱۹۸	۲۳/۲۲	۱/۳۱٤	۲٥/۹۳
۱٤۰۰	۳۷۲٤۸۹	۲۰۰	۲۷/۱۹	۱/۳۱٤	۳۰/۱٤
۱٤۰٥	٤۲۷٦٤۱	۲۰۰	۳۱/۲٤	۱/۳۱٤	۳٤/٤۳
۱٤۱۰	٤۹۰۹٥۸	۲۰۰	۳٥/۸٤	۱/۳۱٤	۳۹/۳۰
۱٤۱٥	٥٦۳٦٥۱	۲۰۰	٤۱/۱٥	۱/۳۱٤	٤٤/۹۳
۱٤۲۰	٦٤۷۱۰٦	۲۰۰	٤۷/۲٤	۱/۳۱٤	٥۱/۳۹
۱٤۲٥	۷٤۳۹۱۹	۲۰۰	٥٤/۲۳	۱/۳۱٤	٥۸/۸۰

Liter Capita Per Day*

Scanned with CamScanner



شکل ٤- ٤ روند رشد نیاز آب شهری از سد علویان در طی عمر مخزن

٤-٤-٣- نیاز حفظ محیط زیست

احداث سدهای بزرگ در دنیا و توسعه روزافزون مخازن ذخیره آب جهت مهار و تنظیم آب‌های سطحی و همچنین تأمین نیازهای آبی تغییرات زیادی در وضعیت طبیعی زمین به وجود آورده است تا جائی که شاید عظیم‌ترین چهره غیرطبیعی و بزرگترین اثر مصنوعی بشر در روی کره زمین احداث سد می‌باشد.

ایجاد تأسیسات آبی بر روی رودخانه‌ها در سطوح مختلف فیزیکی، بیولوژیکی، اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی، فرهنگی و زیباشناختی پیامدهای منفی و مثبت گسترده‌ای در کوتاه و بلندمدت، به طور مستقیم و یا غیرمستقیم بر روی محیط زیست به جا می‌گذارد. در این راستا انجام ارزیابی اثرات زیست محیطی[1] سد ضرورت حیاتی پیدا می‌نماید. احداث سد بر روی رودخانه، باعث تغییر دبی رودخانه در پایین‌دست شده و در نتیجه مسائل زیست‌محیطی عمده‌ای ایجاد خواهد نمود. با توجه به نیاز اکولوژی انواع گونه‌های آبزی رودخانه‌ای و همچنین لزوم تأمین حداقل جریان پس از تأمین اهداف اولیه (نظیر شهری، آبیاری، برقابی) جهت حفظ شرایط محیط زیست آبزیان و به طور کلی حفاظت اکوسیستم آبی رودخانه در پائین‌دست محل سد ضروری می‌باشد.

٤-٤-٣-١- حداقل دبی لازم جهت رفع نیازهای حفظ محیط‌زیست

کاهش جریان و سرعت آب رودخانه پس از احداث سد، سبب تقلیل قدرت خودپالایی رودخانه می‌گردد. به همین منظور تنظیم حداقل جریان رودخانه پس از تأمین اهداف اولیه سد (آب شهری و آبیاری) جهت

۱- Environmental Impacts Assessment

Scanned with CamScanner

حفظ محیط زیست و تأمین قدرت پالایش رودخانه صورت می‌گیرد.

متداول‌ترین روش‌های مورد استفاده جهت تعیین حداقل جریان رودخانه در پایین‌دست شامل روش‌های زیر می‌باشد:
۱- روش متغیرهای حوضه رودخانه، ۲- روش دبی متوسط، ۳- روش فزونی جریان، ٤- روش متغیرهای هیدرولیکی تغییر نیافته، ٥- روش متغیرهای هیدرولیکی تغییر یافته به طور بیولوژیکی، ٦- روش متغیرهایی که به طور بیولوژیکی تغییرهای مضاعف دارند.

به طور کلی برای تعریف حداقل جریان، توافق عمومی و مورد قبول همگان وجود ندارد. برخی حداقل جریان را برای رودخانه‌های کوهستانی ۰/۲، برای رودخانه‌های یکنواخت ۰/٥ و برای رودخانه‌های بزرگ ۱-۰/۸ برابر متوسط حداقل جریان سالانه توصیف می‌نمایند.در نظر گرفتن حداقل جریان معادل جریان با احتمال ۰/۹٥ جریان‌های کم در رودخانه نیز از جمله روش‌های تعیین حداقل جریان می‌باشد.

جدول شماره ٤ – ۸ حداقل جریان سالانه در محل سد علویان را نشان می‌دهد. ضمناً در شکل شماره ٤ – ٥ نوسانات حداقل جریان سالانه در محل سد علویان منعکس شده است. با ملاحظه جدول و نمودار فوق مشخص می‌گردد که میانگین جریان حداقل سالانه در محل سد برابر یک متر مکعب می‌باشد. با درنظر داشتن متوسط ضرایب پیشنهادی و با توجه به مشخصات رودخانه طرح ضریب ۰/٤٥ جهت برآورد حداقل جریان در پایاب سد انتخاب شده است و بدین ترتیب حداقل جریان مورد نیاز رودخانه برابر ٤٥۰ لیتر در ثانیه به دست آمده است. با این وجود در شرایط سخت نباید این مقدار از ۲٥۰ لیتر در ثانیه در فصول مختلف سال کمتر شود.

جدول شماره ٤ – ۸ مقادیر دبی حداقل سالانه در محل سد علویان (متر مکعب در ثانیه)

سال	دبی	سال	دبی	سال	دبی	سال	دبی
۱۳٤۹	۰/۹	۱۳٥٥	۰/۹۲	۱۳٦۱	۰/۷٤	۱۳٦۷	۱/۰۷
۱۳٥۰	۱/۱۸	۱۳٥٦	۱/۱٤	۱۳٦۲	۰/۹۱	۱۳٦۸	۰/٦۹
۱۳٥۱	۰/۱۷	۱۳٥۷	۱/۳٦	۱۳٦۳	۱/۱٤	۱۳٦۹	۱/۰۷
۱۳٥۲	۱/۰٥	۱۳٥۸	۱/۲۲	۱۳٦٤	۱/۳۸	۱۳۷۰	۰/۷۱
۱۳٥۳	۰/۷۹	۱۳٥۹	۱/۲٤	۱۳٦٥	۱/٤٥	۱۳۷۱	۱/۱
۱۳٥٤	۱/۱٤	۱۳٦۰	۱/۲۲	۱۳٦٦	۱/۰۰	میانگین	۱/۰

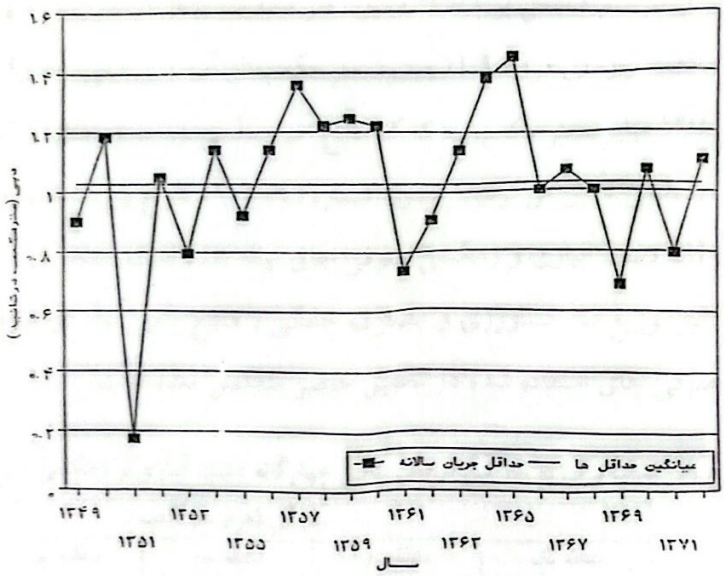
ضمناً توزیع‌های آماری مختلف نیز به جریان‌های ماهانه برازش داده شده است و نتایج تجزیه و تحلیل‌های توزیع آماری مشخص ساخته که توزیع گامبل با داشتن کمترین خطای استاندارد بهترین برازش را به داده‌ها دارد. میزان دبی به ازاء احتمالات مختلف بر اساس توزیع آماری گامبل مطابق جدول شماره ٤ – ۹ ارائه شده است. با مشاهده جدول فوق نیز ملاحظه می‌گردد که حداقل جریان با احتمال ۹٥٪ در ماه مرداد و برابر

Scanned with CamScanner

۴۵۰ لیتر در ثانیه می‌باشد. ضمناً در جدول شماره ٤ - ۱۰ دبی با احتمالات مختلف برای توزیع احتمالی لوگ نرمال ارائه شده است. بدین ترتیب تأمین حداقل جریانی معادل ٤۵۰ لیتر در ثانیه در ماه‌های مختلف بعد از احتساب متوسط خروجی از سد (نیاز آبی سرریز و همچنین آب بازگشتی مصارف شهری) برای دوره‌های مختلف بهره‌برداری الزامی است .

٤-٤-٤- نیاز کشاورزی

شهرستان مراغه به علت موقعیت طبیعی مناسب و حاصلخیز بودن خاک و وجود زمین‌هایی که توسط رودخانه‌های صوفی چای، مردق چای و خانقاه چای مشروب می‌شوند و همچنین مراتع وسیع، از دیرباز مستعد تولید انواع محصولات کشاورزی و دامی بوده است. اقتصاد این شهرستان نیز بر پایه تولیدات کشاورزی و فرآورده‌های دامی استوار می‌باشد.



شکل ٤-۵ نوسانات حداقل جریان سالانه در محل سد علویان

جدول شماره ٤- ۹- توزیع ماهانه دبی رودخانه صوفی‌چای در محل سد علویان به ازاء احتمالات توزیع گامبل (CMS)

احتمال	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۹۵	۰/۹٦	۱/۱۵	۱/۳۲	۰/۹۸	۰/۹٦	۰/۹۵	۵/۳	٦/۵۱	٤/٤۲	۱/٤۱	۰/٤۵	۰/۷۵
۹۰	۱/۰٤	۱/۲٦	۱/۳۹	۱/۰۹	۱/۰۹	۱/۲٤	٦/۲٦	۸/۲۳	۵/۸۳	۱/۷۵	۰/٦۱	۰/۸۵
۸۰	۱/۱٦	۱/٤۱	۱/۵۰	۱/۲۵	۱/۲۷	۱/٦۳	۷/۵۸	۱۰/۵۹	۷/۷۸	۲/۲۳	۰/۸۵	۰/۹۵
۷۰	۱/۲٦	۱/۵۳	۱/۵۸	۱/۳۷	۱/٤۱	۱/۹۵	۸/٦۵	۱۲/٤۹	۹/۲٤	۲/٦۱	۱/۰٤	۱/۰۲
۵۰	۱/٤٤	۱/۷٦	۱/۷٤	۱/٦۲	۱/٦۷	۲/۵٦	۱۰/٦۹	۱٦/۱۳	۱۲/۳٤	۳/۳۳	۱/٤	۱/۱۷
۲۰	۱/۸۲	۲/۲۳	۲/۰۷	۲/۱۱	۲/۲۳	۳/۸۱	۱٤/۸٦	۲۳/۵۹	۱۸/٤۸	٤/۸۲	۲/۱۲	۱/٤۷
۱۰	۲/۰۷	۲/۵٤	۲/۲۹	۲/٤٤	۲/۵۹	٤/٦۳	۱۷/٦۳	۲۸/۵۲	۲۲/۵۵	۵/۸۱	۲/٦۲	۱/٦۷
خطای استاندارد	۰/۰٤	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۲٤	۰/۰۸	۰/۲٤	۰/۵٤	۱/۳	۰/۵٦	۰/۵۸	۰/۱۹	۰/۰٤

جدول شماره ٤ – ١٠ توزیع ماهانه دبی رودخانه صوفی چای در محل سد علویان به ازاء احتمالات مختلف لوگ نرمال

احتمال	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
٩٥	٠/٩٨	١/١٩	١/٢٢	١/٠٣	١/٠٤	١/٢٦	٦/٠٥	٨/٢٦	٦/٠٢	١/٦	٠/٥٦	٠/٧٥
٩٠	١/٠٧	١/٣	١/٤	١/١٤	١/١٥	١/٤٧	٦/٨٥	٩/٥٣	٧/٠١	١/٨٧	٠/٧٧	٠/٨٥
٨٠	١/١٩	١/٤٥	١/٥٢	١/٢٩	١/٣١	١/٧٦	٧/٩٦	١١/٣٥	٨/٤٥	٢/٢٧	٠/٩٣	٠/٩٥
٧٠	١/٢٨	١/٥٦	١/٦١	١/٤١	١/٤٤	٢/٠٢	٨/٩	١٢/٩١	٩/٦٨	٢/٦١	١/٠٨	١/٠٢
٥٠	١/٤٥	١/٧٧	١/٧٦	١/٦٢	١/٦٨	٢/٥١	١٠/٦٤	١٥/٨٩	١٢/٠٨	٣/٢٨	١/٣٦	١/١٧
٢٠	١/٧٨	٢/١٧	٢/٠٥	٢/٠٥	٢/١٥	٣/٥٧	١٤/٢١	٢٢/٢٣	١٧/٢٨	٤/٧٥	١/٩٨	١/٤٧
١٠	١/٩٧	٣/٤٢	٢/٢٢	٢/٣١	٢/٤٥	٤/٢٩	١٦/٥٤	٢٦/٤٩	٢٠/٨٣	٥/٧٧	٢/٤١	٢/٢٩
خطای استاندارد	٠/١١	٠/١٩	٠/١١	٠/٢٨	٠/١٨	٠/٥٤	١/١١	٢/٠٦	٣/٦٨	٠/٦٨	٠/٤٩	٠/٠٤

در گزارش طرح چند منظوره صوفی چای مطالعات مرحله دوم شبکه آبیاری و زهکشی (شهریور ٦٤) نیاز آبی; تعریف شده برای سیستم مشتمل بر ١٣٥/٦ میلیون متر مکعب نیاز کشاورزی می‌باشد. از مجموع ١٣٥,٦ میلیون متر مکعب نیازهای فوق، ١٤/٩ میلیون متر مکعب از آب زیرزمینی، حدود ٥٠٪ از طریق آب بازگشتی شهری و ١٣/٥ میلیون متر مکعب به کمک منابع آب سطحی ورجوی چای و انتقال از حوزه مردق چای توسط کانال طشطشی تأمین می‌گردید. جدول شماره (٤ –١١) سطوح زیر کشت و توزیع نیاز آبی اراضی مناطق چهارگانه دشت آبیاری و زهکشی صوفی چای ارائه شده است. ضمناً در جداول شماره (٤ – ١٢) الی (٤ – ١٤) نیز توزیع نیاز کشاورزی و مصارف خانگی و منابع تأمین نیاز در مناطق مختلف دشت آبیاری و زهکشی صوفی چای استفاده شده در تحقیق حاضر منعکس شده است.

