جمهوری اسلامی ایران

راهنمای مطالعات بهره برداری از مخازن سدها

نشریه شماره ۲۷۲

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
http://www.mporg.ir/fanni.htm

وزارت نیرو
شرکت مدیریت منابع آب ایران
دفتر استانداردها و معیارهای فنی
http:/www.wrm.or.ir/standard

جمهوری اسلامی ایران

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

راهنمای مطالعات بهره برداری از مخازن سدها

نشریه شماره ۲۷۲

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

معاونت امور فنی

دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی

وزارت نیرو

شرکت مدیریت منابع آب ایران

دفتر استانداردها و معیارهای فنی

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۳/۰۰/۳۷

۱۳۸۳

فهرستبرگه

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
راهنمای مطالعات بهره برداری از مخازن سدها/ معاونت امور فنی، دفتر تدوین‌ضوابط و معیارهای فنی ؛ وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران، دفتر استانداردها و معیارهای فنی .- تهران: سازمان‌مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی ، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۱۳۸۳.
۷۰ ص.:نمودار.- (سازمان‌مدیریت و برنامه ریزی کشور.دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی؛ نشریه شماره ۲۷۲)(انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور؛۸۳/۰۰/۳۷)

ISBN 964-425-527-5

مربوط به بخشنامه شماره ۱۰۱/۴۲۵۵۸ مورخ ۱۳۸۳/۳/۱۶
واژه نامه
کتابنامه:ص.۷۰-۶۹

۱.مخزن‌های آب - امکان سنجی. ۲. سیل بندها و مخزنهای آب - امکان‌سنجی.الف.سازمان مدیریت منابع اب ایران، دفتر استانداردها و معیارهای فنی . ب. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۸۳ ش.۲۷۲ ۲۴س/۳۶۸ TA

شابک ۵-۵۲۷-۴۲۵-۹۶۴ ISBN 964-425-527-5

راهنمای بهره برداری از مخازن سدها

ناشر:سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. معاونت امور پشتیبانی. مرکز مدارک علمی و انتشارات
چاپ اول: ۱۵۰۰ نسخه
قیمت: ۹۰۰۰ ریال
تاریخ انتشار:سال ۱۳۸۳
لیتوگرافی:قاسملو
چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
دفتر رئیس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مشاوران و پیمانکاران	**شماره:** ۱۰۱/۴۲۵۵۸
	تاریخ: ۱۳۸۳/۳/۱۶

موضوع: راهنمای مطالعات بهره برداری از مخازن سدها

به استناد آیین نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی موضوع ماده۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت ۱۴۸۹۸ه، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران)به پیوست، نشریه شماره ۲۷۲ دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی این سازمان،با عنوان «راهنمای مطالعات بهره برداری از مخازن سدها» از نوع گروه سوم، ابلاغ می‌گردد.

دستگاه‌های اجرایی ، مهندسان مشاور،پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده نمایند و در صورتی که روشها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتر در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را برای دفترتدوین ضوابط و معیارهای فنی این سازمان، ارسال دارند.

حمید شرکاء

معاون رییس جمهور و رییس سازمان

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی :

دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آنرا برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است . با وجود تلاش فراوان ، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی ، فنی ، ابهام ، ایهام و اشکالات موضوعی نیست . از این‌رو ، ***از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را بصورت زیر گزارش فرمایید :***

۱ - شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید .

۲ - ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید .

۳ - در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید .

۴ - نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید .

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود .

نشانی برای مکاتبه : تهران، خیابان شیخ‌بهائی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره ۲۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
صندوق پستی ۴۵۴۸۱- ۱۹۹۱۷

www.mporg.ir/fanni/S.htm

بسمه تعالی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان سنجی) مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیتی ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام‌شده طرحها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

با توجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر تدوین ضوابط و معیارهافنی) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان و صاحبنظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد

ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحبنظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

معاون امور فنی

بهار ۱۳۸۳

ترکیب اعضای کمیته

این استاندارد با همکاری مهندسین مشاور زیستاب، آقای دکتر محمدصادق صادقیان و اعضای کمیته سدسازی به اسامی زیر تهیه و تدوین شده است:

آقای مسعود حدیدی مود	**شرکت مهندسی مشاور مهاب‌قدس**	**فوق‌لیسانس مکانیک**
آقای عبدالواحد رزاقی	**کارشناس آزاد**	**فوق‌لیسانس هیدرولیک**
خانم نوشین رواندوست	**طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور**	**لیسانس سازه**
آقای محمدطاهر طاهری بهبهانی	**شرکت مهندسین مشاور توان‌آب**	**فوق‌لیسانس هیدرولیک**
آقای حمید غنی‌زاده	**کارشناس آزاد**	**فوق‌لیسانس هیدرولیک و راه و ساختمان**
آقای چنگیز فولادی‌نشتا	**شرکت مدیریت منابع آب ایران**	**دکترای هیدرولیک**
آقای عبدالرحیم کیا	**کارشناس آزاد**	**دکترای هیدرولیک**
آقای حسین میرزاد	**کارشناس آزاد**	**دکترای راه و ساختمان**
آقای علی یوسفی	**شرکت سهامی خدمات مهندسی برق (مشانیر)**	**فوق‌لیسانس معدن و زمین‌شناسی مهندسی**

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
بخش اول : راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها - مرحله شناسایی	۱
۱- کلیات	۳
۱-۱ مقدمه	۳
۱-۲ هدف	۳
۱-۳ دامنه کار	۵
۱-۴ طبقه‌بندی مخازن	۵
۱-۴-۱ مخازن یک منظوره	۵
۱-۴-۲ مخازن چند منظوره	۵
۲- داده‌های پایه	۶
۲-۱ نقشه‌های توپوگرافی، منحنیهای سطح، حجم و ارتفاع	۷
۲-۲ داده‌های هیدرولوژیکی	۷
۲-۳ داده‌های هواشناسی	۷
۲-۴ نیازهای آبی	۷
۳- بررسی اولیه گزینه‌ها	۸
۳-۱ بررسی گزینه‌های مکانی	۸
۳-۲ بررسی گزینه‌های ابعادی	۸
۴- محاسبات عملکرد مخزن	۸
۴-۱ روشهای محاسباتی متداول	۹
۴-۱-۱ روشهای دوره بحرانی	۹
۴-۱-۲ روشهای مهندسی سیستمها	۱۴
۴-۱-۳ روشهای شبیه سازی	۱۴
۴-۲ محاسبات بهینه‌سازی	۱۴
۴-۳ غربال کردن اولیه گزینه‌ها	۱۴
۴-۴ محاسبات شبیه‌سازی	۱۵
۵- انتخاب گزینه‌های برتر	۱۵
۵-۱ محل مناسب مخزن	۱۵
۵-۲ درصد تضمین آب برای اهداف مختلف	۱۶

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
۵-۳	حجم آب قابل تنظیم	۱۶
۵-۴	متوسط کمبود دراز مدت	۱۶
۵-۵	به حداقل رساندن میزان آب سرریز شده از سد	۱۶
۵-۶	بازده ذخیره‌سازی	۱۷
۵-۷	میزان تلفات آب	۱۷
۶-	نتایج مطالعات بهره‌برداری مخزن	۱۷
۶-۱	مشخصات فیزیکی مخزن	۱۷
۶-۱-۱	حجم مخزن در تراز عادی	۱۷
۶-۱-۲	حداکثر حجم مخزن	۱۸
۶-۱-۳	حجم مفید مخزن	۱۸
۶-۱-۴	حداکثر تراز بهره‌برداری	۱۸
۶-۱-۵	حداقل تراز بهره‌برداری	۱۸
۶-۱-۶	حجم مرده مخزن	۱۸
۶-۱-۷	ارتفاع آزاد	۱۹
۶-۲	پارامترهای اصلی مخزن	۱۹
۶-۲-۱	آبدهی مخزن	۱۹
۶-۲-۲	آبدهی قطعی (مطمئن)	۱۹
۶-۲-۳	آبدهی ثانویه	۱۹
۶-۲-۴	حداکثر آبدهی ممکن	۱۹
۶-۳	تخصیص ظرفیت مخزن به احجام مختلف	۲۰
۷-	گزارش مطالعات بهره‌برداری از مخزن	۲۰
بخش دوم : راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها- مرحله توجیهی		۲۳
۱-	کلیات	۲۵
۱-۱	مقدمه	۲۵
۱-۲	هدف	۲۷
۱-۳	دامنه کار	۲۷

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
۲-	داده‌های پایه	۲۷
۲-۱	نقشه‌های توپوگرافی، منحنیهای سطح، حجم و ارتفاع	۲۷
۲-۲	داده‌های هیدرولوژیکی	۲۸
۲-۲-۱	آمار آبدهی ماهانه رودخانه	۲۸
۲-۲-۲	اطلاعات مربوط به بارکل رسوب رودخانه	۲۸
۲-۲-۳	اطلاعات مربوط به نفوذ آب در مخزن	۲۹
۲-۳	داده‌های هواشناسی	۲۹
۲-۳-۱	آمار بارندگی	۲۹
۲-۳-۲	تلفات تبخیر از مخزن	۲۹
۲-۴	نیازهای آبی	۳۰
۲-۴-۱	نیازهای آب آشامیدنی و صنعتی	۳۰
۲-۴-۲	نیازهای آب کشاورزی	۳۰
۲-۴-۳	نیازهای برقابی	۳۰
۲-۴-۴	نیازهای زیست محیطی	۳۱
۲-۴-۵	نیازهای کنترل سیل	۳۱
۲-۴-۶	سایر نیازها (کشتیرانی، اهداف تفریحی و ...)	۳۱
۲-۵	فراخوانی داده‌های موردنیاز	۳۱
۳-	بررسی گزینه نهایی	۳۲
۴-	محاسبات بهره‌برداری از مخازن	۳۲
۴-۱	روشهای محاسباتی متداول	۳۲
۴-۱-۱	روشهای مهندسی سیستمها	۳۳
۴-۱-۲	روشهای شبیه‌سازی	۳۴
۴-۲	انتخاب روش محاسباتی	۳۶
۴-۳	محاسبات بهینه‌سازی	۳۷
۴-۴	غربال کردن گزینه‌ها با استفاده از مدلهای ریاضی	۳۷
۴-۵	محاسبات شبیه‌سازی	۳۸

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
۵-	انتخاب گزینه نهایی	۳۹
۵-۱	گزینش محل مناسب مخزن	۳۹
۵-۲	درصد تضمین آب برای اهداف مختلف	۳۹
۵-۳	حجم آب قابل تنظیم	۳۹
۵-۴	متوسط کمبود درازمدت	۳۹
۵-۵	به حداقل رساندن میزان آب سرریز شده از سد	۴۰
۵-۶	بازده ذخیره‌سازی	۴۰
۵-۷	میزان تلفات آب	۴۰
۵-۸	ارزیابی اقتصادی گزینه‌های مختلف	۴۰
۶-	نتایج مطالعات بهره‌برداری مخزن	۴۰
۶-۱	مشخصات فیزیکی مخزن	۴۱
۶-۲	پارامترهای اصلی مخزن	۴۱
۶-۳	تخصیص ظرفیت مخزن به احجام مختلف	۴۲
۶-۳-۱	حجم زنده	۴۴
۶-۳-۲	حجم مرده	۴۴
۶-۳-۳	حجم ذخیره کنترل سیلاب	۴۵
۷-	گزارش مطالعات بهره‌برداری از مخزن	۴۵
بخش سوم : راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها - مرحله طراحی تفصیلی		۴۹
۱-	کلیات	۵۱
۱-۱	مقدمه	۵۱
۱-۲	هدف	۵۱
۱-۳	دامنه کار	۵۳
۲-	داده‌های پایه	۵۳
۳-	محاسبات عملکرد مخزن	۵۴
۴-	منحنیهای فرمان	۵۴
۴-۱	مشخصه‌های منحنی فرمان	۵۵

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
۴-۲	اصول تهیه منحنی فرمان	۵۵
۴-۳	تعیین منحنی فرمان	۶۱
۴-۴	نمونه‌هایی از منحنیهای فرمان بهره‌برداری از مخازن	۶۱
۵-	گزارش مطالعات بهره‌برداری از مخازن	۶۵
۶-	واژگان	۶۶
۷-	منابع و مآخذ	۶۹

بخش اول:

راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها

مرحله شناسایی

۱- کلیات

۱-۱ مقدمه

محدودیت منابع آبی کشور و افزایش روزافزون نیازهای آبی در زمینه‌های شرب، کشاورزی، صنعت، تولید برق، مسائل زیست محیطی و غیره ایجاب می‌نماید که مطالعات برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب به منظور ذخیره‌سازی و بهره‌برداری بهینه از مخازن سدها به نحو مطلوب و در چهارچوب اهداف طرح، با توجه به اولویت نیازها و در قالب یک شیوه مطالعاتی استاندارد شده صورت پذیرد. متاسفانه به علت فقدان استانداردهای مدون در مقیاس ملی، شرایطی پدید آمده است که برای انجام دادن مطالعات مذکور ضوابط و معیارهای فنی و مهندسی ناهمگون و نامناسب به‌کار گرفته می‌شود که آثار نامطلوب آن غالبا در بسیاری از پروژه‌های آبی کشور به‌چشم می‌خورد. با در نظر گرفتن مراتب فوق لزوم تهیه، تنظیم و تدوین استاندارد مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها با بهره‌گیری صحیح از مراجع بین المللی و تجارب ملی با توجه به سطوح مختلف مطالعات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

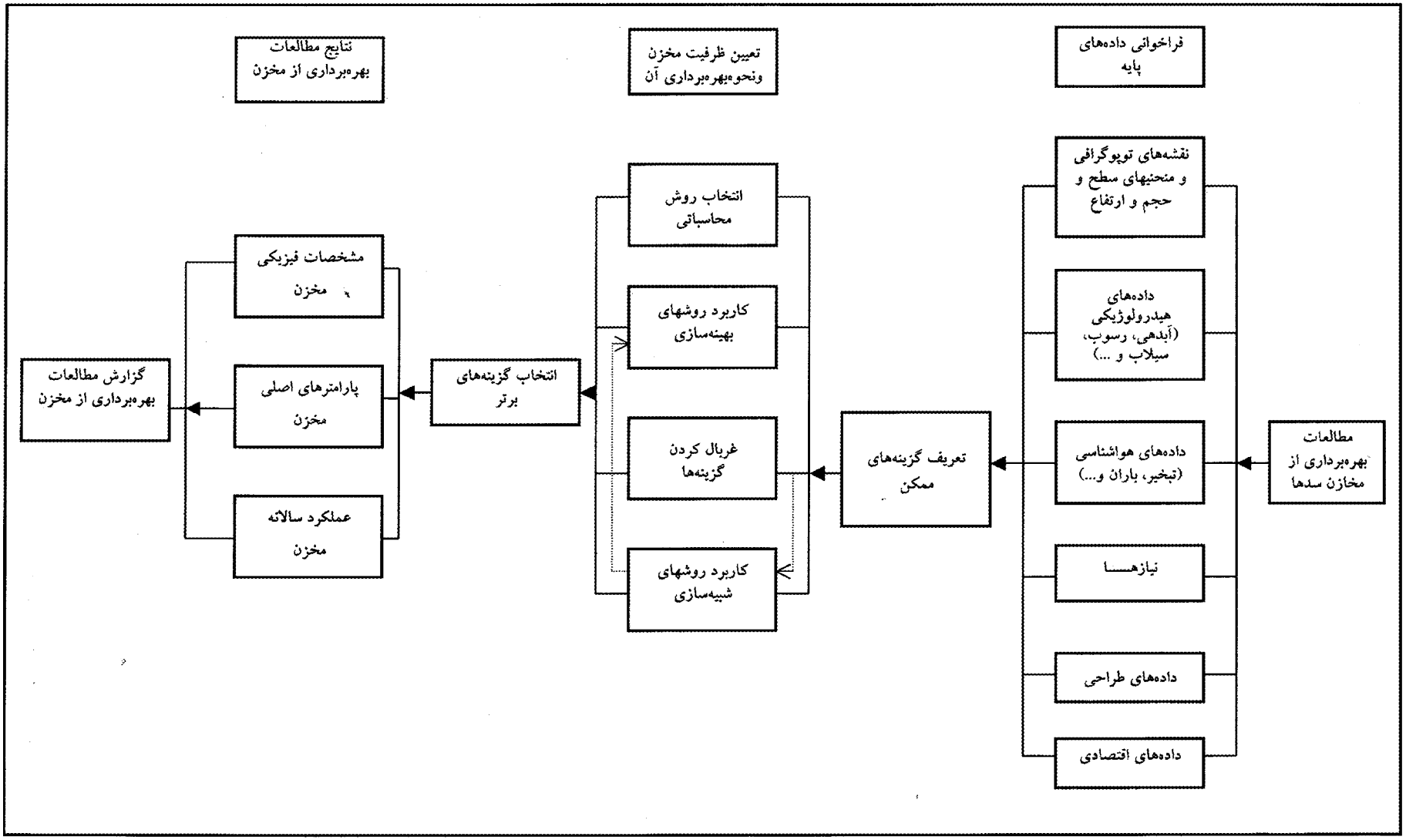
در این راهنما سعی گردیده است استاندارد مورد نظر در قالب موضوع " راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها" با در نظر گرفتن مراحل مختلف مطالعات (شناسائی، توجیهی و طراحی تفصیلی)، برای مرحله شناسائی تهیه و تدوین گردد. در این مرحله، با توجه به داده‌ها و اطلاعات موجود، گزینه‌های برتر از میان گزینه‌های مطرح و قابل رقابت، مورد شناسایی، بررسی و ارزیابی قرار گرفته و پس از مشخص شدن آنها، برای تدقیق بیشتر به محک ارزیابیهای فنی و اقتصادی مطالعات مرحله بعد توجیهی، سپرده می‌شود.

هدف اصلی از مطالعات این مرحله، شناسایی گزینه‌های قابل قبول و ارزیابی مقدماتی و غربال کردن گزینه‌ها و ارائه گزینه یا گزینه‌های قابل توجیه برای تدقیق در مرحله بعدی مطالعات می‌باشد. روند کلی مطالعات بهره‌برداری از مخازن در مرحله شناسایی در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است. در این راهنما صرفاً به جنبه‌های کمی بهره‌برداری پرداخته و فرض شده است که بهره‌برداری، در حالت سیستم یک مخزنی است. در مورد استفاده تلفیقی از آب زیرزمینی و مخزن سد، فرض بر این است که این مطالعات طی بررسیهای جداگانه صورت پذیرفته و نتایج آن در بهره‌برداری از مخزن سد منظور شده است.

۱-۲ هدف

هدف از تهیه این راهنما ارائه خلاصه‌ای از مجموعه روشهای فنی برای طراحی مخازن به منظور ذخیره‌سازی و بهره‌برداری و تشریح روشهای مهم و ارائه راهنمائیهای لازم به منظور انتخاب روش مناسب و ارزیابی نتایج در مرحله شناسایی می‌باشد.

نمودار ۱- روند نمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها (مرحله شناسایی)



۱-۳ دامنه کار

دامنه کار این استاندارد، مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها در مرحله شناسایی و برای سیستم سدهای یک مخزنی است.