جدول ٤ – ١١ سطوح زیر کشت و توزیع نیاز آبی اراضی مناطق چهارگانه دشت آبیاری و زهکشی صوفی چای (مرحله II)

	نیاز آبی (هزار متر مکعب)				
	منطقه یک	منطقه دو	منطقه سه	منطقه چهار	مجموع
سطح زیر کشت (هکتار)	٢٥٠٠	٤٣٨٥	٢٤٨٠	٢٨٣٥	١٢٢٠٠
مهر	١٧٢٥	١٨٨٨	١١٧٣	٨٠٩	٥٥٩٥
آبان	٢٢١	٨٤٠	٣٢٥	٥٢٩	١٩١٥
آذر	٨٠١/٣	٤٧٢/٣	٤٠٨/٧	٣٩٧/٣	٢٠٧٩/٦
دی	٨٠١/٣	٤٧٢/٤	٤٠٨/٦	٣٩٧/٤	٢٠٧٩/٨
بهمن	٨٠١/٣	٤٧٢/٣	٤٠٨/٧	٣٩٧/٣	٢٠٧٩/٦
اسفند	٢٤٧	١٩٠	١٠٨	٢٣٥	٧٨٠
فروردین	١٣٤٧	٣٣١٧	١٦٧٦	٢٢٠٥	٨٥٤٥
اردیبهشت	٢٥٥٨	٥٥٦٦	٢٩٨١	١٩٤٨	١٣٠٥٣
خرداد	٥٨١٣	١٢٨٦١	٧٣٠٨	٦٠٥١	٣٢٠٣٣
تیر	٦٦٤٤	٩٢٧٨	٦٧٨٨	٤٠٦٦	٢٦٧٧٦
مرداد	٧٠٩٨	٨٣٩٣	٦٤٥٤	٤٩١٤	٢٦٨٥٩
شهریور	٤٥١٩	٣٨٣٥	٢٩٩٦	٢٤٨٢	١٣٨٣٢
سالیانه	٣٢٥٧٦	٤٧٥٨٥	٣١٠٣٥	٢٤٤٣١	١٣٥٦٢٧

Scanned with CamScanner

جدول شماره ٤ – ١٢ توزیع نیاز کشاورزی و مصارف خانگی و منابع تأمین در مناطق دشت آبیاری زهکشی صوفی چای استفاده شده در مطالعات مرحله دوم طرح (میلیون متر مکعب)

منطقه	محل مصرف	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالیانه	تامین نیاز	منابع
منطقه یک	نیاز شهر مراغه(MCM)	١/٦	١/٦	١/٤	١/٤	١/٤	١/٥	١/٥	١/٧	٢/١	٢/٣	٢/٣	٢/٢	٢١/٣	٢١/٣	از سد
	نیاز شهر مراغه ٪	٧/٦	٧/٦	٦/٧	٦/٧	٦/٧	٢/١	٧/١	٨/١	١٠/٠	١١/٠	١١/٠	١٠/٥	١٠٠		
	منطقه کشاورزی علویان (MCM)	١/٧٢٥	٠/٢٢٢	٠/٨٠١	٠/٨٠١	٠/٨٠١	٠/٢٤٧	١/٣٤٧	٢/٥٥٨	٥/٨١٤	٦/٦٤٣	٧/٠٩٨	٤/٥١٩	٣٢/٥٧٦		
	منطقه کشاورزی علویان (٪)	٥/٣	٠/٦٨	٢/٤٦	٢/٤٦	٢/٤٦	٠/٧٦	٤/١٢	٧/٨٥	١٧/٨٥	٢٠/٣٩	٢١/٧٩	١٣/٨٧	١٠٠		
	مصارف شرب و بهداشت روستایی(MCM)	٠/٠٧	٠/٠٦	٠/٠٥	٠/٠٥	٠/٠٥	٠/٠٥	٠/٠٦	٠/٠٦	٠/٠٧	٠/٠٧	٠/٠٨	٠/٠٨	٠/٧٥		
	مصارف شرب و بهداشت روستایی (٪)	٩/٣	٨/٠	٦/٧	٦/٧	٦/٧	٦/٧	٨/٠	٨/٠	٩/٣	٩/٣	١٠/٦٥	١٠/٦٥	١٠٠	٣٣/٣٣	از سد
ساحل راست	بالادست ساحل راست دشت مرکزی (MCM)	١/١٢	٠/٣١	٠/٣٩	٠/٣٩	٠/٣٩	٠/١	١/٦	٢/٨٤	٦/٩٥	٦/٤٦	٦/١٤	٢/٨٥	٢٩/٥٤		
	بالا دست ساحل راست دشت مرکزی (٪)	٣/٧٩	١/٠٥	١/٣٣	١/٣٣	١/٣٣	٠/٣٤	٥/٤٢	٩/٦١	٢٣/٥٣	٢١/٨٧	٢٠/٧٩	٩/٦٥	١٠٠	٣٨/٤٤	از سد
	پایین دست ساحل راست دشت مرکزی (MCM)	٠/٧٧	٠/٥٤	٠/٠٨	٠/٠٨	٠/٠٨	٠/٠٩	١/٧٢	٢/٧٣	٥/٩١	٢/٨٢	٢/٢٥	٠/٩٨	١٨/٠٦	٩/٩٩	آب بازگشتی
	پایین دست ساحل راست دشت مرکزی (٪)	٤/٢٦	٢/٠	٠/٤٤	٠/٤٤	٠/٤٤	٠/٥٠	٩/٥٢	١٥/١٢	٣٢/٧٢	١٥/٦١	١٢/٤٦	٥/٤٣	١٠٠	٠/٣	آب زیرزمینی
	مصارف خانگی (MCM)	٠/٠٩	٠/٠٨	٠/٠٧	٠/٠٧	٠/٠٧	٠/٠٧	٠/٠٧	٠/٠٨	٠/١	٠/١١	٠/١١	٠/١	١/٠٢	٤٨/٦٢	مجموع
	مصارف خانگی (٪)	٨/٨٢	٧/٨٤	٦/٨٦	٦/٨٦	٦/٨٦	٦/٨٦	٦/٨٦	٧/٨٤	٩/٨	١٠/٧٨	١٠/٧٨	٩/٨	١٠٠		
ساحل چپ	ساحل چپ دشت مرکزی (MCM)	١/١٧	٠/٣٢	٠/٤١	٠/٤١	٠/٤١	٠/١١	١/٦٨	٢/٩٨	٧/٧٩	٦/٧٩	٦/٤٥	٣/٠	٣١/٠٤		
	ساحل چپ دشت مرکزی (٪)	٣/٧٧	١/٠٣	١/٣٢	١/٣٢	١/٣٢	٠/٣٥	٥/٤١	٩/٦	٢٣/٥٥	٢١/٨٨	٢٠/٧٨	٩/٦٦	١٠٠	٢١/٩٣	از سد
	مصارف خانگی (MCM)	٠/٠٧	٠/٠٦	٠/٠٥	٠/٠٥	٠/٠٥	٠/٠٦	٠/٠٦	٠/٠٦	٠/٠٧	٠/٠٧	٠/٠٨	٠/٠٨	٠/٧٥	٧/٨٦	آب سطحی مردق چای
	ساحل چپ دشت														١/٩٦	زیرزمینی
	مصارف خانگی (٪)	٩/٣٣	٨/٠	٦/٦٧	٦/٦٧	٦/٦٧	٨/٠	٨/٠	٨/٠	٩/٣٣	٩/٣٣	١٠/٦٦	١٠/٦٦	١٠٠	٣١/٧٥	مجموع
منطقه بناب	منطقه بناب (MCM)	٠/٨١	٠/٥٣	٠/٤	٠/٤	٠/٤	٠/٢٤	٢/٢١	١/٩٥	٦/٠٥	٤/٠٧	٤/٩١	٢/٤٨	٢٤/٤٥	٧/٣٩	از سد
	منطقه بناب (٪)	٣/٣	٢/١٧	١/٦٤	١/٦٤	١/٦٤	٠/٩٨	٩/٠٤	٢/٨٩	٢٤/٧٥	١٦/٦٥	٢٠/٠٩	١٠/١٤	١٠٠	١٢/٦٢	آب زیرزمینی
	مصارف خانگی (MCM)	٠/١	٠/٠٩	٠/٠٨	٠/٠٨	٠/٠٨	٠/٠٨	٠/٠٨	٠/٠٩	٠/١١	٠/١٣	٠/١٢	٠/١٢	١/١٦	٥/٥٩	آب سطحی
	مصارف خانگی (٪)	٨/٦	٧/٧٦	٦/٩	٦/٩	٦/٩	٦/٩	٦/٩	٧/٧٥	٩/٤٨	١١/٢	١٠/٣٤	١٠/٣٤	١٠٠	٢٥/٦	مجموع

Scanned with CamScanner

جدول شماره (٤-١٣) توزیع ماهانه منابع تامین آب در نواحی چهارگانه دشت صوفی چای در نظر گرفته شده در مطالعات مرحله دوم شبکه آبیاری و زهکشی صوفی چای

(میلیون متر مکعب)

مصارف و منابع	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالیانه
منابع آب زیرزمینی	۰/۲۷	۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۷۱	٤/۷۷	۵/۵۷	۲/۸۹	١٤/٩
برجوی چای با احتمال ۲۰٪ اضافه انتقال از حوزه مردق چای	--	--	۰/۸۵	۰/۸٦	۰/۵۸	۰/۱۱	۳/۹۵	٤/۹۹	۱/۵٦	--	--	--	۱۳/٤۷

Scanned with CamScanner

جدول (٤-١٤) توزیع ماهانه نیاز شهری، صنعت، حفظ محیط زیست و نیاز ناخالص کشاورزی از سد در افق‌های زمانی ۵ ۲۵ و ۵۰ سال در الگوی کشت ثقلی ($m^3 \times 10^3$)

		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالیانه
۵ سال	شهری	1190.39	1074.82	993.92	1005.4	970.8	1074.82	1109.49	1109.49	1259.73	1398.42	1433.09	1329.08	13958.54
	محیط زیست	254.02	466.56	668.74	688.7	673.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3453.58
	نیاز کل کشاورزی	4673.7	3434.2	883	851.3	851.3	3404.4	8846	8846	25728	23313.2	20261.9	1190.6	103784.60
	نیاز کشاورزی از سد	3922.02	2008.60	857.08	851.30	851.3	3404.40	8846.00	8846.00	24790.56	23179.28	20261.90	11190.60	109460.04
	صنعت	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1100	1900	1900	4900.00
	مجموع	5366.43	3549.98	2519.74	2525.5	2496.02	4479.22	9955.49	9955.49	20050.29	25677.70	23594.93	14419.668	122682.25
۲۵ سال	شهری	2586.80	2335.66	2159.86	2184.9	2109.63	2335.66	2411.00	2411.00	2737.49	3038.87	3114.21	2888.18	30313.26
	محیط زیست	212.54	414.72	471.74	465.5	482.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2569.84
	نیاز کل کشاورزی	3570.2	2329.3	851.3	851.3	851.3	2400.5	7179.7	7179.7	22502.2	19812.9	17278	9295.2	87218.90
	نیاز کشاورزی از سد	2844.44	1033.30	851.30	851.30	851.3	2400.50	7179.70	7179.70	21618.33	19678.98	17278.00	9295.20	84179.85
	صنعت	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1100	1900	1900	4900
	مجموع	5643.79	3783.68	3482.90	3502.8	3443.04	4736.16	9590.70	9590.70	24355.82	23817.85	22292.21	14083.36	121785.71
۵۰ سال	شهری	5047.08	4557.08	4214.07	4263.1	4116.1	4557.08	4704.08	4704.08	5341.09	2929.10	5929	6076.10	56437.96
	محیط زیست	0.00	207.36	171.07	222.9	254.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1060.82
	نیاز کل کشاورزی	1795	281	851.3	851.3	851.3	1407	3900.4	3900.4	15977.8	12739.6	11295.9	5578.7	55826.00
	نیاز کشاورزی از سد	1795.00	281.00	851.30	851.30	851.3	1407.00	3900.40	3900.40	15254.63	12605.68	11295.90	557870	54969.21
	صنعت	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1100	1900	1900	4900.00
	مجموع	6842.8	5045.44	5236.44	5337.28	5221.4	5964.08	8604.48	8604.48	20595.72	19634.78	19272.00	13113.79	119731.01

* با فرض افزایش نیاز شهر

Scanned with CamScanner

٤-٥- نیاز کنترل سیلاب

در سد علویان رقوم نرمال مخزن، منطبق با تراز تاج سرریز جانبی آن بوده، لذا عملاً حجمی در آن برای روند دائم و کنترل سیلاب باقی نمی‌ماند. علی‌هذا در راستای تلفیق حجم مفید و حجم کنترل سیلاب جهت برآورد تراز مناسب ذخیره سیل مطالعاتی صورت پذیرفت، تا امکان اختصاص بخشی از فضای حجم مفید مخزن به روند دائم سیل در ماه‌های با احتمال بالای وقوع سیل بررسی گردد. با توجه به اینکه سیلاب‌های رودخانه صوفی چای عموماً در فصل بهار صورت می‌گیرد، لذا اختصاص فضایی از حجم نرمال به حجم کنترل سیلاب در این ماه‌ها مورد نیاز خواهد بود. پایین آوردن رقوم نرمال و به طبع آن کاهش حجم مفید مخزن باید به گونه‌ای باشد که خللی به حجم آب تنظیمی سد و درصد تأمین نیاز آن وارد نیاورد. این در حالی است که در حدود ۷۰ درصد حجم آورد رودخانه در طی سه ماه بهار به وقوع می‌پیوندد و پر نمودن مخزن در طی این دوره جهت تأمین نیازهای فصل بعد از اهمیت خاصی برخوردار است و برای تضمین تأمین نیاز می‌بایست در حداقل زمان ممکن به رقوم نرمال رسید.

در این راستا با کاهش تامین نیاز مصارف کشاورزی تا حد ممکن در سه ماه فصل بهار، محاسبات شبیه سازی انجام شد تا تراز کنترل سیلابی که خللی به حجم آب تنظیمی سد وارد نیاورد برای دوره های مختلف ۵ ، ۲۵ و ۵۰ سال بهره برداری محاسبه شود.

٤-٦- بررسی نتایج

جهت تهیه منحنی فرمان بهره‌برداری مخزن سد علویان، پس از برآورد نیاز خالص آبی از سد، یک مدل ریاضی بهینه‌سازی جرمی بهره‌برداری مخزن در مدل LINGO.8 تشکیل داده شد و در نهایت به کمک شبیه‌سازی سیستم سد علویان با دوره آبدهی سری بلندمدت (سنتز مصنوعی)، منحنی‌های فرمان تعیین شد. خلاصه نتایج شبیه‌سازی نیازهای بهنگام شده شهری، حفظ محیط زیست، کشاورزی و صنعت در افق‌های زمانی ۵، ۲۵ و ۵۰ سال برای گزینه آبیاری ثقلی در شرایط نرمال جریان سیستم سد علویان و شبکه پایین دست، با دو روش جدول عملیاتی و بهینه سازی مدل LINGO در جداول ٤ – ۱۵ و ٤ – ١٦ ارائه شده است. با مقایسه دو روش مذکور مشخص می شود که میزان درصد و حجم کمبود به دست آمده از مدل بهینه سازی بیلان منابع و مصارف در طول عمر بهره برداری از مخزن در شرایط یکسان بهره برداری، کمتر از روش دیگر می باشد. دلیل این تفاوت به خاطر امکان محاسبات بیشتر توسط مدل ریاضی ارائه شده (پیوست ٤) به نرم افزار می باشد. بطوریکه با تعریف گره های کنترلی در نقاط مختلف سیستم رودخانه و محدودیت های تخصیص، میتوان مقدار نیاز غیرمشترک مخزن را جهت رهاسازی حفظ محیط زیست و دریاچه ارومیه (حداقل سالانه ١٤میلیون متر مکعب) کمینه کرد. این مسئله با حداکثر سازی سایر تخصیص‌ها و در نظر گرفتن

Scanned with CamScanner

حداکثر آب مازاد توسط گره های کنترلی عملی می شود. همچنین با توجه به اولویت هـای تعیـین شـده (۱- نیاز شرب،محیط زیست، صنعت و ۲- کشاورزی) میزان درصد تامین نیازهـای اولویـت هـای اول برابـر ۱۰۰ درصد برای تمام افق های بهره برداری محاسبه شد لذا درصد تامین نیازهای کـشاورزی بـر اسـاس آب قابـل دسترس باقی مانده به ترتیب برای افق های ۵ ، ۲۵ و ۵۰ سال بهره برداری با روش جدول عملیاتی برابر ۹۵,۵ ، ۹٤,۱ ،۷٦,۵ درصد و با مدل ریاضی بهینه سازی بیلان جرمی LINGO برابر ۱۰۰ ، ۹۵ و ۷۸ درصـد بدسـت آمد . به دلیل نا مشخص بودن سیاست‌های بهره‌برداری در افـق زمـانی بلندمـدت، در کنـار رشـد جمعیـت و افزایش تقاضا، کاهش سطح زیر کشت کشاورزی یا کاربرد روش های آبیاری تحت فشار بـا رانـدمان بـالا در افق بهره برداری ۵۰ ساله ناگزیر خواهد بود. نکته دیگری که باید به آن توجه شود ایـن اسـت کـه مقایـسه در شرایط نرمال و با خصوصیات جریان رودخانه صوفی چای که دارای ضریب تغییرات نسبی پـایین مـی باشـد صورت گرفته و لذا نقش و کاربرد روش های بهینه سازی برای تهیه منحنی های فرمان بهره برداری در شرایط خشکسالی و مناطق با ضریب تغییرات بالا آشکارتر می‌شود. لذا سرانجام با توجه بـه حـداقل احجـام محاسـبه شده با مدل ریاضی، حداقل تراز های قابل پذیرش در طی ماه متناظر به نـام دسـته منحنـی هـای فرمـان بهـره برداری برای سال های نرمال طول عمر مخزن ترسیم شـد.(شـکل هـای ٤-٦ الـی ٤- ٨) در حقیقـت اعـداد جدول ٤-۱۷ و شکل های مذکور بیانگر حداقل تراز قابل پذیرش در طی ماه متنـاظر مـی‌باشـد و در صـورت کاهش تراز آب مخزن از تراز فوق، آبی از مخزن رها نشده و مازاد آب ذخیره شده در مخزن برای تـأمین نیـاز آبی ماه‌های آتی نگهداری می‌شود. لذا با تبعیت از منحنی‌های فوق از وقوع کمبودهای شدید در طی یـک مـاه جلوگیری شده و با توزیع آن بین چند ماه، کمبود تعدیل خواهد شد.

همچنین بررسی تراز های متناظر ماهانه منحنی های فرمان در طی دوره۵۰ سـال عمـر مفیـد مخـزن حـاکی از روند کاهش حجم مخزن در اثر ورود و رسوب گذاری مواد رسوبی به مخـزن مـی باشـد. لـذا اهمیـت نقـش عملیات آبخیزداری در کنار پروژه های آبی به خاطر افزایش جریان پایه با گل آلودگی پایین می بایـست مـورد توجه قرار گیرد.

جهت مقایسه نتایج تحقیق با پیشینه مطالعات انجام شده، نتایج شبیه سازی سیستم سد علویان توسـط شـرکت مهاب قدس در جداول ٤-۱۸ و ٤-۱۹ و منحنی های فرمان حاصل از آن در شکل های ٤-۹ الـی ٤-۱۱ ارائـه شده است. همانطور که از نتایج نیز مشخص است علی رغم تفاوت در مقدار آبدهی ورودی، نیازهـا و مقـدار تامین نیازها از منابع آب بازگشتی و حوزه میانی تشابه نسبی قابل تصوری در شکل توزیع منحنی هـای فرمـان وجود دارد.

Scanned with CamScanner

جدول شماره (٤-١٥) خلاصه نتایج شبیه سازی سیستم آبخیز، سد و شبکه آبیاری و زهکشی علویان با روش جدول عملیاتی

دوره بهره‌برداری (سال)	آبدهی ورودی (MCM)	نیاز کل کشاورزی (MCM)	نیاز شهری و روستایی (MCM)	نیاز حفظ محیط زیست (MCM)	نیاز صنعت (MCM)	مجموع نیاز کل (MCM)	نیاز خالص از سد (MCM)	تلفات آبی (MCM)	آب خارج شده از سد (MCM)	سرریز (MCM)	حجم آب تنظیمی از سد (MCM)	حجم کمبود (MCM)	درصد کمبود (MCM)	آب زیرزمینی (MCM)	آب بازگشتی (MCM)	آب تأمین شده از حوزه میانی (MCM)
٥	١٥٨	١٣٥,٦	١٧,٠٧	١٢,٢	٤,٩	١٦٩,٧	١٣٢,٩	٢/١	١٥٥,٩	٢٩	١٢٦,٩	٦	٤,٥	١٤/٩	٨,٥	١٣,٤٧
٢٥	١٥٨	١٣٥,٦	٣٣,٥٧	٥	٤,٩	١٧٩,١	١٣٣,٩	٢/٠	١٥٦	٣٠,١	١٢٥,٩	٨	٥,٩	١٤/٩	١٦,٨	١٣,٤٧
٥٠	١٥٨	١٣٥,٦	٥٩,٦٧	٣,٨	٤,٩	٢٠٤	١٤٥,٨	١/٨	١٥٦,٢	٤٤,٨	١١١,٤	٣٤,٤	٢٣,٥	١٤/٩	٢٩,٨	١٣,٤٧

جدول شماره (٤-١٦) خلاصه نتایج شبیه سازی سیستم آبخیز، سد و شبکه آبیاری و زهکشی علویان با مدل LINGO

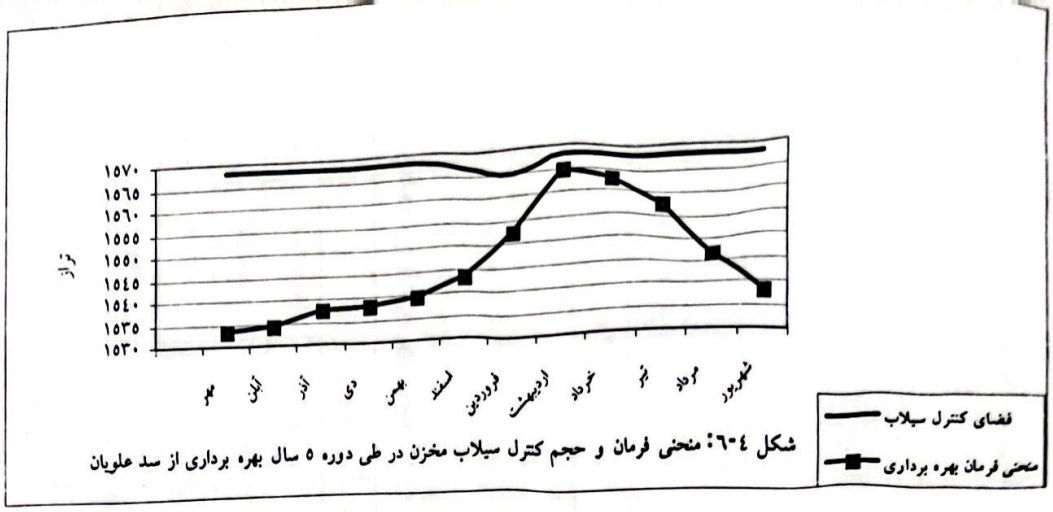
دوره بهره‌برداری (سال)	آبدهی ورودی (MCM)	نیاز کل کشاورزی (MCM)	نیاز شهری و روستایی (MCM)	نیاز حفظ محیط زیست (MCM)	نیاز صنعت (MCM)	مجموع نیاز کل (MCM)	نیاز خالص از سد (MCM)	تلفات آبی (MCM)	آب خارج شده از سد (MCM)	سرریز (MCM)	حجم آب تنظیمی از سد (MCM)	حجم کمبود (MCM)	درصد کمبود (MCM)	آب زیرزمینی (MCM)	آب بازگشتی (MCM)	آب تأمین شده از حوزه میانی (MCM)
٥	١٥٨	١٣٥,٦	١٧,٠٧	٣,٢	٤,٩	١٦٠,٨	١٢٣,٩	٢,٣	١٥٥,٧	٣٠,٧	١٢٥	٠	٠	١٤/٩	٨,٥	١٣,٤٧
٢٥	١٥٨	١٣٥,٦	٣٣,٥٧	٢,٨	٤,٩	١٧٦,٨٧	١٣١,٧	٢,١	١٥٥,٩	٣١	١٢٤,١	٦,٧	٥,١	١٤/٩	١٦,٨	١٣,٤٧
٥٠	١٥٨	١٣٥,٦	٥٩,٦٧	١,٨	٤,٩	٢٠٢	١٤٤	١,٩	١٥٦,١	٤٣,٨	١١٢,٣	٣١,٧	٢٢	١٤/٩	٢٩,٨	١٣,٤٧

Scanned with CamScanner

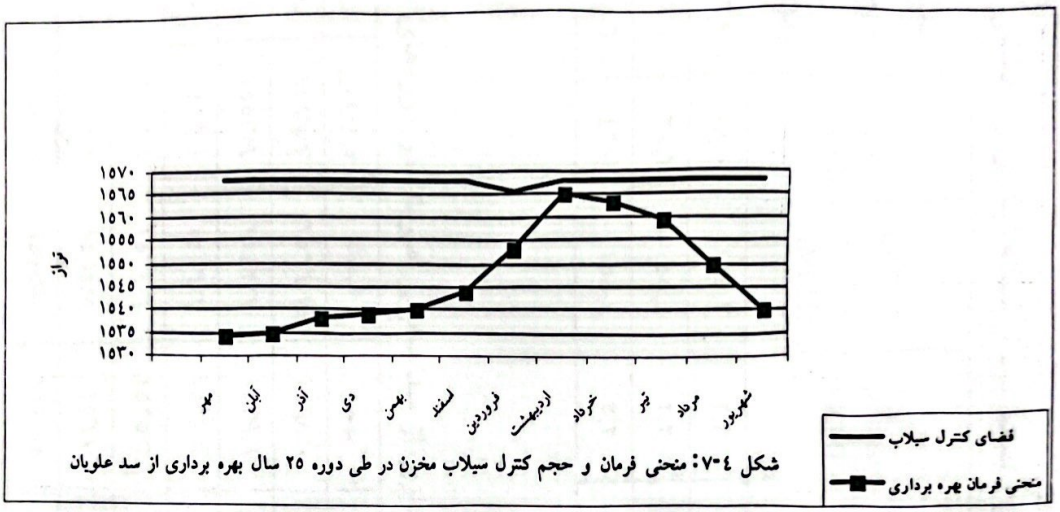
جدول شماره (٤-١٧) جدول تراز کنترل سیلاب و منحنی فرمان بهره‌برداری از سد مخزنی علویان در دوره‌های ۵ ، ۲۵ و ۵۰ سال بهره‌برداری