۱-۴ طبقه‌بندی مخازن

مخازن سدها را می‌توان به دو گروه اصلی زیر تقسیم نمود:

۱-۴-۱ مخازن یک منظوره [1]

مخازنی راکه تنها برای یک منظور و یا هدف ساخته می‌شوند مخازن یک منظوره می‌نامند، مانند مخازنی که فقط برای تامین آب کشاورزی ساخته شده‌اند و یا به منظور تولید برق احداث گردیده‌اند.

۱-۴-۲ مخازن چند منظوره [2]

به مخازنی گفته می‌شود که برای تامین چند منظور و یا چند هدف ساخته شده‌اند و به عبارت دیگر اگر تامین بیش از یک هدف را از احداث مخزن در نظر داشته باشیم آن را مخزن چند منظوره می‌گویند.

افزون بر تقسیم بندی فوق مخازن سدها را از نظر تعداد آنها بر روی یک رودخانه نیز می‌توان به دو گروه زیر تقسیم نمود:

- سیستم یک مخزنی [3]

از آنجا که مخزن سد یک سیستم محسوب می‌گردد؛ لذا در صورت وجود یک مخزن آن را سیستم یک مخزنی می‌نامند. سیستم یک مخزنی می‌تواند یک منظوره و یا چند منظوره نیز باشد.

1- Single Purpose Reservoirs

2- Multi Purpose Reservoirs

3- Single Reservoir System

- سیستم چند مخزنی [1]

چنانچه بیش از یک مخزن وجود داشته باشد آن را سیستم چند مخزنی می‌گویند. سیستم چند مخزنی می‌تواند مجموعه‌ای از مخازن یک و یا چند منظوره به صورت سری یا موازی و یا ترکیبی از هر دو حالت باشد.[2]

۲- داده‌های پایه

اعتبار مطالعات طراحی مخزن بستگی کامل به دقت آمار و اطلاعات به‌کار رفته دارد. بنابر این در به کارگیری آمار و اطلاعات مورد نیاز بایستی سعی گردد تا داده‌های مورد استفاده از دقت کافی برخودار باشد.

مرحله مطالعات و میزان آمار و اطلاعات موجود در انتخاب روشهای محاسبات بسیار موثر است. به عنوان مثال، در مرحله شناسایی که هدف ارزیابی و برآورد تقریبی، با بهره‌گیری از آمار و اطلاعات موجود است، روش محاسبات نیز باید متناسب با تکنیکهای قابل استفاده در این مرحله باشد.

به عنوان مثال، اگر هدف، طراحی یک مخزن یک منظوره و در عین حال مربوط به مرحله شناسایی است، بدیهی است که در انتخاب روش یا روشهای محاسباتی می‌توان از روشهای ساده موجود و قابل دسترس نیز استفاده نمود. البته این بدان معنی نیست که در صورت موجود بودن روشهای محاسباتی پیشرفته (برنامه‌های کامپیوتری و بسته‌های نرم افزاری) و آمار و اطلاعات دقیق و کامل و متناسب از آنها استفاده به عمل‌نیاید.

به عبارت دیگر، در مطالعات مرحله شناسایی می‌توان متناسب با آمار موجود از روشهای مقدماتی و یا پیشرفته طراحی و بهره‌برداری مخزن استفاده نمود، ولی در مطالعات مراحل بعدی (توجیهی و تفصیلی) لزوما باید از به کارگیری روشهای ساده اجتناب نمود و عمدتا از روشهای پیشرفته مطالعات طراحی و بهره‌برداری مخزن استفاده کرد.

داده‌ها و اطلاعات پایه مورد نیاز برای طراحی مخزن به طور کامل در بند ۲ مطالعات مرحله توجیهی ارائه شده است که طراح می‌تواند در صورت لزوم متناسب با مرحله مطالعات و موجود بودن آمار کافی از آنها بهره‌گیری نماید.

اهم داده‌ها و اطلاعات پایه مورد نیاز طراحی و بهره‌برداری مخزن برای مرحله شناسایی به شرح زیر خلاصه شده است:

1- Multiple Reservoir System

۲- ضمناً می‌توان از مخازن خارج از سیستم رودخانه Ex-river - reservoirs یا Off-stream reservoirs نیز نام برد.

۲-۱ نقشه‌های توپوگرافی، منحنیهای سطح، حجم و ارتفاع

برای بررسی مشخصات هندسی مخزن و ترسیم منحنی تغییرات سطح، حجم و ارتفاع از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس مناسب حداقل (۱:۵۰۰۰۰) استفاده به عمل می‌آید. بدیهی است در صورت موجود بودن نقشه‌های بزرگ با مقیاس دیگر باید از آنها استفاده کرد.

۲-۲ داده‌های هیدرولوژیکی [۱]

داده‌های مهم هیدرولوژیکی که برای طراحی حجم مخزن مورد استفاده قرار می‌گیرند، آمار آبدهی ماهانه رودخانه و آمار بارکل رسوب رودخانه است که در بند ۲-۲ «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» مرحله توجیهی به تفصیل بیان شده است.

۲-۳ داده‌های هواشناسی

در بین پارامترهای هواشناسی می‌توان از آمار بارش و تبخیر در محل سد برای طراحی حجم مخزن استفاده نمود. تفصیل بیشتر در بخش توجیهی ارائه شده است.

۲-۴ نیازهای آبی

میزان نیازهای آبی برای هر یک از موارد زیر باید به طور ماهانه تعیین و در محاسبات بهره‌برداری از مخزن به کار گرفته شود. مقدار خطرپذیری[۲] های مجاز و تفصیل بیشتر در راهنمای مطالعات بهره‌برداری مرحله توجیهی ارائه شده است. این موارد عبارتند از :

- نیازهای آب آشامیدنی و صنعتی
- نیازهای آب کشاورزی
- نیازهای برقابی
- نیازهای زیست محیطی
- نیازهای کنترل سیل
- سایر نیازها (کشتیرانی، اهداف تفریحی و ...)

۱- تفصیل بیشتر این مبحث در بخش توجیهی ارائه گردیده است.

2- Risk

۳- بررسی اولیه گزینه‌ها

هر طرح توسعه منابع آب ممکن است، دارای گزینه‌های متعددی از نظر مکانی و ابعادی باشد که پتانسیل تامین نیازها و میزان برآورده نمودن اهداف آنها با هم متفاوت است . به این جهت برای یک طرح ممکن است گزینه‌های متفاوتی مطرح گردد. به منظور دستیابی و انتخاب بهینه گزینه‌ها آنها را می‌توان در دو گروه زیر مورد بررسی قرار داد:

۳-۱ بررسی گزینه‌های مکانی

طرح گزینه‌های مکانی، هنگامی مطرح می‌گردد که برای یک طرح بیش از یک گزینه مکانی وجود داشته باشد به عنوان مثال برای احداث یک سد ممکن است گزینه‌های متعددی در طول مشخصی از رودخانه وجود داشته باشد. بدیهی است پس از بررسیهای لازم باید بهینه‌یابی اولیه برای انتخاب گزینه برتر در این مرحله صورت پذیرد.

۳-۲ بررسی گزینه‌های ابعادی

گزینه‌های ابعادی عمدتا هنگامی مطرح می‌گردد که مخزن می‌تواند از نظر ابعاد دارای گزینه‌های مختلفی باشد. به عنوان مثال، حجم مخزن در یک محل مشخص می‌تواند در رقوم ارتفاعی مختلفی تعیین گردد و در نتیجه احجام مختلفی برای مخزن در نظر گرفته شود، به طوری که هر یک از این گزینه‌ها دارای قابلیت خاصی باشد. در این صورت با استفاده از روشهای مناسب بهینه‌سازی باید بهترین گزینه و یا گزینه‌های مرغوب را مقدمتاً انتخاب نمود تا در مراحل بعدی مطالعات نسبت به انتخاب گزینه نهایی اقدام گردد.

۴- محاسبات عملکرد مخزن

بهره‌برداری از مخازن سدها از موضوعات پیچیده و مهمی است که طراحان سیستمهای منابع آب (مخازن سدها) با آن مواجه هستند. از موارد بسیار مهم در حل اینگونه مسائل، انتخاب روش صحیح مطالعات و به کارگیری تکنیک و یا تکنیکهای مناسب و مبتنی بر استانداردهای تدوین شده مهندسی است، به طوری که با کاربرد این تکنیکها در مرحله شناسایی، 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 نیز استفاده نمود. در صورت عدم دسترسی به موارد فوق از روشهای ساده‌ای که نیاز به آمار و اطلاعات محدودتری داشته باشد نیز در این مرحله می‌توان استفاده کرد. روشها و تکنیکهای قابل کاربرد به شرح زیر ارائه می‌گردد:

۴-۱ روشهای محاسباتی متداول

روشهای مورد استفاده برای تعیین حجم مخزن به دو طبقه زیر تقسیم می‌گردد:

۱- روشهای متکی بر تجزیه و تحلیلهای ساده

۲- روشهای متکی بر تجزیه و تحلیلهای تفصیلی

نحوه انتخاب گزینه برتر از میان گزینه‌های رقیب براساس معیارهای پذیرفته شده متداول در مطالعات مرحله توجیهی به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.

اهم روشهای تعیین ظرفیت مخزن در مرحله شناسایی را می‌توان به شرح زیر و به اختصار ارائه نمود:

- روشهای دوره بحرانی [۱]

- روشهای مهندسی سیستمها [۲]

- روشهای شبیه‌سازی [۳]

۴-۱-۱ روشهای دوره بحرانی [۴]

در زیر به تشریح تکنیکهای متداول این روش پرداخته می‌شود:

۴-۱-۱-۱ روش منحنی تجمعی [۵]

در این روش ظرفیت مخزن براساس مقایسه گرافیکی دو منحنی تجمعی آبدهی در دوره بحرانی مصرف در محل مخزن حاصل می‌گردد (نمودار شماره ۲).