تراز در انتهای دوره	وضعیت	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۵ سال	تراز کنترل سیلاب	۱۵۶۸	۱۵۶۸/۰	۱۵۶۸/۰	۱۵۶۸/۰	۱۵۶۸/۰	۱۵۶۶,۸	۱۵۶٤,۷	۱۵۶۸	۱۵۶۸/۰	۱۵۶۸/۰	۱۵۶۸/۰	۱۵۶۸/۰
	منحنی فرمان	۱۵۳۳,٤	۱۵۳٤,۲	۱۵۳۷,۵	۱۵۳۸,۲	۱۵۳۹,۷	۱۵٤۳,۲	۱۵۵۲,۵	۱۵٦٤,۷	۱۵٦۲,۷	۱۵۵۷,۵	۱۵٤٦,۵	۱۵۳۸
۲۵ سال	تراز کنترل سیلاب	۱۵۶۸	۱۵۶۸/۰	۱۵۶۸	۱۵۶۸	۱۵۶۸	۱۵۶۸	۱۵۶۵,۸	۱۵۶۸	۱۵۶۸	۱۵۶۸	۱۵۶۸	۱۵۶۸
	منحنی فرمان	۱۵۳٤,۲	۱۵۳٤,۹	۱۵۳۸	۱۵۳۹	۱۵٤۰	۱۵٤٤	۱۵۵۳	۱۵۶۵,۳	۱۵۶۳,٤	۱۵۵۹,۳	۱۵٤۹,۷	۱۵٤۰,۲
۵۰ سال	تراز کنترل سیلاب	۱۵۶۸	۱۵۶۸	۱۵۶۸	۱۵۶۸	۱۵۶۸	۱۵۶۵,۷	۱۵۶۵,٦	۱۵۶۸	۱۵۶۸	۱۵۶۸	۱۵۶۸	۱۵۶۸
	منحنی فرمان	۱۵۳۸,۲	۱۵۳۹,٤	۱۵٤۰	۱۵٤۱,۹	۱۵٤۲,۱	۱۵٤٤,۲	۱۵۵۷,۹	۱۵۶٦,۱	۱۵۶٤,۳	۱۵۶۰,۳	۱۵۵۱,۷	۱۵٤۲,۸

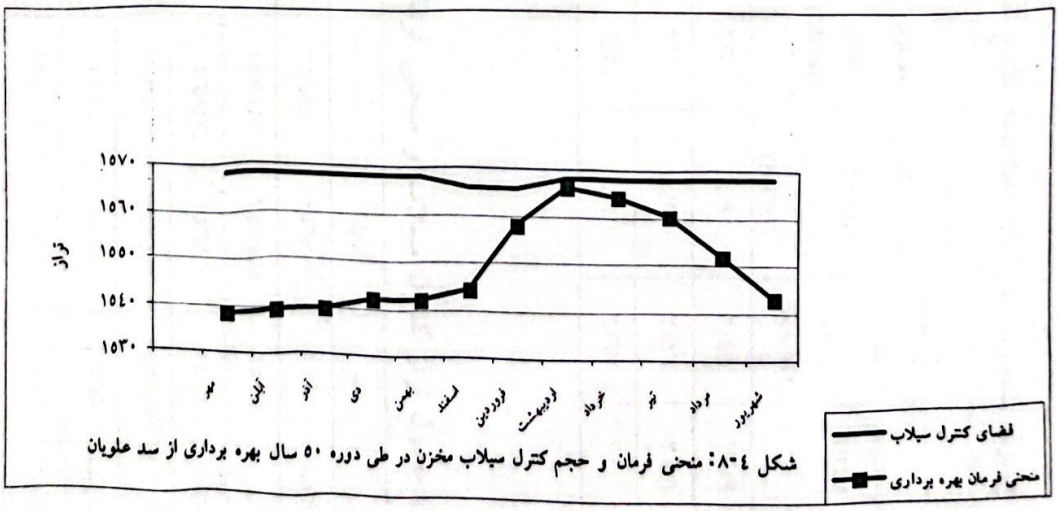
Scanned with CamScanner



شکل ٤-٦: منحنی فرمان و حجم کنترل سیلاب مخزن در طی دوره ٥ سال بهره برداری از سد علویان



شکل ٤-٧: منحنی فرمان و حجم کنترل سیلاب مخزن در طی دوره ٢٥ سال بهره برداری از سد علویان



شکل ٤-٨: منحنی فرمان و حجم کنترل سیلاب مخزن در طی دوره ٥٠ سال بهره برداری از سد علویان

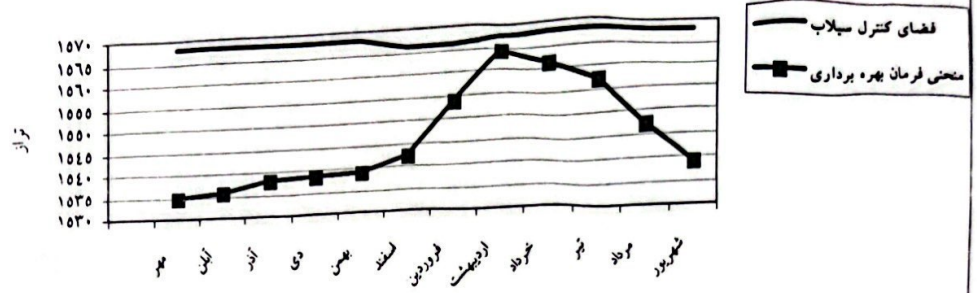
جدول شماره (٤-١٨) خلاصه نتایج شبیه سازی سیستم سد و شبکه آبیاری و زهکشی علویان (مهاب قدس)

دوره بهره‌برداری (سال)	آبدهی ورودی (MCM)	نیاز کشاورزی (MCM)	نیاز شرب (MCM)	نیاز حفظ محیط زیست (MCM)	نیاز صنعت و آبیاری تکمیلی روستای ورجوی چای (MCM)	مصارف خانگی (MCM)	مجموع نیاز (MCM)	تلفات آبی (MCM)	آب خارج شده از سد (MCM)	سرریز (MCM)	حجم آب تنظیمی از سد (MCM)	حجم کمبود (MCM)	درصد کمبود (MCM)	آب زیرزمینی (MCM)	آب بازگشتی (MCM)	آب تأمین شده از حوزه میانی (MCM)
٥	١٥٧,٧	١٢١/٦	١٢/٩	٢/٤٥	٤/٩	٢/٧	١٥٧/٥٥	٢,٤	١٥٥,٢	٢٨/٠	١١٦,٩	٥,٧	٤,٥	١٤/٩	٦/٨	١٢/١
٢٥	١٥٧,٧	١٢٠/٢	٢٠/١	٢/٥٦	٤/٩	٢/٧	١٦١/٦	٢,٢	١٥٥,٤	٢٩,٢	١١٦,١	٥,٦	٤,٥	١٤/٩	١٢/٧	١٢/١
٥٠	١٥٧,٧	١١٢/٥٤	٢٠/١	٢/٦٧	٤/٩	٢/٧	١٥٤/٩	٢,٢	١٥٥,٤	٤٦,٨	١٠٨,٦	٦,٩	٥,٩	١٤/٩	١٢/٧	١١/٦

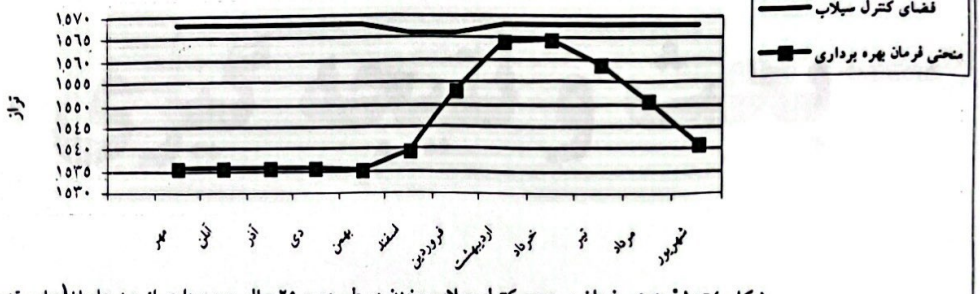
جدول شماره (٤-١٩) جدول تراز کنترل سیلاب و منحنی فرمان بهره‌برداری از سد مخزنی علویان در دوره‌های ٥ ، ٢٥ و ٥٠ سال بهره‌برداری(مهاب قدس)

تراز در انتهای دوره	وضعیت	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
٥ سال	تراز کنترل سیلاب	١٥٦٨	١٥٦٨/٠	١٥٦٨/٠	١٥٦٨/٠	١٥٦٨/٠	١٥٦٦/١	١٥٦٦/١	١٥٦٧/٨	١٥٦٨/٠	١٥٦٨/٠	١٥٦٨/٠	١٥٦٨/٠
	منحنی فرمان	١٥٣٥	١٥٣٥/٥	١٥٣٨/٣	١٥٣٨/٨	١٥٣٩/١	١٥٤٢/٦	١٥٥٣/٩	١٥٦٤/١	١٥٦١/٥	١٥٥٧/٠	١٥٤٧/٠	١٥٣٩/١
٢٥ سال	تراز کنترل سیلاب	١٥٦٨	١٥٦٨/٠	١٥٦٨/٣	١٥٦٨/٠	١٥٦٨/٠	١٥٦٦/١	١٥٦٦/١	١٥٦٨/٠	١٥٦٨/٠	١٥٦٨/٠	١٥٦٨/٠	١٥٦٨/٠
	منحنی فرمان	١٥٣٥/٧	١٥٣٥/٧	١٥٣٥/٧	١٥٣٥/٧	١٥٣٥/٣	١٥٣٩/٦	١٥٥٣/١	١٥٦٤/٢	١٥٦٤/٥	١٥٥٩/١	١٥٥٠/٨	١٥٤٠/٩
٥٠ سال	تراز کنترل سیلاب	١٥٦٨	١٥٦٨	١٥٦٨	١٥٦٨	١٥٦٨	١٥٦٤/٥	١٥٦٤/٥	١٥٦٨	١٥٦٧/٦	١٥٦٨/١٥	١٥٦٨	١٥٦٨
	منحنی فرمان	١٥٤٠/٦	١٥٤٠/٦	١٥٤٠/٦	١٥٤٠/٦	١٥٤٠/٥	١٥٤٣/٠	١٥٥٧/٠	١٥٦٥/٤	١٥٦٥/٤	١٥٦١/٤	١٥٥١/٤	١٥٤٣/٧

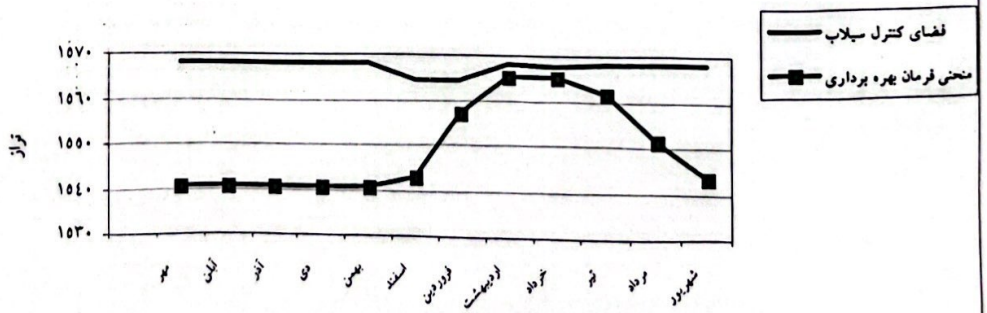
Scanned with CamScanner



شکل ٤-٩: منحنی فرمان و حجم کنترل سیلاب مخزن در طی دوره ۵ سال بهره برداری از سد علویان(مهاب قدس)



شکل ٤-١٠: منحنی فرمان و حجم کنترل سیلاب مخزن در طی دوره ۲۵ سال بهره برداری از سد علویان(مهاب قدس)



شکل ٤-١١: منحنی فرمان و حجم کنترل سیلاب مخزن در طی دوره ۵۰ سال بهره برداری از سد علویان(مهلب قدس)

فصل پنجم:
بحث و نتیجه گیری

Scanned with CamScanner

فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

۵-۱- نتایج

قوانین بهره‌برداری از مخزن در واقع دستورالعمل‌هایی مناسب به منظور بهره‌برداری بهینه از حجم مفید مخزن می‌باشند. منحنی های فرمان بهره‌برداری نیز جزء همین دستورالعمل‌های بهره‌برداری هستند که کاربران را در رسیدن به سیاست بهره‌برداری مناسب از مخزن یاری می‌دهد. در حقیقت این منحنی ها با مشخص نمودن حداقل تراز و یا حجم مخزن در طول سال از پایین افتادن ناگهانی تراز مخزن در طی یک ماه جلوگیری نموده، حجم آب موجود در سال آبی را به طور متناسب به نیازها اختصاص می‌دهند و از وقوع دوره‌های بحرانی خشک بلندمدت در سد جلوگیری می‌نمایند. استفاده از منحنی‌های فوق در بهره‌برداری از سد، این امکان را فراهم می‌آورد تا مخزن در برخورد با دوره‌های خشکسالی، عملکرد بهتری داشته باشد و ضمناً میزان کمبودها نیز تعدیل گردد.به طور کلی نتایج تحقیق حاضر به شرح ذیل بیان می شود :

۱- کاربرد منحنی های فرمان بهره برداری علاوه بر هماهنگی بیشتر استفاده های غیرسازگار در کنار یکدیگر (کنترل سیلاب و تامین نیاز آبی) باعث کاهش خسارت و کمبود تامین نیازها با توزیع آن در ماه های سال می شود.

۲- نتایج حاصل از بهینه سازی مدل LINGO نسبت به شبیه سازی روش جدول عملیاتی ارجح بوده به طوری که با امکان ایجاد محاسبات بیشتر راندمان سیستم بالاتر می رود

۵-۲- توصیه ها

۱- با توجه به محدود بودن پتانسیل آبی منابع تغذیه‌کننده سیستم سد و شبکه آبیاری و زهکشی صوفی چای، بهره‌برداری از مخزن در چارچوب اهداف تعیین شده با برنامه‌ای منظم، موجب خواهد گشت تا تأمین نیازها با احتمال بالا میسر شده و بهره‌برداری از سد در جهت پوشش نیاز آبی، ایمنی بیشتری داشته باشد. در همین راستا هر نوع تغییر در میزان و یا توزیع نیازهای آبی، بدون برنامه‌ریزی و مطالعه به کار آبی مخزن در برآورده نمودن نیازها لطمه وارد ساخته، بهره‌برداران را با مشکل جدی مواجه می‌سازد.