از منحنی ارائه شده در نمودار شماره ۲ می‌توان اطلاعات زیر را درباره مخزن استخراج نمود:

- **مقادیر جریانات ورودی به مخزن در فاصله زمانی A تا B بیشتر از میزان نیازهاست؛ بنابراین مخزن در حال پر شدن است.**

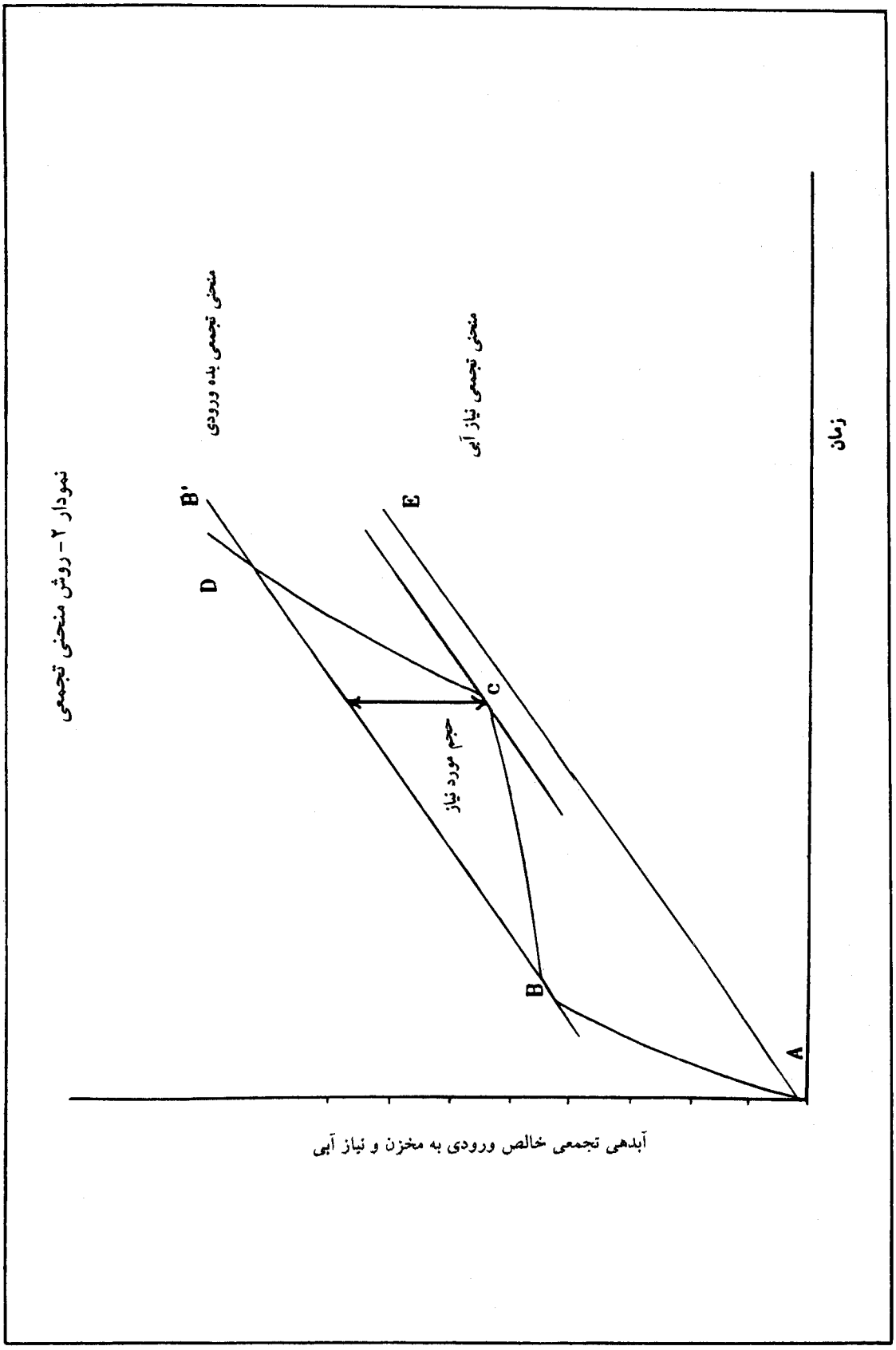
1- Critical Period Methods

2- Systems Engineering Techniques

3- Simulation Techniques

۴- دوره بحرانی به دوره خشکسالی هیدرولوژیکی اطلاق می‌گردد که بدون وجود سرریزی از مخزن و صرفا به منظور تامین نیازهای آبی طرح، مخزن از حالت پر به شرایط خالی تبدیل گردد.

5- Mass Curve



آبدهی تجمعی خالص ورودی به مخزن و نیاز آبی

- مخزن در نقطه B پر است.
- در حد فاصل بین B تا C چون میزان نیاز بیشتر از میزان آب ورودی است، مخزن در حال خالی شدن است.
- نقطه C معرف آن است که تخلیه یا برداشت آب در این نقطه به حداکثر می‌رسد.
- مخزن در نقطه D مجددا پر است و از D به B' مخزن سرریز می‌نماید، زیرا میزان آب ورودی به مخزن بیشتر از تقاضاست.
- بزرگترین فاصله ارتفاعی منحنی در نقطه C برابر است با ذخیره مورد نیاز مخزن برای تامین نیاز یا نیازهای پیشنهادی.

- تعیین آبدهی [1] با استفاده از منحنی تجمعی

برای تعیین میزان آبدهی یک مخزن با حجم مشخص به شرح زیر عمل می‌شود:
در نمودار شماره ۲ خطی را بر نقطه B از منحنی تجمعی آبدهی به نحوی مماس می‌کنیم که حداکثر فاصله ارتفاعی این خط و منحنی تجمعی آبدهی برابر با حجم مخزن مورد نظر باشد. در این صورت شیب خط مذکور مشخص کننده آبدهی مخزن است.

- تعیین آبدهی قطعی [2] با استفاده از منحنی تجمعی

به منظور تعیین میزان آبدهی قطعی در یک مخزن با حجم مشخص مطابق روش زیر عمل می‌گردد:

در نمودار شماره ۲ پس از ترسیم منحنی تجمعی خطوطی را بر نقاط برجسته منحنی به نحوی مماس می‌نماییم که حداکثر فاصله این خطوط و منحنی مذکور برابر با حجم مخزن باشد. در این صورت شیب هر خطی نمایشگر آبدهی مخزن در آن دوره زمانی مربوطه است. بدیهی است که کمترین مقدار این شیبها معرف آبدهی قطعی است.

- محدودیتهای روش منحنی تجمعی

- در محاسبات تعیین حجم مخزن، میزان تبخیر وبارندگی مخزن در نظر گرفته نمی‌شود، به منظور تاثیر این عوامل بر روی حجم مخزن باید براساس قضاوت مهندسی، حجم جداگانه‌ای را برای این منظور در نظر گرفت.
- در این روش برای تعیین ظرفیت مخزن نمی‌توان مواردی مانند ریسکهای قابل اعمال در تامین آب مورد نیاز اهداف مختلف طرح را ملحوظ نمود.

1- Yield

۲- آبدهی قطعی (Firm Yield) حداکثر مقدار آبی است که می‌توان در یک دوره بحرانی از مخزن برداشت نمود.

۴-۱-۱-۲ روش اوج متوالی [1]

در این روش حجم مورد نیاز مخزن با استفاده از معادله زیر قابل محاسبه است :

$$S_{t+1} = S_t + I_t - O_t$$

به طوری که:

S_t = حجم مخزن در ابتدای دوره (میلیون متر مکعب)

S_{t+1} = حجم مخزن در انتهای دوره (میلیون متر مکعب)

I_t = ورودی به مخزن در طول دوره t (میلیون متر مکعب)

O_t = خروجی از مخزن در طول دوره t (میلیون متر مکعب)

با بهره‌گیری از رابطه فوق و در نظر گرفتن مقادیر بده‌های ورودی به مخزن و خروجی از مخزن و همچنین حجم اولیه مخزن، مقادیر مختلفی برای S_{t+1} محاسبه می‌گردد که بیشترین مقدار S_{t+1} حاصله در یک دروه زمانی معین مثلاً ۱۲ماهه را می‌توان به عنوان حجم مخزن انتخاب نمود.

۴-۱-۱-۳ روش جدول عملیاتی [2]

متعاقب تعیین ظرفیت مخزن توسط منحنی تجمعی و به منظور نمایش عملکرد مخزن می‌توان از جدول مذکور استفاده کرد و حجم مخزن را متناسب با درصد موفقیت در تامین نیازها تدقیق نمود. در واقع این روش اساس کار شبیه‌سازی نیز است و محاسبات مربوط می‌تواند به صورت دستی انجام گیرد. در صورتی که دوره محاسبات طولانی باشد، می‌توان نحوه عملکرد جدول عملیاتی را با استفاده از کامپیوتر انجام داد. برای نمایش نحوه عملکرد جدول مذکور یک نمونه همسان [3] از آن برای یک مخزن چند منظوره (آبیاری و برقابی) در جدول شماره یک ارائه گردیده است:

1- Sequent Peak Method

2- Working Table

3- Type

جدول شماره ۱- 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	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷

۴-۱-۲ روشهای مهندسی سیستمها[1]

کاربرد روشهای مهندسی سیستمها در بند ۴-۱-۱ مطالعات مرحله توجیهی به تفصیل شرح داده شده است. عمده‌ترین روش در مهندسی سیستمها روش بهینه‌سازی است. مدلهای ریاضی متداول در بهینه سازی[2] که غالبا در مسایل طراحی بهره‌برداری سیستم مخازن سدها مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارتند از:

- مدل برنامه‌ریزی خطی[3]
- مدل برنامه‌ریزی پویا[4]

تشریح این مدلها در راهنمای مطالعات بهره‌برداری در مرحله توجیهی به تفصیل ارائه شده است.

۴-۱-۳ روشهای شبیه سازی[5]

روشهای شبیه‌سازی به دلیل برخورداری از منطق ریاضی ساده و قابل درک و قابلیت چشمگیر و سریع در پیش بینی و ارزیابی نحوه عملکرد سیستم و انتخاب گزینه‌ها بسیار متداول است. توضیحات بیشتر در این باره در بند ۴-۱-۲ مطالعات بهره‌برداری مرحله توجیهی ارائه شده است.

۴-۲ محاسبات بهینه‌سازی

محاسبات بهینه‌سازی، با بهره‌گیری از تکنیکهای بهینه‌سازی (مدلهای ریاضی) صورت می‌گیرد[6].

۴-۳ غربال کردن اولیه گزینه‌ها

به منظور انتخاب اولیه محل طرحها و اندازه مناسب آنها از میان محلها و اندازه‌های ممکن باید اقدام به شناسایی اولیه گزینه‌های برتر از میان گزینه‌های رقیب و حذف گزینه‌های نامرغوب نمود که به آن غربال کردن اولیه گزینه‌ها[7] می‌گویند.

1- Systems Engineering techniques

2- Optimization

3- Linear Programming Model (LP)

4- Dynamic Programming Model (DP)

5- Simulation

۶- به بند ۴-۳ راهنمای مطالعات مرحله توجیهی رجوع شود.

7-Preliminary Screening

۴-۴ محاسبات شبیه‌سازی

متعاقب به کارگیری روش بهینه‌سازی می‌توان از روش شبیه‌سازی برای طراحی مخزن و تامین آب مورد نیاز اهداف مختلف طرح با در نظر گرفتن شاخصهای گزینش که توسط مدل شبیه‌سازی تولید می‌گردد استفاده نمود. اهم شاخصهای گزینش طرح را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- متوسط کمبود درازمدت هر یک از نیازها

- حجم آب قابل تنظیم سالانه

- بازده ذخیره سازی مخزن[1]

- میزان سرریز سالانه

- میزان تلفات تبخیر

- سود خالص حاصله ناشی از اجرای طرح

۵- انتخاب گزینه‌های برتر

تصمیم گیری به منظور روشن نمودن نقاط قوت و ضعف گزینه‌های قابل توصیه و تعیین اولویت آنها با توجه به معیارهای زیر صورت می‌گیرد:

۵-۱ محل مناسب مخزن

صرف نظر از معیارهای انتخاب محل مناسب برای مخزن از نظر زمین شناسی و ژئوتکنیک و غیره، در صورتی که در طول رودخانه امکان گزینه‌های مکانی متعددی برای احداث یک مخزن وجود داشته باشد، در این صورت معیار انتخاب محل مناسب مخزن عمدتا براساس مقایسه میزان آب قابل استحصال در ارتفاعات مساوی مخازن گزینه‌ها و درصد تامین آب مورد نیاز اهداف مختلف طرح با توجه به ارزیابیهای اقتصادی برای هر یک از گزینه‌ها صورت می‌پذیرد.

۱- بررسی بازده ذخیره سازی مخزن به طریق زیر صورت می‌پذیرد:

- تعیین آوردهای سالانه رودخانه در محل گزینه‌های مختلف
- تعیین حجم مخزن هر سد برحسب 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 برحسب ارتفاع
- تعیین عمر مخزن با توجه به برآورد سالانه رسوبات در گزینه‌های مکانی مختلف
- مقایسه وسعت امکانات سرویسدهی هر محل نسبت به بالادست و پایین دست
- تعیین جدول اولویت بندی گزینه‌ها از نظر بازده ذخیره‌سازی مخزن با توجه به موارد یاد شده در بالا

۵-۲ درصد تضمین آب برای اهداف مختلف [۱]

معمولا درصد تضمین آب در پروژه سدهای چند منظوره با اهداف کشاورزی، تولید برق و تامین آب شرب به ترتیب ۷۵ و ۹۰ و ۹۸ درصد است.

۵-۳ حجم آب قابل تنظیم

منظور از حجم آب قابل تنظیم میزان آبی است که در مقابل آورد رودخانه توسط مخزن ذخیره و نگهداری می‌گردد تا بتواند آب مورد نیاز اهداف مختلف را با در نظر گرفتن خطرپذیری‌های مجاز تامین نماید.

۵-۴ متوسط کمبود دراز مدت

متوسط کمبود دراز مدت با توجه به موارد زیر قابل بررسی است:

- متوسط کمبود دراز مدت از نظر حجمی
- متوسط کمبود دراز مدت از نظر تعداد ماههای کمبود

۵-۵ به حداقل رساندن میزان آب سرریز شده از سد

بدیهی است که امکان ذخیره‌سازی و نگهداری تمامی آبهای ورودی به مخزن در طول سال میسر نیست. از سویی دیگر هدف از احداث مخزن به حداکثر رساندن ذخیره‌بخشی از مخزن است که به آن حجم مفید می‌گویند و چون برای به حداکثر رساندن این بخش محدودیتهای زیادی وجود دارد، لذا باید پذیرفت که درصدی از آبهای ورودی به مخزن توسط رودخانه قابل کنترل نیست و به صورت سرریز [۲] از سد خارج می‌گردد. تنها اقدام مهم و سازنده‌ای که می‌توان انجام داد به حداقل رساندن حجم آبهای سرریز شده از سد با توجه به تامین آب مورد نیاز اهداف مختلف است. به عبارت دیگر در بین گزینه‌های مختلف، گزینه‌ای برتر خواهد بود که در شرایط مساوی دارای حجم آب سرریز شده کمتری باشد.

۱- برای تفصیل بیشتر به استاندارد مرحله توجیهی بند ۲-۴ رجوع شود.

2- Spill

۵-۶ بازده ذخیره‌سازی

بازده ذخیره‌سازی عبارت است از : نسبت آب ذخیره شده در مخزن به میزان آب وارده به مخزن توسط رودخانه. بدیهی است که در میان گزینه‌های مختلف یک مخزن، مخزنی که علاوه بر دارا بودن شرایط مناسب فوق‌الذکر دارای قابلیت ذخیره‌سازی بیشتری باشد برتر خواهد بود.

۵-۷ میزان تلفات آب

میزان تلفات آب در ارتفاعات مختلف مخزن و مقایسه آن با حجم آب قابل استحصال یکی دیگر از شاخصهای تعیین گزینه برتر است. بدیهی است که در شرایط مساوی گزینه‌ای برتر خواهد بود که در مقابل حجم آب قابل استحصال مساوی میزان تلفات کمتری داشته باشد.

۶- نتایج مطالعات بهره‌برداری مخزن

مطالعات بهره‌برداری مخزن، برای تعیین ظرفیت مناسب مخزن، با استفاده از روشهای قابل کاربرد در مرحله شناسایی (متناسب با آمار و اطلاعات و امکانات موجود) انجام می‌گیرد و حاصل آن مشخص شدن ظرفیت اولیه گزینه‌هائی است که در این مرحله از مطالعات توصیه خواهد شد.

۶-۱ مشخصات فیزیکی مخزن

مشخصات فیزیکی مخزن به مجموعه پارامترهایی اطلاق می‌گردد که برای شناسایی احجام مختلف مخزن و سایر خصوصیات فیزیکی آن به کار می‌رود. در بند ۶-۳ تعریف احجام تشکیل دهنده مخزن ارائه گردیده است، ذیلا با معرفی پارامترهایی به شرح زیر مشخصات فیزیکی مخزن ارائه می‌گردد:

۶-۱-۱ حجم مخزن در تراز عادی

این حجم مربوط به بخشی از مخزن در تراز معادل حداکثر ارتفاع سطح آب از مخزن در شرایط بهره‌برداری معمولی است. این بخش از مخزن را ذخیره نگهداری نیز می‌گویند که شامل حجم مرده و حجم زنده مخزن است و حد فوقانی آن مجاور منطقه کنترل سیلاب در مخزن خواهد بود.

۶-۱-۲ حداکثر حجم مخزن

حداکثر حجم مخزن عبارت از مجموع احجام مربوط به حجم مرده، حجم زنده و ذخیره کنترل سیلاب است. حد فوقانی این بخش از مخزن منطبق بر حد فوقانی ذخیره کنترل سیلاب است.

۶-۱-۳ حجم مفید مخزن

حجم مفید مخزن عبارت از بخشی از مخزن که در حد فاصل بین حداقل تراز بهره‌برداری و تراز عادی آب واقع گردیده است. این بخش از مخزن نقش بسیار مهمی در تامین آب برای اهداف مختلف مخزن دارد.

۶-۱-۴ حداکثر تراز بهره‌برداری

تراز نظیر حداکثر حجم مخزن را حداکثر تراز بهره‌برداری می‌نامند، که این تراز منطبق برحد فوقانی تراز سیلابی مخزن است.

۶-۱-۵ حداقل تراز بهره‌برداری

تراز ارتفاعی نظیر حداکثر حجم مرده مخزن را حداقل تراز بهره‌برداری می‌نامند. این تراز توسط پایین‌ترین ارتفاع خروجیهای سد و یا در مخازن برق آبی توسط شرایط بهره‌برداری توربین تثبیت می‌گردد.