۲- نتایج مطالعات شبیه‌سازی سیستم منابع و مصارف سد، روشن ساخته است که حجم آب تنظیمی سد به علت اینباشته شدن رسوبات در مخزن و به طبع آن کاهش حجم مفید، روند نزولی دارد. در حالی که نیاز آبی سیستم به علت روند رو به رشد جمعیت سیر صعودی طی می‌نماید. لذا جهت تأمین نیاز آبی سیستم در حد مطلوب در صورت پذیرفتن اولویت نیاز شهری باید نیاز آب کشاورزی را به مرور کاهش داد.

۳- سوق دادن تدریجی شبکه آبیاری سیستم به سمت آبیاری تحت فشار و کشت گیاهان کم توقع برخورد

Scanned with CamScanner

مناسبی در جهت مقابله با کاهش سطح زیر کشت خواهد بود به طوری که بالا بودن راندمان آبیاری تحت فشار نسبت به روش ثقلی، به بهره‌برداری بهتر از منابع آبی کمک نموده و موجب خواهد گشت تا روند نزولی تأمین نیاز آبی اراضی کشاورزی متوقف گردد.

٤- مطالعات و برنامه‌ریزی منابع آب برای افق‌های زمانی بلندمدت ارائه شده در تحقیق، بر اساس اطلاعات پایه و پیش‌بینی وضعیت آتی صورت پذیرفته است. ولی با توجه به تغییر سیاست‌های بهره‌برداری و احتمال دگرگون شدن سیمای اهداف طرح در آینده، شایسته است در دوره‌های زمانی مناسب، پس از بهنگام نمودن اطلاعات پایه و نیاز آبی، مطالعات بهنگام و تدقیق گردد.

٥- اطلاعات پایه نقش مهم و اساسی در برنامه‌ریزی‌ها ایفا می‌نمایند و به کمک تجزیه و تحلیل این اطلاعات، امکان شکل‌گیری صحیح مطالعات، پایه‌ریزی می‌گردد. در پرتو این مطالعات است که بهره‌برداران امکان توسعه شرایط موجود بهره‌برداری، نحوه تأمین اهداف مختلف درگیر سیستم، نحوه تأثیر تغییر سیاست بهره‌برداری بر سیستم و تمهیدات مورد لزوم قبل و بعد از اعمال سیاست‌های جدید بهره‌برداری را مشخص نموده و برنامه‌ریزان نیز توانایی پیدا می‌نمایند تا حد بهینه توسعه سیستم جهت تأمین نیازهای آتی اضافه شده و تأثیر توسعه امکانات بر روی قابلیت بهره‌برداری از سیستم را برآورد نمایند. لذا برداشت و ثبت روزانه اطلاعات آبدهی ورودی، خروجی، تراز دریاچه، درجه حرارت، بارندگی و تبخیر به طور روزانه و برداشت نمونه آب از عمق‌های مختلف مخزن به منظور انجام آزمایشات کیفی به صورت ادواری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

٦- جهت تأمین نیازهای آبی رو به رشد سیستم در افق زمانی بلندمدت، محافظت از حجم مفید مخزن و جلوگیری از ورود رسوبات به آن ضروری می‌باشد. در این راستا نقش آبخیزداری در برنامه‌ریزی‌های منابع آب به عنوان عاملی مهم و کارآمد در حفظ هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری مخزن بسیار مهم بوده و می‌بایست مورد توجه خاص قرار گیرد. لذا علاوه بر تدوین برنامه آبخیزداری در بالادست سد و حوزه آبخیز، انجام عملیات هیدروگرافی و عمق‌یابی مخزن در فواصل زمانی مناسب، سبب روشن شدن وضعیت رسوب در مخزن شده و امکان تصمیم‌گیری مناسب قبل از بروز شرایط بحرانی را میسر می‌سازد. ضمناً جهت پرهیز از ته‌نشست و انباشت رسوبات در جلوی دریچه تحتانی، می‌بایست ضمن باز و بسته نمودن سالانه خروجی‌ها جهت تخلیه رسوبات(شاس رسوب) نسبت به بازدید آنها در ماه‌های کم‌آبی در مخزن اقدام نمود.

٧- در صورتی که اثر عملیات آبخیزداری روی خصوصیات جریان آبدهی رودخانه‌ها مانند تغییر رژیم جریان و مقدار آن، شدت دبی سیلابی و توربیدیتی آن شبیه سازی شود میتوان منحنی‌های فرمان کاراتری را نسبت به تغییرات شرایط آینده توسعه داد. به عنوان مثال اگر یکسری عملیات آبخیزداری **(Watershed Management)** به صورت مناسب در بالا دست یک مخزن در حال بهره برداری اجرا شده باشد و در برنامه ریزی های بهره

Scanned with CamScanner

برداری توجهی به این مهم نشده باشد قطعا منحنی های فرمان تهیه شده هر چند با روش های نوین مهندسی سیستم، کاستی و ضعف خواهند داشت زیرا به تغییرات آبدهی و رسوب آینده توجهی نشده است. در این خصوص توصیه می شود تا با بهبود زیر ساختار مدل سازی و پیش بینی جریان ورودی در ساختار سیستم پشتیبانی در تصمیم گیری (DSS) ارائه شده توسط زهرایی (۱۳۸۰) برای برنامه ریزی و بهره برداری پایدار از منابع آب[۲۳]، یک ساختار توسعه یافته تری از سیستم پشتیبانی در تصمیم گیری برای توسعه منحنی فرمان پویا نسبت به تغییر شرایط آینده در اثر عملیات آبخیزداری یا شرایط طبیعی توسعه یابد. چارچوب ساختار پیشنهادی توسط وی که از هفت زیر ساختار تشکیل می شود در شکل ۵-۱ نشان داده شده است. زیر ساختار مذکور میتواند به کمک مدل های مبتنی بر نگرش فیزیکی چون مدل های قطعی توزیعی پیوسته که عمومی نیز هستند، جهت پیش بینی وضعیت آینده انتقال رسوب و جریان رودخانه، در اثر تغییرات حوزه آبخیز، توسعه یابد. همچنین از آنجایی که یکسری از داده های ورودی مدل‌های مذکور شامل اطلاعات جوی نظیر بارش و دمای هوا می باشد بهره گیری از مدل های اقلیمی (GCM) و شاخص هایی چون شاخص نوسانات جوی(SOI) و پدیده ENSO به ترتیب در پیش بینی و شبیه سازی وقایع بزرگ مقیاس جو، افق های زمانی فصلی و سالانه ناگزیر خواهد بود.

۸- به منظور بررسی امکان افزایش نیازهای آبی در آینده و همچنین جبران کاهش حجم آب تنظیمی در اثر ته‌نشست شدن رسوبات در مخزن، مسئله افزایش ارتفاع سد می‌تواند در کنار گزینه‌های دیگر مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد.

۹- با توجه به قرارگیری مخزن سد علویان در بالادست شهر مراغه و واقع‌شدن تأسیسات مهم در شهر، بررسی امکان شکست سد و مطالعه جهت مشخص نمودن مناطق متأثر از این امر می‌تواند، مدیران را نسبت به برنامه‌ریزی جهت گسترش شهرسازی و همچنین ساخت و ساز تأسیسات مهم در نقاط ایمن راهنمایی کند.

۱۰- علاوه بر محاسن ذکر شده مدل LINGO می‌توان به سادگی و پویایی ساختار بانک اطلاعاتی آن جهت بهنگام سازی اطلاعات و اصلاح منحنی های فرمان، تعیین بهترین ترازهای بهره برداری از نظر سوددهی، و تحلیل سیستم های پیچیده ای چون حوزه های آبخیز، مدیریت مراتع، صنعت و... اشاره نمود.

۱۱- بررسی احداث ایستگاه هیدرومتری روی رودخانه صوفی چای در بالا دست مخزن در شرایط مناسب جریان و ایستگاه هیدرومتری در خروجی حوضه به دریاچه ارومیه ضروری می‌باشد.

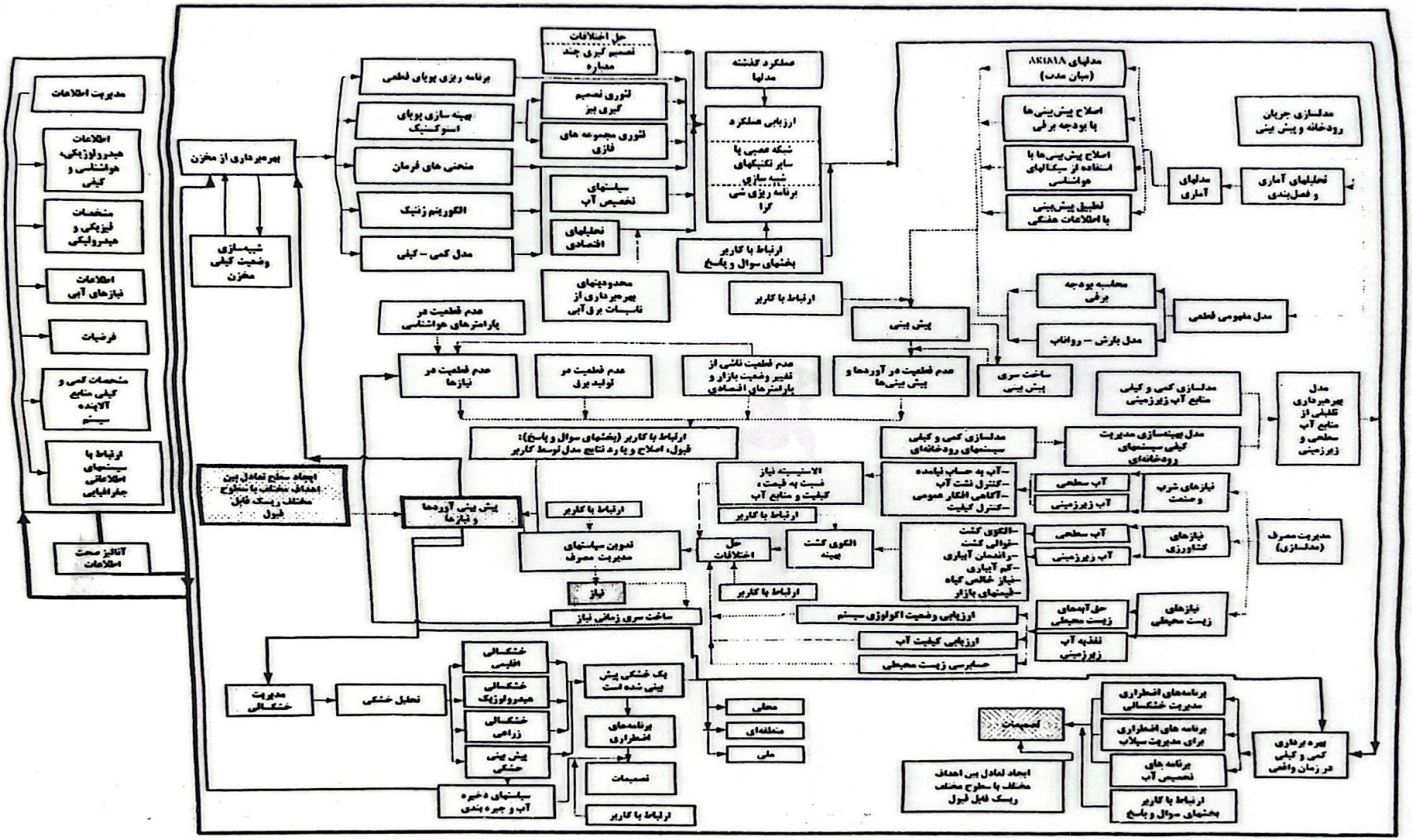
۱۲- مهمترین نتجیه و توصیه تحقیق حاضر با توجه به مطالب ارائه شده در پیش این است که باید هرگونه تغییر و کنترل در اجزای اکوسیستم توسط ادارات و سازمان های مرتبط چون محیط زیست، آبخیزداری و منابع آب به صورت یکپارچه و در کنار یکدیگر طراحی و برنامه ریزی شوند. بطوریکه در بیشتر کشورها جهت هماهنگی و جلوگیری از اضافه کاری و تداخل کارهای اجرائی، یک مدیریت واحد حوزه آبخیز با

Scanned with CamScanner

اختیارات تام (**River-Basin Management Unit**) نیز وجود دارد.هر تغییر در شرایط آبخیز باعث متاثر شدن شرایط پایین دست و بعضی وقت ها بالا دست می شود لذا برنامه ریزی یک پروژه آبی زمانی موفق است که اثر برنامه ریزی های مختلف درگیر با هم روی سیستم آبخیز و امکانات بهره برداری تعیین و پیش بینی شده باشد. در این حالت است که سطح برنامه ریزی معتبر خواهد بود.

Scanned with CamScanner

شکل ۵-۱- ساختار پیشنهادی برای سیستم پشتیبانی در تصمیم‌گیری برای برنامه‌ریزی و بهره‌برداری پایدار از منابع آب [۲۳]



پیوست

Scanned with CamScanner

۱- واژگان

در زیر واژگان و تعاریف مرتبط با موضوع مطالعات بهره‌برداری از مخازن ارائه می‌گردد[۱]:

- منحنی فرمان - Rule Curve

- منحنی راهنما (مترادف منحنی فرمان برای تولید برقابی) - Guide Curve

- منحنی کنترل سیلاب (مترادف منحنی فرمان برای هدف کنترل سیلاب) - Flood Control Diagram

- منحنی فرمان برای تولید انرژی برقابی (مترادف منحنی راهنما) - Power Operating Rule Curve

- سیاست‌هایی بهره‌برداری - Operation Policies

- ذخیره درون‌سالی - Within - Year Storage

- ذخیره برون‌سالی - Over Year Storage

- منطقه محافظ - Buffer Zone

- تولید انرژی مطمئن - Firm Energy Production

- محدودیت‌ها – قیود - Constraints

- آبدهی قطعی یا آبدهی مطمئن - Safe` Yield یا Firm Yield

حداکثر مقدار آبی است که می‌توان در یک دوره بحرانی از مخزن برداشت نمود.