به طورکلی این تراز پایین‌ترین ارتفاع مخزن است که در شرایط عادی از آن بهره‌برداری به عمل می‌آید.

۶-۱-۶ حجم مرده مخزن

پایین‌ترین بخش مخزن که توسط رسوبات پر می‌گردد حجم مرده نامیده می‌شود و آن حجمی است که معمولا از کف مخزن تا حداقل تر از بهره‌برداری را شامل می‌شود. این بخش از مخزن در شرایط عادی غیر قابل استفاده است.[۱]

۱- در خشکسالیهای شدید ممکن است از آب موجود در این بخش استفاده به عمل‌آید.

۶-۱-۷ ارتفاع آزاد [1]

فاصله ارتفاعی بین حداکثر تراز آب در مخزن تا حداکثر تراز سد را ارتفاع آزاد می‌نامند که این ارتفاع در سدهای مختلف متفاوت خواهد بود.

۶-۲ پارامترهای اصلی مخزن

۶-۲-۱ آبدهی مخزن [2]

حجم آب قابل برداشت از مخزن در یک دوره زمانی مشخص را آبدهی مخزن می‌نامند. میزان آبدهی مخزن بستگی به مقدار بده ورودی به مخزن را دارد و از سالی به سال دیگر تغییر می‌یابد.

۶-۲-۲ آبدهی قطعی (مطمئن) [3]

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

۶-۲-۳ آبدهی ثانویه [4]

مازاد آبی راکه پس از تامین آبدهی قطعی وجود دارد آبدهی ثانویه می‌نامند. در طراحی مخازن معمولا آبدهی قطعی را به منظور تامین نیازهای مهم (شرب) و آبدهی ثانویه را برای تامین نیازهائی با اهمیت کمتر در نظر می‌گیرند.

۶-۲-۴ حداکثر آبدهی ممکن [5]

حداکثر آبدهی ممکن برابر است با متوسط آبدهی ورودی منهای تلفات تبخیر و نفوذ.

1- Freeboard
2- Reservoir Yield
3- Firm Yield یا Safe Yield
4- Secondary Yield
5- Maximum Possible Yield

۶-۳ تخصیص ظرفیت مخزن به احجام مختلف

احجام مختلف تشکیل دهنده مخزن به شرح مندرج در نمودار شماره ۳ هستند. اهم این احجام عبارتند از:

- حجم زنده [۱]
- حجم مرده [۲]
- حجم ذخیره کنترل سیلاب [۳]

تعاریف این احجام در بند ۶-۳«راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» در مرحله توجیهی ارئه شده است.

۷- گزارش مطالعات بهره‌برداری از مخزن

با استفاده از کلیه داده‌ها، روشها و تکنیکهای یاد شده بسته به مورد و متناسب با شرایط موجود (در دسترس بودن آمار هیدرولوژی و شرایط سد و مخزن) نتایج بررسیهای به عمل‌آمده باید در گزارش جامعی درج گردد، این گزارش باید حداقل حاوی بخشهای ذیل باشد:

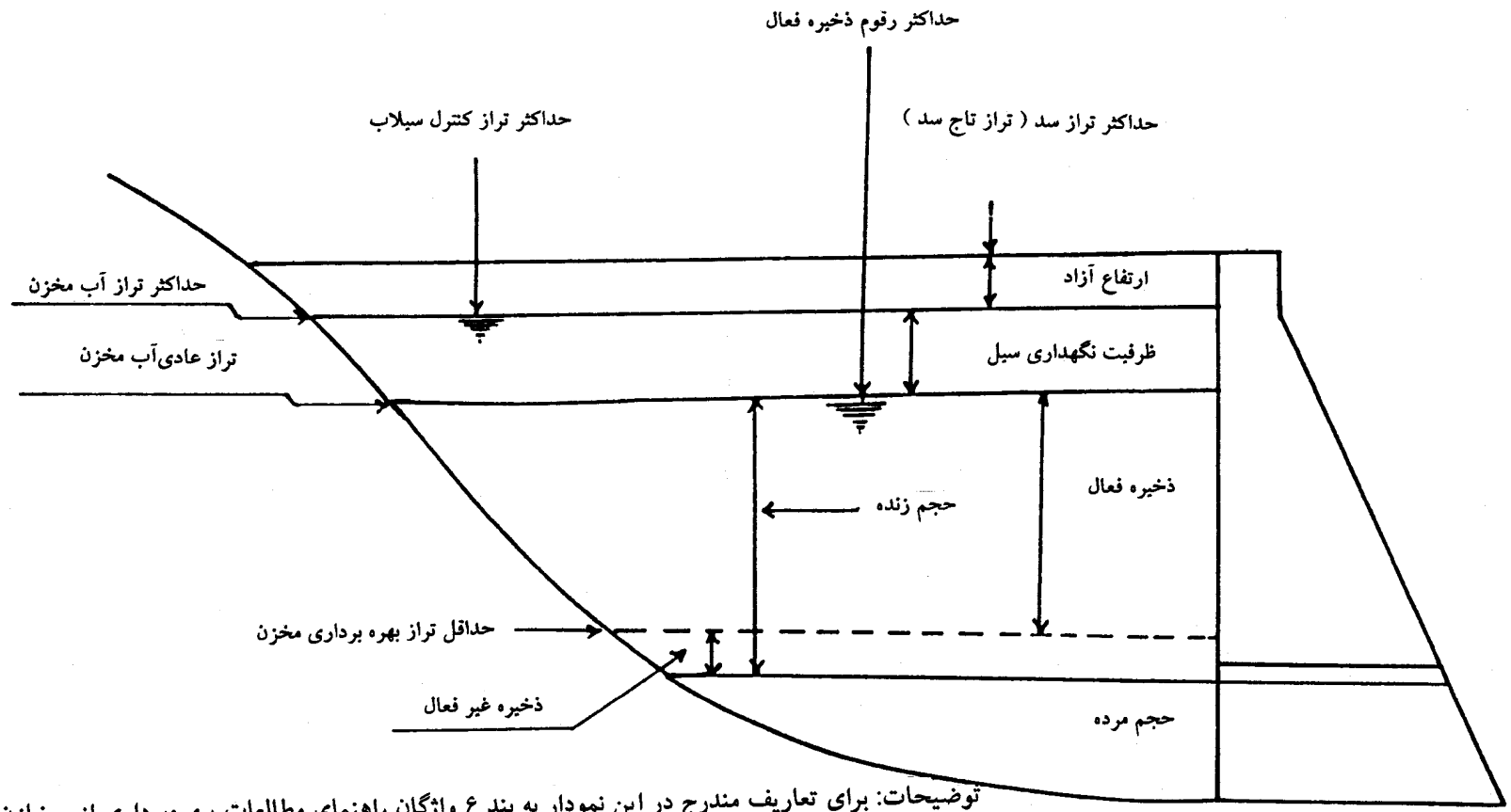
- کلیات، شامل موقعیت جغرافیایی طرح، اهداف و اولویتها
- آمار و اطلاعات و داده‌های پایه
- اطلاعات مربوط به نیازها
- انتخاب روش مطالعاتی
- گزینه‌یابی مکانی و ابعادی، غربال کردن اولیه گزینه‌ها
- تدقیق مشخصات مخزن و سایر پارامترهای مربوط در رابطه با گزینه‌های برتر.

1- Live Storage

2- Dead Storage

3- Flood Control Storage

نمودار ۳- تخصیص ظرفیت مخزن به احجام مختلف



توضیحات: برای تعاریف مندرج در این نمودار به بند ۶ واژگان راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها (مرحله طراحی تفصیلی) مراجعه گردد.

بخش دوم:

راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها

مرحله توجیهی

۱- کلیات

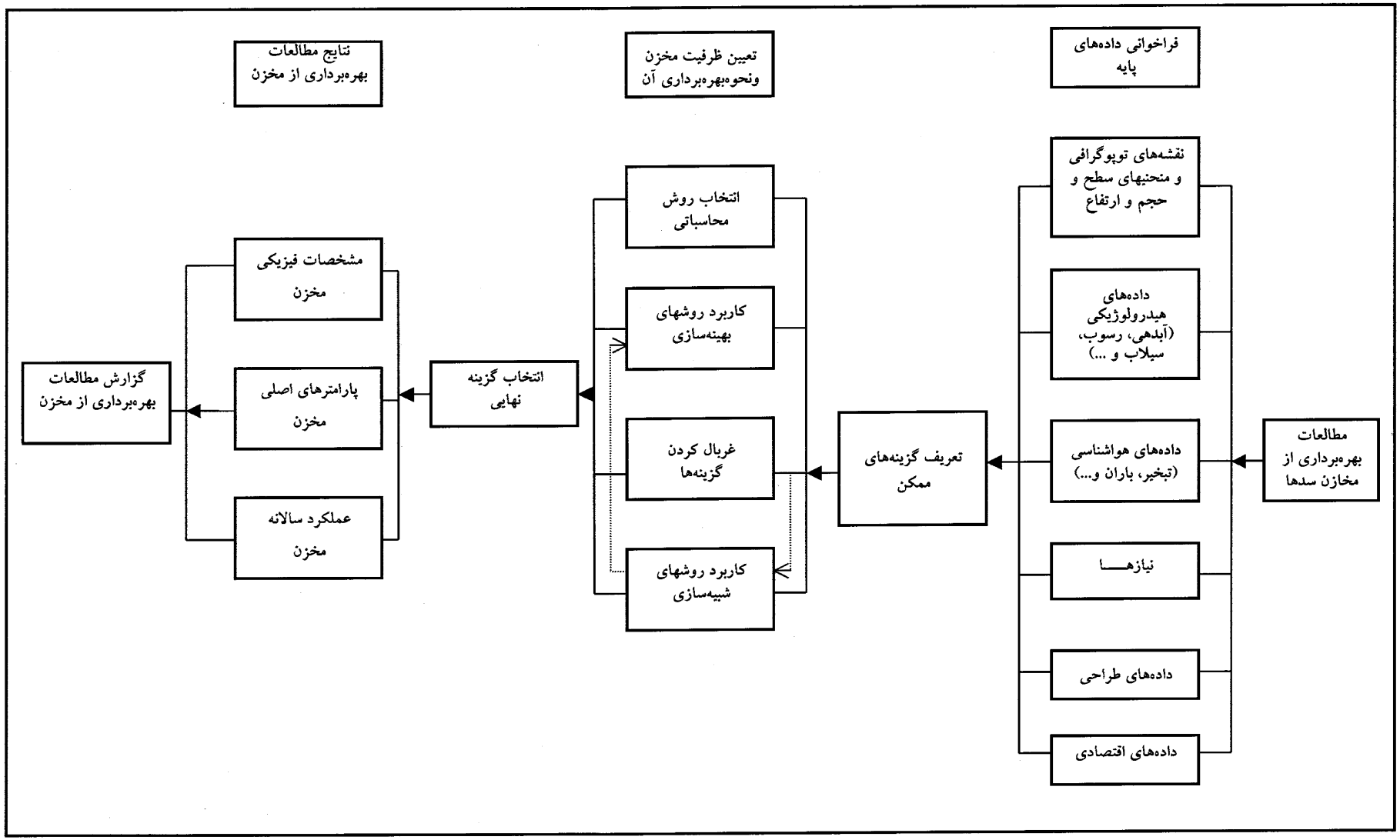
۱-۱ مقدمه

ضرورت تدوین «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» با در نظر گرفتن مراحل مختلف مطالعات (شناسایی، توجیهی و طراحی تفصیلی) قبلاً در مقدمه این راهنما برای مرحله شناسایی مورد تأکید قرار گرفته است. راهنمای حاضر جهت مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها در مرحله توجیهی تهیه و تدوین شده است.

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، زیست محیطی و سیاسی، باید اقدام به تدقیق ارتفاع سد و سایر پارامترهای طراحی با توجه به اهداف موردنظر نمود. از آنجاکه خطوط اصلی 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 شایان توجه برخوردار است. در این مرحله نسبت به تعیین ارتفاع سد و سایر پارامترهای طراحی گزینه‌های منتخب اقدام می‌گردد. هدف اصلی از مطالعات این مرحله انتخاب گزینه نهایی و تعیین قطعی نوع، ارتفاع، حجم و تراز عادی مخزن و توجیه اقتصادی طرح است. با انجام مطالعات این مرحله ارتفاع سد و سایر پارامترهای طراحی گزینه نهایی تعیین و تثبیت می‌گردد. روندکلی مطالعات بهره‌برداری از مخازن در مرحله توجیهی در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است.

در این راهنما، صرفاً به جنبه‌های کمی بهره‌برداری از مخزن پرداخته و فرض شده است که بهره‌برداری، در حالت سیستم یک مخزنی است. در مورد استفاده تلفیقی از آب زیرزمینی و مخزن سد، فرض شده است که این مطالعات طی بررسیهای جداگانه صورت پذیرفته و نتایج آن در بهره‌برداری از مخزن سد منظور گردیده است.

نمودار ۱- روند نمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها (مرحله توجیهی)



۱-۲ هدف

هدف از تهیه این راهنما، ارائه خلاصه‌ای از مجموعه روشهای فنی برای طراحی مخازن به‌منظور ذخیره‌سازی و بهره‌برداری و تشریح روشهای مهم و ارائه راهنماییهای لازم برای انتخاب روش مناسب و ارزیابی نتایج در مرحله توجیهی می‌باشد.

۱-۳ دامنه کار

دامنه کار این راهنما، مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها در مرحله توجیهی و برای سیستم سدهای یک‌مخزنی[×] است.

۲- داده‌های پایه

اعتبار مطالعات طراحی مخزن بستگی کامل به دقت آمار و اطلاعات به‌کار رفته دارد. بنابراین در به‌کارگیری آمار و اطلاعات موردنیاز باید سعی گردد تا آمار مورد استفاده از دقت کافی برخوردار باشد.

از آنجا که در طراحی مخازن سدها برای ذخیره‌سازی و بهره‌برداری بهینه، جریانهای تنظیمی خروجی به صورت ماهانه و با توجه به نیازهای آبی در دو افق زمانی حال و آینده پیش‌بینی و ارائه می‌گردد، از این‌رو در این مرحله به‌طور عمده آمار و اطلاعات موردنیاز طراحی، به صورت ماهانه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شایان ذکر است که در تهیه و بررسی داده‌های یاد شده نخستین گام، شناسایی و جمع‌آوری کلیه گزارشهای پیشین درباره پروژه موردنظر است. علاوه بر جمع‌آوری و بررسی گزارشهای فوق‌الذکر، اهم داده‌ها و اطلاعات پایه موردنیاز برای طراحی مخزن شامل موارد زیر است :

۲-۱ نقشه‌های توپوگرافی، منحنیهای سطح، حجم و ارتفاع

برای بررسی مشخصات هندسی مخزن و ترسیم منحنی تغییرات سطح و حجم یا ارتفاع از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس مناسب (مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰ و یا بزرگتر) استفاده می‌شود. منحنی تغییرات سطح و حجم یا ارتفاع در واقع نمایشگر گرافیکی تغییرات حجم و سطح مخزن در مقابل رقوم (تراز) مخزن است.

---

* تعاریف مربوط به طبقه‌بندی مخازن سدها در بند ۱-۴ «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» در مرحله شناسایی ارائه شده است.

۲-۲ داده‌های هیدرولوژیکی

داده‌های هیدرولوژیکی از مهمترین نیازهای آماری طراحی مخزن است. به گونه‌ای که بدون بهره‌گیری از این آمار، امکان طراحی دقیق مخزن، به نحوی که بتواند جوابگوی نیازهای طرح باشد، میسر نمی‌گردد. در زیر اهم داده‌های هیدرولوژیکی موردنیاز طراحی به اختصار مورد بررسی قرار گرفته است:

۲-۲-۱ آمار آبدهی ماهانه رودخانه

سری زمانی آمار آبدهی ماهانه رودخانه یکی از مهمترین داده‌های موردنیاز طراحی مخزن است. به‌طوری که بدون در اختیارداشتن آمار آبدهی مطمئن و درازمدت [1]، امکان طراحی دقیق مخزن میسر نخواهد بود.

تعیین ظرفیت مخزن در دو حالت زیر متصور است:

الف - ظرفیت مخزن به دلایل فیزیکی محل سد، دارای محدودیت است و به همین جهت میزان محدودی از نیازها تأمین خواهد شد.

ب - از نظر ظرفیت مخزن، محدودیتی وجود ندارد، ولی عامل مؤثر در طراحی نیازها، تقاضای آب است. در صورتی که سری زمانی درازمدت آبدهی رودخانه در محل سد موجود نباشد، یا آمار موجود، مربوط به یک دوره کوتاه مدت باشد، ارزیابی و برآورد بده‌های مذکور در محل سد پیشنهادی باید براساس روشهای زیر صورت پذیرد:

- **با انتقال آمار آبدهی ایستگاههای آبسنجی بالادست یا پایین‌دست به محل سد و با استفاده از روشهای متداول در هیدرولوژی و استفاده از ضرایب و تصحیحات لازم و متناسب با سطوح حوضه آبریز، اقدام به تهیه سری زمانی موردنظر از آبدهی در محل سد گردد.**
- **گسترش و تکمیل آمار آبدهی رودخانه با استفاده از روشهای همبستگی بین بارندگی و رواناب صورت پذیرد.**
- **تولید آمار آبدهی رودخانه با استفاده از روشهای تولید آمار انجام شود.**

۲-۲-۲ اطلاعات مربوط به بار کل رسوب رودخانه

میزان رسوب ورودی و تأثیر رسوبگذاری بر عمر مفید مخزن و در نظر گرفتن حجمی از مخزن به عنوان حجم مرده از اهم مطالبی هستند که در طراحی مخزن باید به آن توجه خاص نمود.
معمولاً حجم رسوبات یک دوره پنجاه‌ساله به عنوان حجم مرده مخزن در نظر گرفته می‌شود.

۱- طول دوره آماری را نمی‌توان محدود به تعداد سال خاصی نمود، بلکه با انجام دادن بررسیها و تجزیه و تحلیلهای لازم در مورد کمیت و کیفیت آمار در دسترس، و مشاهده دوره‌های بحرانی در آمار مذکور، می‌توان در مورد کفایت طول دوره آماری مورد استفاده قضاوت نمود.

۲-۲-۳ اطلاعات مربوط به نفوذ آب در مخزن

برآورد میزان تلفات نفوذ از مخزن و همچنین تغذیه آن توسط آبهای زیرزمینی در دوره خالی بودن مخزن، به سادگی میسر نیست و مقدار آن بستگی به نوع و ابعاد سد و شرایط زمین‌شناسی و ارتفاع آب در مخزن دارد.

لازم است با بررسیهای کافی زمین‌شناسی حتی‌الامکان اطلاعات موردنیاز را برای استفاده در محاسبات برآورد نمود. برای برآورد میزان نفوذ، می‌توان با مقایسه شرایط طرح با طرحهای مشابه اجرا شده داده‌های موردنیاز را فراهم کرد.