- آبدهی ثانویه -Secondary Yield

مازاد آبی است که پس از تأمین آبدهی قطعی وجود دارد آبدهی ثانویه می‌نامند.

- دوره بحرانی -Critical Period

به دوره خشکسالی هیدرولوژیکی اطلاق می‌گردد که بدون وجود سرریزی از مخزن و صرفاً به منظور تأمین نیازهای آبی طرح، مخزن از حالت پر به شرایط خالی تبدیل گردد.

- مخازن خارج از سیستم رودخانه Off–stream reservoir یا Ex– river. Reservoir به مخازنی اطلاق می‌گردد که در خارج از رودخانه در محل‌های گود طبیعی و یا بستر قدیمی رودخانه احداث شده است و آب از رودخانه اصلی بدان منحرف می‌گردد.

- منحنی تجمعی - Mass Curve

نمایش گرافیکی تجمعی میزان بده ورودی یا نیازها بر حسب زمان بر روی محور مختصات.

- مخزن، دریاچه مصنوعی - Reservoir or Man – Made Lake

دریاچه یا حوضچه مصنوعی که به منظور ذخیره‌سازی، تنظیم و کنترل جریان آب ساخته شده است.

- مخزن یک منظوره - Single Purpose Reservoir

۱- این تعاریف عمدتاً بر تعاریف به عمل آمده توسط «کمیته بین‌المللی سدهای بزرگ» منطبق است.

Scanned with CamScanner

مخزنی که تنها برای یک منظور یا هدف ساخته می‌شود؛ مانند: مخازنی که برای تأمین آب کشاورزی یا به منظور تولید برق احداث می‌شود.

- مخزن چندمنظوره - Multi Purpose Reservoir

مخزنی که برای تأمین چند منظور ساخته می‌شود؛ مانند: مخازنی که به طور هم‌زمان برای تأمین آب کشاورزی و تولید نیروی برق و ... ساخته می‌شوند.

- مخزن ذخیره‌ای - Storage Reservoir or Conservation Reservoir

مخزنی که با تغییر تراز سطح آب می‌توان آب را در آن ذخیره یا از آن تخلیه نمود.

- مخزن تنظیمی - Regulating Reservoir

مخزنی که به منظور تنظیم جریان آب رودخانه ایجاد می‌شود.

- ظرفیت فعال یا ذخیره قابل استفاده - Active Capacity or Active Storage

حجمی از مخزن که برای تولید نیرو، آبیاری، مهار سیل یا مقاصد دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد و اندازه آن عبارت است از حجم کل مخزن پس از کسر حجم غیرقابل استفاده و حجم مرده.

- ظرفیت غیرفعال یا ذخیره غیرقابل استفاده - Inactive Capacity or Inactive Storage

حجمی از مخزن که در بین حداقل تراز بهره‌برداری و پایین‌ترین تراز دریچه تخلیه قرار دارد.

- حجم زنده یا ذخیره مفید -Live Storage

مجموع ذخیره قابل استفاده و غیر قابل استفاده در مواردی که ذخیره غیرقابل استفاده وجود نداشته باشد. (نظیر بعضی از مخازن آبیاری)، ذخیره مفید و ذخیره قابل استفاده مترادف یکدیگرند.

- حجم مرده یا ذخیره مرده -Dead Storage

حجمی از مخزن که پایین‌تر از تراز کف دریچه تحتانی است.

- ذخیره سیلاب -Flood Storage

بخشی از ذخیره قابل استفاده که برای کنترل سیل به کار می‌رود.

توضیح: ذخیره سیلاب نباید با ظرفیت نگهداری سیل اشتباه شود.

- ظرفیت نگهداری سیل - Flood Surcharge

حجم یا فضایی که بین تراز عادی آب و بالاترین تراز ممکن آن قرار دارد. آب موجود در این حجم را نمی‌توان در مخزن نگهداری کرد. این آب تا زمانی که سطح آب به تراز عادی برسد سرریز خواهد نمود.

- ظرفیت کل مخزن - Reservior Capacity Or Total Storage Capacity

ظرفیت ناخالص مخزن که بین کف رودخانه و تراز معمولی آب قرار دارد و شامل: ذخیره‌های قابل استفاده، غیر قابل استفاده و مرده است.

Scanned with CamScanner

- Bank Storage

- ذخیره دیواره‌ای یا ذخیره جانبی (زیرزمینی)

آبی که از مخزن به لایه‌های جانبی آن نفوذ می‌کند و تا پایین رفتن سطح آب مخزن در آنجا باقی می‌ماند.

-ذخیره سالانه: تفاوت بین حداکثر و حداقل حجم ذخیره شده در مخزن را در طول یک سال

-Annual storage

بهره‌برداری از مخزن، ذخیره سالانه می‌نامند.

- Carry- Over Storage

- ذخیره بین سالی

ذخیره جمع‌آوری شده در سال‌های پرآبی به منظور تامین کمبودها در سال‌های خشک را ذخیره بین سالی می‌نامند.

-Coefficient of Storage

- ضریب ذخیره

ضریبی است که ارتباط بین ظرفیت ذخیره زنده مخزن به متوسط جریان سالانه ورودی به مخزن را نشان می‌دهد.

- Normal Water Level

- تراز عادی آب

تراز عادی آب در مورد مخازن دارای سرریز آزاد عبارت است از پایین‌ترین تراز آستانه سرریز. در مورد مخازنی که بده خروجی آن به طور جزیی یا کلی از طریق دریچه، سیفون و یا وسایل دیگر کنترل می‌شود تراز عادی آب عبارت است از بالاترین سطحی که آب مخزن می‌تواند در شرایط عادی بهره‌برداری به آن برسد (بدون در نظر گرفتن ظرفیت نگهداری سیل مخزن).

-Maximum Water Level

- تراز حداکثر آب

بالاترین تراز آب که پایداری سد با توجه به آن در نظر گرفته می‌شود و شامل ظرفیت نگهداری سیل نیز است.

- Minimum Operating Level Or
-Minimum Drawdown Level

- تراز حداقل آب، تراز حداقل بهره‌برداری

پایین‌ترین ترازی که آب مخزن می‌تواند در شرایط بهره‌برداری عادی به آن برسد. این تراز حد زیرین ذخیره قابل استفاده به شمار می‌رود.

-Freeboard

- ارتفاع آزاد

عبارت است از فاصله قائم بین تراز حداکثر آب و تاج سد

Scanned with CamScanner

۲- مراحل شبیه‌سازی سیستم مخزن مطابق فرم پ-۱

کلیه واحدها به غیر از تراز آب در مخزن که بر حسب متر از سطح دریا می‌باشد بر حسب میلیون متر مکعب استفاده می‌شوند.

۱- تراز آب مخزن در ابتدای ماه در ردیف یک جدول یادداشت می‌گردد.

۲- حجم متناظر با تراز مخزن در ابتدای ماه از منحنی سطح، حجم با ارتفاع خوانده شده در ردیف دوم جدول ثبت می‌گردد.

۳- نیاز آبی برآورد شده دوره مطالعاتی، به تفکیک نیاز آبی صنعت، کشاورزی و محیط زیست در ردیف‌های مربوطه درج می‌گردد.

٤- آبدهی متوسط، حداکثر و حداقل برآورد شده دوره مطالعاتی در جایگاه‌های مربوطه ردیف چهارم ثبت می‌شود.

٥-میزان حداکثر، متوسط و حداقل تبخیر و نشت برآورد شده در این بخش قرار داده می‌شود.

٦- حجم مخزن در انتهای دوره (ماه)، از رابطه بیلان جرمی به شرح زیر محاسبه و در ردیف ششم جدول قرار داده می‌شود.

$$Ve= Vs + I- L-D$$

Ve: حجم مخزن در انتهای دوره (میلیون متر مکعب)

Vs: حجم مخزن در ابتدای دوره (میلیون متر مکعب) ردیف دوم

I: آبدهی ورودی (میلیون متر مکعب) ردیف چهارم

L: تلفات و نشت (میلیون متر مکعب) ردیف پنجم

D: نیاز آبی (میلیون متر مکعب) مجموع اعداد ردیف سوم

حجم مزبور برای سه دوره حداکثر، حداقل و متوسط برای مقادیر مربوطه برآورد می‌شود.

۷- میزان حداقل تراز قابل قبول مخزن در انتهای دوره، با توجه به منحنی فرمان در ردیف هفتم یادداشت می‌گردد.

۸- میزان تراز آب مخزن در انتهای دوره متناظر با احجام برآورد شده در بند ششم، با توجه به منحنی رابطه سطح، حجم با ارتفاع در این بخش قرار داده می‌شود و وضعیت مخزن در انتهای دوره نسبت به بالاتر یا پایین‌تر بودن آن نسبت به رقوم حداقل قابل قبول یادداشت می‌شود.

در این بخش شرایط مخزن نسبت به تامین نیازهای آبی فرض شده معین می‌گردد. بدیهی است بالاتر بودن تراز مخزن نسبت به حداقل تراز قابل قبول بهره‌برداری، مبین این امر است که مخزن نسبت به تامین نیازهای آبی در شرایط ایمن قرار داشته، امکان تامین نیاز فراهم می‌باشد.

در صورت پائین‌تر بودن تراز مخزن در انتهای دوره نسبت به حداقل تراز قابل قبول در انتهای دوره، مخزن در شرایطی نبوده که قادر به تامین صد در صد نیاز در طی دوره فوق و یا ادامه سال آبی باشد، لذا جهت پرهیز از خالی شدن کامل مخزن می‌بایست با اعمال جیره‌بندی، درصدی از کل نیاز آبی تامین گردد.

Scanned with CamScanner

۹- نیاز آبی مورد نظر برای تامین در این ماه در ردیف نهم درج می‌گردد.

۱۰- در این قسمت وضعیت نیاز نسبت به نیاز متوسط و بالاتر یا پائین‌تر بودن مقدار آن نسبت به نیاز متوسط یادداشت می‌شود.

۱۱- با استفاده از معادله بیلان، حجم مخزن در انتهای دوره برای سه حالت محتمل حداکثر، حداقل و متوسط برآورد و یادداشت می‌گردد.

۱۲- تراز آب مخزن در انتهای دوره متناظر با حجم مخزن، برآورد می‌گردد و وضعیت مخزن نسبت به بالاتر یا پائین‌تر بودن آن نسبت به تراز حداقل قابل قبول در این بخش یادداشت می‌گردد.

۱۳- با توجه به وضعیت تراز مخزن نسبت به تراز حداقل قابل قبول، نسبت به پذیرش یا رد نیاز آبی مطابق مطالب مطروحه زیر اقدام می‌گردد.

الف- بالاتر بودن تراز مخزن نسبت به تراز حداقل قابل قبول

بالاتر بودن تراز مخزن نسبت به تراز حداقل قابل قبول به این معنا خواهد بود که مخزن نسبت به تامین نیازهای آبی تعریف شده خود، در ناحیه ایمن قرار گرفته و امکان تامین کامل نیاز فراهم می‌باشد.

ب- پائین‌تر بودن تراز مخزن نسبت به تراز حداقل قابل پذیرش

اگر تراز آب مخزن پائین‌تر از تراز حداقل قابل قبول در انتهای دوره قرار گیرد، مفهوم این خواهد بود که سد امکان تامین کامل نیازهای آبی تعریف شده خود را در طی دوره فوق نداشته و یا در صورت تامین کامل نیازهای آبی، امکان تهی شدن سد و شکست کامل آن در تامین نیازهای آبی در دوره‌های آینده فراهم می‌گردد. لذا جهت پرهیز از برخورد با شرایط فوق، بهره‌بردار می‌بایست نیاز آبی برآورد شده را به نسبتی که تراز مخزن در انتهای دوره پائین‌تر از تراز حداقل قابل قبول مخزن در انتهای دوره نباشد، اصلاح کرده و یا در شرایطی با در نظر داشتن وضعیت حوزه آبریز تجربیات موجود در زمینه بهره‌برداری و یا اولویت داشتن نیاز آبی در دوره فوق و در نظر داشتن مقدار ذخیره مخزن در دوره‌های بعد، ریسک پائین‌تر آمدن تراز مخزن از تراز حداقل قابل قبول را بپذیرد. این بند می‌تواند قوام با سعی و خطا و تغییر نیاز آبی تا رسیدن به وضعیت مطلوب، چندین بار تکرار گردد. (ردیف ۹ الی ۱۳)

۱۴- در این بخش وضعیت نیاز نسبت به نیاز مورد نظر بر حسب درصد ثبت می‌گردد.

۱۵- حجم مخزن در انتهای دوره، با توجه به نیاز آبی اصلاح شده به کمک معادله بیلان برآورد می‌گردد.

۱۶- تراز مخزن در انتهای دوره با استفاده از منحنی سطح و حجم با ارتفاع برآورد شده و در این بخش ثبت می‌گردد.

مقادیر حداکثر میانگین و حداقل آبدهی عنوان شده در جدول، مربوط به دوره‌های مرطوب، متوسط و خشک بوده که بر اساس سری بلند مدت آبدهی برآورد شده در محل سد مورد استفاده قرار گرفته شده‌اند. در ضمن مقادیر تلفات تبخیر و نشت حداکثر، متوسط و حداقل مربوط به نتایج مطالعات شبیه‌سازی

Scanned with CamScanner

می‌باشد. از آنجائی که کلیه آمارهای فوق در هنگام بهره‌برداری برداشت و ثبت می‌گردد، لذا شایسته است اعداد فوق با اطلاعات ثبت شده در محل سد، تدقیق و بهنگام گردد.

برنامه‌ریزی جهت بهره‌برداری از مخزن سد به این صورت خواهد بود که در ابتدای هر سال بهره‌بردار، نیاز آبی کشاورزی و شهری (شرب و صنعت) از سد به همراه توزیع ماهانه آن را از مسئولین مربوطه استعلام می‌نماید.

با مشخص شدن نیاز آبی و توزیع آن در طول سال، روند ارائه شده در فوق برای یکایک ماه‌های سال انجام شده، تراز مخزن در انتهای هر ماه مشخص می‌گردد. در شرایطی که ترازهای فوق بالاتر از حداقل تراز قابل قبول در انتهای دوره قرار گرفته باشد، امکان تامین نیازها میسر می‌باشد و در غیر اینصورت نیاز آبی می‌بایست اصلاح شده مقدار آب قابل تامین در هر ماه محاسبه گردد.

در این حالت درصدی از نیاز که در هر ماه امکان تامین آن می‌باشد اعلام می‌شود. بدیهی است میزان فوق برآوردی از شرایط مخزن در طی یکسال بوده که بر اساس اطلاعات دوره مطالعاتی بدست آمده است از آنجایی که ممکن است موارد بدست آمده با میزان واقعی تحقق یافته تفاوت داشته باشد. لذا مقادیر فوق می‌بایست در پایان هر ماه تدقیق شده و مراتب به مسئولین بهره‌برداری از شبکه و سازمان آب اعلام گردد.

شایان ذکر است که منحنی فرمان ارائه شده در گزارش بر اساس نیاز و توزیع ماهانه عنوان شده در دوره مطالعاتی محاسبه گردیده است لذا شایسته است در صورت تفاوت چشمگیر نیاز آبی و توزیع آن با موارد در نظر گرفته شده در گزارش، منحنی فرمان بهره‌برداری تدقیق گردد.

بهره‌برداری از مخزن مطابق روند فوق صورت گرفته و بیلان آبی سد در جدول شماره (پ-۲) یادداشت می‌گردد. بطوریکه:

$$V_e = Vs + \Delta V$$

V_E: حجم دریاچه در انتهای دوره [ستون ۱۲]

V_S: حجم دریاچه در ابتدای دوره [ستون ۱۲]

ΔV: تغییرات حجم دریاچه در طی دوره

$$\Delta V = Iv - Ov$$

Iv: حجم ورودی در طی دوره ، Ov: حجم خروجی در طی دوره

$$Iv = In + Ra * \overline{A} * ۰/۰۰۱$$

[ستون ۸]

In: آبدهی ورودی در طی دوره [۰۰۸٦٤* ستون ۵]

Ra: بارندگی در طی دوره (میلیمتر)[ستون ۷]

$\overline{A}$: متوسط سطح مخزن در طی دوره (کیلومتر مربع)

$$\overline{A} = (A۱ + A۲)/۲$$

A1: سطح مخزن در ابتدای دوره (کیلومتر مربع)

A2: سطح مخزن در انتهای دوره (کیلومتر مربع)

Scanned with CamScanner

$$Dv = Do + Io + Eo + Lo$$

Dv: حجم خروجی در طی دوره

Do: حجم خروجی برای مصارف شهری

Io: حجم خروجی برای مصارف کشاورزی

Eo: حجم خروجی برای مصارف حفظ محیط زیست

Lo: حجم تلفات تبخیر و نشت [ستون ۱۲]

$$Lo = Evap.v + Infl.v$$

$$Evap.v = \overline{A} * Em * ۰.۰۰۱$$

Evap.v: حجم تبخیر در طی دوره

Em: متوسط تبخیر در طی دوره (میلیمتر) [ستون ۸]

$\overline{A}$: متوسط سطح مخزن در طی دوره (کیلومتر مربع)

پس از تکمیل جدول فوق برای یکایک روزهای ماه، در انتها فرم بیلان ماهانه منابع آب به شرح زیر استفاده می‌شود. (پ-۳)

ستون شرح

۱- تراز آب مخزن در ابتدای دوره (masl) [متناظر با ردیف اول، ستون دوم فرم بیلان روزانه]

۲- حجم مخزن در ابتدای دوره (MCM) [متناظر با ردیف اول، ستون دوازده فرم بیلان روزانه]

۳- دبی آب ورودی به دریاچه (cms) [متوسط ستون پنجم فرم بیلان روزانه]

٤- حجم آب ورودی به دریاچه (MCM) [۰/۰۸٤* تعداد روزهای * (متوسط ستون پنجم فرم بیلان روزانه]

٥- دبی آب خروجی از سد به تفکیک نیاز آبی و سرریز در صورت وجود

٦- حجم آب خروجی از سد [0.0864* تعداد روزهای ماه * (دبی خروجی از سد)]

۷- میزان تبخیر و نشت اندازه‌گیری شده در طول دوره [مجموع احجام تلفات آبی در طی دوره (ستون یازدهم) فرم بیلان روزانه]

۸- تغییر حجم در طی دوره (mcm)

ستون ششم ستون یازدهم ستون پنجم

[حجم آب خروجی]- [حجم تلفات]-[حجم آب ورودی]+[حجم بارندگی]

۹- حجم مخزن در انتهای دوره (MCM) (ردیف اول ستون دوازدهم)

[تغییر حجم در طی دوره]+ [حجم مخزن در ابتدای دوره]

۱۰- تراز آب مخزن در انتهای دوره متناظر با حجم برآورد شده در ردیف نهم

Scanned with CamScanner

پ-۱- فرم پیش‌بینی بیلان ماهانه منابع آب سد علویان

ردیف	شرح	پارامتر		ملاحظات
۱	تراز آب مخزن در ابتدای دوره (masl)			
۲	حجم مخزن در ابتدای دوره (MCM)			
۳	نیاز آبی پیش‌بینی شده (MCM)	صنعت		
		کشاورزی		
		محیط زیست		
٤	آبدهی ورودی مطالعاتی (MCM)	حداکثر		
		متوسط		
		حداقل		
٥	تبخیر و نشت (MCM)	حداکثر		
		متوسط		
		حداقل		
٦	حجم مخزن در انتهای دوره (MCM)	حداکثر		
		متوسط		
		حداقل		
۷	تراز قابل قبول آب مخزن در انتهای دوره (masl)			
۸	وضعیت تراز قابل قبول آب مخزن در انتهای دوره (masl)	حداکثر		بالاتر از میزان قابل قبول پائین‌تر از میزان قابل قبول
		متوسط		
		حداقل		
۹	نیاز آبی مورد نظر (MCM)	شهری		
		کشاورزی		
		محیط زیست		
۱۰	وضعیت نیاز نسبت به نیاز متوسط		بالاتر از میزان متوسط/ پائین‌تر از میزان متوسط	
۱۱	حجم مخزن در انتهای دوره (MCM)	حداکثر		
		متوسط		
		حداقل		
۱۲	وضعیت تراز مخزن در انتهای دوره	حداکثر		بالاتر از میزان قابل قبول پائین‌تر از میزان قابل قبول
		متوسط		
		حداقل		
۱۳	املاح نیاز آبی (MCM)	حداکثر		
		متوسط		
		حداقل		
۱٤	وضعیت نیاز نسبت به نیاز مورد نظر	شهری	٪	
		کشاورزی	٪	
		محیط زیست	٪	
۱٥	حجم مخزن در انتهای دوره (MCM)	حداکثر		بالاتر از میزان قابل قبول پائین‌تر از میازن قابل قبول
		متوسط		
		حداقل		
۱٦	تراز مخزن در انتهای دوره (masl)	حداکثر		
		متوسط		
		حداقل		

Scanned with CamScanner

پ-۲- فرم بیلان منابع آب روزانه سد مخزنی علویان

۱	۲	۳	٤		٥	٦	۷		۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
تاریخ روز	اشل دریاچه	وضع هوا	درجه حرارت		دبی متر مکعب بر ثانیه		میزان بارندگی (میلیمتر)		آب مذاب برف (میلیمتر)	تبخیر (mm)	نشت (متر مکعب بر ثانیه)	حجم تلفات (MCM)	حجم دریاچه در انتهای دوره (میلیون متر مکعب)
			ماکزیمم	مینیمم	ورودی	خروجی	٦/٥ صبح	٦/٥ عصر					

Scanned with CamScanner

پ-۳- فرم بیلان منابع آب مخزن سد علویان

ردیف	شرح				
۱	تراز آب دریاچه در ابتدای دوره (masl)				
۲	حجم آب دریاچه در ابتدای دوره (MCM)				
۳	حجم آب ورودی	مترمکعب در ثانیه			
٤	حجم آب ورودی	میلیون متر مکعب			
٥	دبی آب خروجی (متر مکعب در ثانیه)	صنعت			
		کشاورزی			
		سرریز		مجموع	
٦	حجم آب خروجی (میلیون متر مکعب)	صنعت			
		کشاورزی			
		سرریز		مجموع	
۷	تبخیر و نشت (میلیون متر مکعب				
۸	تغییر حجم در طول دوره (میلیون متر مکعب)				
۹	حجم مخزن در انتهای دوره (میلیون متر مکعب)				
۱۰	تراز آب مخزن در انتهای دوره (msal)				

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

۳- نمونه جدول عملیاتی

ماه	مشخصات مخزن در ابتدای دوره					نیازهای آبی					مشخصات مخزن در انتهای دوره					
	تراز m	ذخیره MCM	سطح Km^2	ورودی به مخزن MCM	مجموع ستون MCM (۵+۳)	آبیاری MCM	آب مشروب MCM	برقابی MCM	تلفات تبخیر و نفوذ MCM	مجموع ستون (۷ تا ۱۰)	تراز m	ذخیره MCM	سطح Km^2	سرریز MCM	ارتفاع موثر توربین m	انرژی تولید شده Mwh
۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥	۱٦	۱۷

```
sets:
month/1..12/:n1,n2,n3,n4,n5,n6,n7,n8,qb1,sd,sdmin,sdmax,rleup,rledown,rcity,rri
down,rchannel,spill,ed,ETC,zridown,zleup,zledown,zcity,zchannel,zagribonab,rgw1
,rgw2,rgw3,ragribonab,zgw,rledown2;
end sets
data:
      qb1,ETC,zridown,zleup,zledown,zcity,zagribonab,zchannel,sdmin,sdmax,zgw=@
OLE('c:\Documents and Settings\fdaliri
      \in.XLS','qb1i','etc','zridown','zleup','zledown','zcity','zagribonab','z
channel','sdmin','sdmax','zgw');
      @OLE('c:\Documents and
Settings\fdaliri\out.XLS','n1i','n2i','n3i','n4i','n5i','n6i','n7i','n8i','sd',
'rleup','rledown','rcity','rridown','ragribonab','rledown2','rchannel','spill',
'ed','rgw1','rgw2','rgw3')=n1,n2,n3,n4,n5,n6,n7,n8,sd,rleup,rledown,rcity,rrido
wn,ragribonab,rledown2,rchannel,spill,ed,rgw1,rgw2,rgw3;
      A1=.0358;
      B1=369413;
      sdmin=5000;
      sdmax=60000;

ENDDATA
! MASS BALANCE محدوديتهاي مربوط به سد و معادله;
@for(month(i)|i#lt#12:
      sd(i+1)=sd(i)+qb1(i)-rleup(i)-rcity(i)-spill(i)-ed(i)-rchannel(i)-
renv(i););
sd(1)=sd(12)+qb1(12)-rleup(12)-rcity(12)-spill(12)-ed(12)-rchannel(12);
sd(1)=sdmin(1);
@for (month:
ed=(A1*sd+B1)*ETC/10000;
@bnd(sdmin,sd,sdmax););
! محدوديتهاي زيست محيطي;
@for (month:
n1>=.45*30*24*3600/1000;
n2>=.45*30*24*3600/1000;
n3>=.45*30*24*3600/1000;
n6>=.45*30*24*3600/1000;
n7>=.45*30*24*3600/1000;
! محدوديت در گرهها و كانالها;
rchannel=4900;
rledown<=15552;
n1-rchannel-rledown+(.25*rleup)+(0.5*rcity)=n2;
rridown<=n4+rchannel;
n4+rchannel-rridown+(.25*(rgw1+rridown))=n5;
n2+n5=n3;
rledown2<=n3;
n3-rledown2=n6;
ragribonab<=n6+(.25*(rledown+rledown2+rgw2));
n6+(.25*(rledown+rledown2+rgw2))-ragribonab=n7;
n7+(.25*(ragribonab+rgw3))=n8;n8=14000;
! محدوديت در تامين نياز كشاورزي با توجه به ظرفيت تامين هر يك از مناطق;
rgw1+n4<=zridown;
rleup<=zleup;
rledown2+rledown+rgw2<=zledown;
ragribonab+rgw3<=zagribonab;
rgw1+rgw2+rgw3=zgw;
rcity=zcity;);
!تابع هدف;
max=@sum(month:1000*rridown+1000rledown2+1000*rledown+1000*rleup+1000*ragribona
b+1000*(rgw1+rgw2+rgw3)+1000*n7);
```


Scanned with CamScanner

۵- متغیرهای مدل ریاضی

n1 ... n8	گره های کنترلی روی رودخانه صوفی چای
qb1	دبی ورودی به رودخانه صوفی چای
sdmax	حجم ذخیره حداکثر سد علویان
sdmin	حجم ذخیره حداقل سد علویان
rchannel	انحراف از مراغه به خانقاه (نیاز صنعت)
ragribonab	ورودی از صوفی چای به کشاورزی منطقه بناب
rgw1	ورودی از منابع آب زیرزمینی به کشاورزی ساحل چپ
rgw2	ورودی از منابع آب زیرزمینی به کشاورزی ساحل راست
rgw3	ورودی از منابع آب زیرزمینی به کشاورزی بناب
rleup	ورودی از سد علویان به کشاورزی اطراف مراغه
rledown2	ورودی از پایین دست صوفی چای به کشاورزی ساحل راست
rledown	ورودی از بالادست صوفی چای به کشاورزی ساحل راست
rcity	ورودی شهری و روستایی (بهداشت و شرب)
rridown	ورودی از مردق چای به کشاورزی ساحل چپ
zridown	نیاز کشاورزی ساحل چپ
zleup	نیاز کشاورزی اطراف شهر مراغه
zledown	نیاز کشاورزی ساحل راست
Zcity	نیاز شهر (بهداشت و شرب)
Zagribonab	نیاز کشاورزی بناب
Zgw	ظرفیت منابع آب زیرزمینی
Spill	میزان سرریز از سد علویان
ETC	تبخیر از سد علویان (mm)
Ed	تبخیر از سد علویان (میلیون مترمکعب)
Sd	حجم ذخیره سد علویان
n4	آب مازاد رودخانه مردق چای پس از کسر حقابه ها

Scanned with CamScanner

منابع مورد استفاده:

۱. ابریشمی جلیل، حسینی محمود، ۱۳۸۰، هیدرولیک کانال‌های باز، گروه عمران دانشکده مهندسی فردوسی مشهد، چاپ هشتم.

۲. افشار ناصر رستم، ۱۳۷۵، مهندسی منابع آب، سازمان تحقیقات منابع آب، چاپ اول.

۳. بزرگ‌نیا ابوالقاسم، امین علیزاده، محمود نقیب‌زاده، حمید خیابانی (ترجمه)، ۱۳۶۹، تحلیل فراوانی وقایع و ریسک در هیدرولوژی، آستان قدس رضوی، چاپ اول.

٤. تعیین بار کل رسوب رودخانه‌ها به روش انیشتین و کلبی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، وزارت نیرو، نشریه شماره ۲۷۳، ۱۳۸۳.

۵. حق‌نگهدار امین، ۱۳۸۲، اصلاح و پیش‌بینی حجم رواناب رودخانه با استفاده از سیگنال‌های هواشناسی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده عمران و محیط زیست.

٦. حیدرپور جلال (مترجم)، یارومیر نه‌مک (مؤلف)، ۱۳۷۰، مهندسی آب، کشاورزی و منابع طبیعی، مرکز نشر دانشگاهی تهران، چاپ اول.

۷. خطیبی سحر، ۱۳۸۵، تأثیر دیوار سیل‌بند بر پروفیل سطح آب در مناطق شهری (مطالعه موردی رودخانه صوفی چای) پایان نامه کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه صنعت آب و برق.

۸ خواجه موگهی عبدالکریم، ۱۳۷۹، انتخاب سیلاب طراحی، وزارت نیرو، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، نشریه ۲٦، چاپ اول.

۹. دلیری فرهاد، ۱۳۸۱، مطالعات هیدرولوژی و رسوب منطقه با هوکلات-گاندو- استان سیستان و بلوچستان طرح مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست.

۱۰. دلیری فرهاد، ۱۳۸۳، اهمیت قوانین و حقوق آب در مدیریت حوزه‌های آبخیز، موضوع تحقیق، کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران.

۱۱. دلیری فرهاد، ۱۳۸۵، سیل‌خیزی و کنترل سیلاب، شمال نیشابور، وزارت جهاد سازندگی، مهندسین مشاور نشتاک.

۱۲. دلیری، فرهاد و فیض نیا سادات و قدوسی جمال، ۱۳۸۰، بررسی نتایج تحقیقاتی استفاده از مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب در برخی از حوزه‌های آبخیز کشور، جلسه بحث کارشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۱۳. دلیری، فرهاد، ۱۳۸٤، تعدیل روش IUDRN برای پیش‌بینی و تولید تصادفی داده‌های دبی جریان سالانه رودخانه‌ها، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران.

۱٤. راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها، وزارت نیرو- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۳، نشریه شماره ۲۷۲.

۱۵. رشتچی ژاله (مترجم)، ۱۳۷۳، برآورد حداکثر بارش محتمل (PMP)، وزارت نیرو.

۱٦. رهبر داود، اثرات طرح‌های عمرانی بر محیط زیست، مجله پیام آبادگران شماره ۱۷۵-۱۷٤.

۱۷. سلطانی کوپایی سعید، اسلامیان سعید، (ترجمه) ۱۳۸۱، تحلیل فراوانی سیل، انتشارات ارکان، چاپ اول.

۱۸. سیاری مجید (مترجم)، ۱۳۷۹، بولتن هزنیه کنترل سیلاب در سدها، وزارت نیرو، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، نشریه ۲۸، چاپ اول.

۱۹. ضیائی حجت الله، بهنیا عبدالکریم، ۱۳۸۰، دانشگاه چمران، اصول مهندسی آبخیزداری، ناشر دانشگاه امام رضا(ع)، چاپ اول.

۲۰. علیرضا انتظاری(مترجم)، ویکتورال، استریتر و ای. بنجامین وایلی، ۱۳۷۵، مکانیک سیالات، ناشر شهر آب با همکاری کتابیران، چاپ اول.

۲۱. علیزاده امین، ۱۳۸۰، اصول هیدرولوژی کاربردی، دانشگاه امام رضا، چاپ سیزدهم.

Scanned with CamScanner

۲۲. کارآموز محمد و عراقی نژاد شهاب، ۱۳۸٤، هیدرولوژی پیشرفته، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، چاپ اول.
۲۳. کارآموز محمد، کراچیان رضا، ۱۳۸۲، برنامه‌ریزی و مدیریت کیفی سیستم‌های منابع آب، نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، چاپ اول.
۲٤. کاظمی بهزاد، ۱۳۷۸، نگرش سیستماتیک بر بررسی اثرات زیست‌محیطی (اقتصادی- اجتماعی) سدها در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد (مهندسی آب)، دانشگاه امیرکبیر.
۲۵. مجموعه مقالات کنفرانس ملی نیروگاه‌های آبی کشور، ۱۳۸۲، وزرات نیرو.
۲٦. محسن محسنی ساروی، ۱۳۸۳، مدیریت حوزه‌های آبخیز، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
۲۷. محمدی فتیده محمد، ۱۳۷۷، شناخت منابع آب، انتشارات دانشگاه گیلان، چاپ دوم.
۲۸. مدیریت منابع آب و آبخیزداری، گزارش سمینار مشترک ایران و فرانسه، ۱۳۷۲، دانشگاه تهران.
۲۹. مرتضی حسینیان، ۱۳٦۹، مسأله تولید بو در آب دریاچه‌ها و مخازن سدها، نشریه آب شماره ۹، آبان.
۳۰. مسعود زاده علی اصغر، ۱۳۷۸، ارزیابی اثرات زیست محیطی سد مخزنی شهید رجایی، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه امیرکبیر.
۳۱. مشایخی مهندس، ۱۳۸۰، بررسی سیل‌های تاریخی کشور، وزارت نیرو، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، چاپ اول.
۳۲. مکنون رضا، ۱۳٦۸، اثرات زیست محیطی سد - بررسی نظرات و تحولات آنها، مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، دانشکده فنی تهران.
۳۳. مهاب قدس، اراضی زیرکشت آبخور سد علویان.
۳٤. مهاب قدس، طرح چند منظوره، صوفی چای، بهینه‌سازی عملیات بهره‌برداری از مخزن مرداد ۱۳٦٤.
۳۵. مهاب قدس، طرح چند منظوره، صوفی چای، گزارش میانی هواشناسی - هیدرولوژی.
۳٦. مهاب قدس، طرح چند منظوره، صوفی چای، مطالعات دوم شبکه آبیاری و زهکشی، شهریور ۱۳۷٤.
۳۷. مهاب قدس، طرح شبکه توزیع آب شهر مراغه، گزارش خطوط انتقال بین مخازن و سد علویان مهر ۱۳۷۳.
۳۸. مهاب قدس، طرح شبکه توزیع شرب مراغه، گزارش مطالعات شهری و نیاز آبی، مهر ۱۳۷۰.
۳۹. مهاب قدس، مطالعات رسوب در سد علویان مرداد ۱۳۷۳.
٤۰. مهدوی محمد، ۱۳۸۱، هیدرولوژی کاربردی، ج ۱ و ۲، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.
٤۱. میرابوالقاسمی، اثرات احداث سد بر تعادل طبیعی رودخانه‌ها و برخی از جنبه‌های زیست‌محیطی آن، مجله آب و توسعه سال ششم، شماره اول.
٤۲. میرزادگان سیدجلال، ۱۳۸۰، چگونگی بهره‌برداری و نگهداری از سدها، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، کمیته فنی کنترل ایمنی و پایداری سدها، نشریه شماره ۳۷.
٤۳. نجفی محمدرضا (مترجم)، وی - پی - سینگ (مؤلف)، ۱۳۸۱، سیستم‌های هیدرولوژیکی (مدل‌سازی، پارندگی - رواناب). جلد ۱ و ۲، دانشگاه تهران، چاپ اول.
٤٤. نجمائی محمد، ۱۳٦۹، هیدرولوژی مهندسی ج ۲، دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ دوم.
٤۵. نجمائی محمد، ۱۳۷۲، هیدورلیک کاربردی، جلد ۱ و ۲، دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ.
٤٦. وفائیان محمود، ۱۳۷٤، سدهای پاره سنگی، دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ اول.
٤۷. وهاب‌زاده عبدالحسین، (زمین سیاره‌ای زنده)، دانیل بوتکین-ادوارد کلر (مؤلف)، شناخت محیط زیست.

Scanned with CamScanner

48. ASCE, Civli Engineering Guidline for planning and Designing Hydroelectric Development" Volume ¼. USA. 1989.
49. Bartholic, J.F.,J.R. Runkels, and E.B. stenmark: Effector a Monolayer on Reservior Temperature and Evaporation. Water Resour. Res.,Vol. 3, PP. 173-180, 1967.
50. Borland, W.Mr and C.R.Miller, "Distrbution of sediment in large reservoirs", Trans. Asce Vol, 125, Pt.I. 166-180 (1960).
51. Box, G.E.P., and G.M. Jenkins: Time series Analysis: forecasting and control,"Holden Day, sanfrancisco, 1970.
52. Brune, G.M.,"Trap efficiency of reservoirs". Trens Amer, Geophys. Union; Vol, 34, No, 3 (1953).
53. Burges, sj.: USA of stochastic Hydrology to determine storage requirements for reservoirs: A critical Analysis, stanford univ. progr, eng. Econ. Plann. Rep. EEP-34, 1970.
54. Crawford, N.H., and R.K. Linsley: Digital simulation in Hydrology: Stanford watershed model IV, Stanford unive., Dept. Civ. Eng. Tech, Rep. 39, 1966.
55. Garret, D.R.,and R.D. Hoy:Astudy of monthly lake to pan coefficients using a numerical lake model, Proc. Hydrology symposium, canberra, sept. 5-6, 1978. PP, 145-149, 1978.
56. Geospatial Hydrologic modeling User's manual version 1.1, U.S.Army Hydrologic Engineering center, 2003.
57. Gulliver, J.S.,and R.E Hydropower Engineering handbook, Mcgraw-hill, Newyork, 1990.
58. Harbeck, G.E., and F.W.Kennon: the nater-Budjet control, m water-Loss investigations: Lake Hefner studies, Technical Report. Us.Geol. Surv prof. Pap. 269, P.34, 1954.
59. Hashimoto, T.J.R.Stedinger, and D.P.Loucks, Reliability, Resiliency and rulnerability criteria for water resources performance evaluation,"water resources res, 18(1), 14-20.
60. Hufschmidt, M.,and M. Fiering: "Simulation thechiniques for the design of water-Resource systems, Harvard university press", cambride, mass., 1962.
61. Hydrologic Engineering methods for water resourses Development, 1977. Reservoir yield., Vol.8.U.S.Army, Davis, california, 95 616.
62. Hydrologic enginering methods for water resources development, reservoir system analysis for conservation "Vol. 9.,u.s the Hydrologic Engineering center, crops of Engineers U.S.Army, Davis, California, June 1977.
63. Icold Bulten-"Dams and Enviroment"- Bultan 65-1988.
64. Karamouz, M.,F. Szidarorszky, and B.Zahraie (2003), Water Resources systems Analysis, Lewis publishers, USA.
65. Kizystofowicz. R.The case for probabilistic forecasting in Hydrology" journal of Hydrology, Vol 49, 2-9. (2001).
66. KN MUTREJA, Applied hydrology, Superintending Engineer U.P. Irrigation department,

Scanned with CamScanner

Roorkee, Mc Graw-Hill, 1986.

67. Langbein, W.B., C.H. Hains, and R:C. Culler: Hydrology of stock-water Reservoirs in Arizona, U.S.Geol.Surir. Cire. 110, 1951.
68. Lettenmaier, D.P., and S.J. Burges: climate change: Detection and its Impact on Hydrologic Design, water resoures, Vol. 14, no, 4, PP. 679-687, 1978.
69. Loucke D.P-"water resources management", 1990.
70. Nicolas Spulber and Asghar Sabbaghi, Economics of water resources: From regulation to privatization, plan and budjet organization center for socio-Economic Documentation and publications, 1999.
71. Opertional Assessuent of Hydrologic models of long-Term persistence, water resour. Res.,vol. B, no. 1, PP, 113-124., 1977.
72. Ray K. Linsley, Joseph B.franzini, David L.Freyberg, George Water-Resources Engineering tchobano glous, Fourth Edition, Mc Graw-Hill, inc, 1992.
73. Rayk. Linsley, JR. Maya kohler, Joseph L.H. Paulhus,Hydrology for engineers. Mc graw-Hill series in water resources and environmental, Engineering, Third edition, 1982.
74. T.Savill, Jr., E W.Mc clendon, and A.L. Cochran, Freeboard Allowances for waves in inland Reservoirs, J. Waterways Harbors Div, ASCF, PP. 93-124, may 1962.
75. T.Von karman, Discussion of pressures on a dam during Earthquakes, Trans. ASCE, Vol. 98, PP. 434-436,1933.
76. Thomas, H.A., Jr., and M.B. fiering: the Natur of the storg yield function, in operations research in water Quality Management, Harvard university water program, 1963.
77. U.S.Water Resources council, principles and standards for planing water and Related land resources, fed. September 10, 1973, revised september 29, 1980.
78. Urban water supply, rept. EEP-36, Department of civil Engineering stanford university, septamber, 1970.
79. US Army corps of mgineers." Simulation of flood cantrol and Conservotion system" the Hydrologic engineering center.
80. V. P. Singh, Hydrologic systems, Rainfall-Runoff Modelling; 2oo2.
81. Volker, A, Henry.J,C" side effect of water resources Management" IAHS. 1988.
82. Water policies for the future, national water commission, pp.130-138, washington, D.C.,1973.
83. Yamaoka,Hoshi, K.,S.Y. Burgeso and linsley, JR, Reservoir Design capacities for various seasonal operational Hydrology models, Japan soc-civ-Eng., no 273, PP. 121-734. May 1978.

Scanned with CamScanner