۲-۳ داده‌های هواشناسی

در بین پارامترهای هواشناسی معمولاً آمار باران و تبخیر در محل سد در طراحی حجم مخزن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۳-۱ آمار بارندگی

میزان بارندگی بر روی سطح دریاچه سد را می‌توان یکی دیگر از ورودیهای به دریاچه محسوب نمود. بنابراین در محاسبات طراحی مخزن می‌توان آمار بارندگی ماهانه را همدوره با آمار آبدهی رودخانه به‌کار برد. با توجه به اینکه معمولاً میزان بارندگی در سطح دریاچه رقم عمده‌ای را تشکیل نمی‌دهد، برای سهولت مطالعات می‌توان از میانگین درازمدت ماهانه بارندگی در محاسبات مربوطه استفاده کرد.

۲-۳-۲ تلفات تبخیر از مخزن

معمولاً تبخیر از سطح دریاچه با استفاده از آمار تشت تبخیر و اعمال ضرایب مناسب محاسبه و برآورد می‌گردد، در صورت موجود نبودن اطلاعات مربوط به تلفات تبخیر در محل سد، می‌توان از اطلاعات مربوط به تلفات تبخیر در پروژه‌های اجرا شده که دارای مشخصه‌های مشابهی از نظر ارتفاع، اندازه و غیره با مخزن موردنظر باشد استفاده نمود. معمولاً در محاسبات بهره‌برداری از مخزن اطلاعات مربوط به تبخیر به صورت میانگین درازمدت ماهانه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۴ نیازهای آبی

مقدار آبی که برای تأمین نیازهای آبی از مخزن سد رها می‌گردد، باید به نحوی باشد که نیازهای آبی طرح با ضریب اطمینان بالا و در حد خطرپذیری‌های مجاز برای آب شرب، کشاورزی، تولید برق و ... تأمین گردد. ریسک‌های (خطرپذیری‌های) مجاز در تأمین آب موردنیاز اهداف مختلف طرح عبارت است از :

الف - در پروژه‌های تأمین آب کشاورزی، ذخیره‌سازی مخزن باید به نحوی صورت پذیرد که قادر به تأمین ۹۵ درصد نیازهای آبی طرح در ۷۵ درصد مواقع باشد.

ب - در پروژه‌های تأمین آب شهری، ذخیره‌سازی مخزن بایستی جوابگوی ۱۰۰ درصد نیازهای آبی مذکور در ۹۸درصد مواقع باشد.

ج - در پروژه‌های برقابی ذخیره‌سازی مخزن باید جوابگوی نیازهای مربوط در ۹۰ درصد مواقع باشد.

۲-۴-۱ نیازهای آب آشامیدنی و صنعتی

نظر به اینکه میزان نیاز آب آشامیدنی و صنعتی متناسب با شرایط توسعه برای زمان حال و آینده متفاوت خواهد بود، بنابراین مخزن باید به نحوی طراحی گردد که نیاز آب آشامیدنی و صنعتی طرح در آینده و در شرایط کامل توسعه قابل تأمین باشد.

۲-۴-۲ نیازهای آب کشاورزی

میزان آب موردنیاز کشاورزی در ماههای مختلف سال مقادیر متفاوتی است و بسته به نوع کشت نیز میزان نیاز گیاه به آب متغیر خواهد بود. گذشته از این، میزان سطح زیرکشت در مراحل مختلف توسعه (حال و آینده) می‌تواند متفاوت باشد، بنابراین به‌منظور ارائه توزیع ماهانه نیاز آب کشاورزی، موضوع بایستی با در نظر گرفتن موارد زیر مورد بررسی قرار گیرد:

الف - الگوی کشت کشاورزی در مراحل مختلف توسعه (حال و آینده)

ب - سطح زیرکشت در مراحل مختلف توسعه (حال و آینده)

۲-۴-۳ نیازهای برقابی

تعیین نیاز آبی برای تولید برق باید براساس پیش‌بینی میزان بار مصرفی موردنیاز صورت پذیرد. در مواردی که برق تولیدی تابعی از رهاسازی بده به‌منظور تأمین سایر نیازها است میزان برق تولیدی به عنوان یک محصول فرعی تلقی می‌گردد و باید برای بهره‌برداری از انرژی تولیدی برنامه‌ریزی نمود.

۲-۴-۴ نیازهای زیست محیطی

در مطالعات طرحهای توسعه منابع آب، مسایل محیط زیست و تغییراتی که بر اثر اجرای پروژه پیش خواهد آمد، باید دقیقاً مورد توجه قرار گیرد و چنانچه مطالعات و بررسیها نشان دهد که اجرای طرح پیامدهای منفی و زیانبار در برخواهد داشت باید با اتخاذ تمهیدات و تدابیر مناسب در برنامه رهاسازی بدهها از مخزن، پیامدهای منفی را از بین برد و یا به حداقل رساند، بهنحوی که شرایط مناسب محیط زیست از جمیع جهات تأمین گردد. با توجه به موارد فوق توزیع ماهانه نیاز آبی لازم برای حفظ محیط زیست باید در مطالعات در نظر گرفته شود.

۲-۴-۵ نیازهای کنترل سیل

در سدهایی که کنترل سیل، به عنوان یک هدف اصلی و یا ثانویه مطرح است، برای کاهش زیانهای وارد شده بر اراضی، تأسیسات و مستحدثات شهرها و روستاهای پایین‌دست، لزوم ذخیره‌سازی تمام و یا بخشی از جریانهای سیلابی در دوره‌های زمانی خاص ضروری است. پیش‌بینی ذخیره‌سازی سیلابها در داخل مخزن در برخی از ماههای سال، به عنوان نیاز کنترل سیل تلقی می‌گردد.

۲-۴-۶ سایر نیازها (کشتیرانی، اهداف تفریحی و ...)

در صورتی که یکی از اهداف، تأمین حداقل عمق لازم به‌منظور کشتیرانی باشد، باید در قالب نیازهای آبی آن را ملحوظ نمود تا به موقع از مخزن رها گردد و حداقل عمق موردنیاز کشتیرانی را در رودخانه فراهم نماید. به همین ترتیب در مورد ایجاد تسهیلاتی به منظورهای تفریحی، در بسیاری از پروژه‌های چندمنظوره ممکن است حفظ تراز آب مخزن در رقوم معینی برای برخی از ماههای سال ضروری باشد.

۲-۵ گردآوری داده‌های موردنیاز

اهم داده‌های موردنیاز مطالعات بهره‌برداری از مخزن به اختصار به شرح زیر است:

- گزارشهای مطالعات انجام شده در منطقه سد یا محدوده نواحی مجاور آن
- آمار و اطلاعات هواشناسی، هیدرولوژی و رسوب در محدوده طرح
- نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰ و یا ۱:۱۰۰۰۰ به منظور تهیه منحنیهای حجم، سطح و ارتفاع
- آمار و اطلاعات مربوط به نیازها و طبقه‌بندی آنها و تعیین اولویت نیازها به منظور بررسی امکان بهره‌برداریهای چندمنظوره

افزون بر داده‌های یاد شده در فوق برای حصول آگاهی کلی، کسب اطلاعاتی در مورد طرح کلی سد و تسهیلات تخلیه مخزن که عمدتاً شامل : سرریز، تخلیه‌کننده‌های عمقی و آبگیرهاست، می‌تواند طراح را در ادامه مطالعات بهره‌برداری از مخزن یاری نماید؛ بدین جهت دسترسی به اطلاعاتی در این موارد و نیز مرور و مطالعه داده‌های اقتصادی طرح (در صورت وجود) توصیه می‌گردد.

۳- بررسی گزینه نهایی

پس از انتخاب گزینه و یا گزینه‌های برتر در مرحله شناسایی، در این مرحله با انجام دادن مطالعات دقیق بهینه‌سازی و شبیه‌سازی گزینه‌های مرغوبتر شناسایی می‌شود و پس از تحلیلهای اقتصادی لازم و با درنظر گرفتن جمیع جهات از نظر : فنی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی گزینه نهایی از میان گزینه‌های مذکور انتخاب می‌گردد.

نحوه انتخاب گزینه نهایی از میان گزینه‌های رقیب براساس معیارهای پذیرفته شده متداول در بندهای آتی به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.

۴- محاسبات بهره‌برداری از مخازن

بهره‌برداری از مخازن سدها از موضوعات پیچیده و مهمی است که طراحان سیستمهای منابع آب (مخازن سدها) با آن مواجه هستند. از موارد بسیار مهم در حل این‌گونه مسائل، انتخاب روش صحیح مطالعات و به‌کارگیری تکنیک و یا تکنیکهای مناسب و مبتنی بر استانداردهای تدوین شده مهندسی است، به‌طوری که با کاربرد این تکنیکها در مرحله طراحی ضمن برآورد صحیح حجم مخزن، نحوه بهره‌برداری از مخزن نیز مورد مطالعه دقیق قرار گیرد، به نحوی که بین برنامه‌ریزی نظری بهره‌برداری از مخزن در مرحله طراحی و بعد از اجرای طرح مشابهت کافی وجود داشته باشد.

۴-۱ روشهای محاسباتی متداول

روشهایی که برای تعیین حجم مخزن در مرحله توجیهی توصیه می‌گردد؛ عبارتند از :
- روشهای مهندسی سیستمها [1] (در این رابطه روش بهینه‌سازی [2] عمده‌ترین کاربرد را دارا می‌باشد)
- روشهای شبیه‌سازی [3]

1- Systems Engineering Techinques 2- Optimization

3- Simulation

۴-۱-۱ روشهای مهندسی سیستمها

مهندسی سیستمها 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 [1] مشخص و با درنظر گرفتن جمیع محدودیتها انتخاب نمود.

از آنجاکه کاربرد تکنیکهای موجود در مهندسی سیستمها قابلیت چشمگیری در توسعه سیستمهای منابع آب داشته است و کاربرد آنها دارای نقش تعیین‌کننده و سرنوشت‌ساز در طراحی سیستمهای منابع آب است، لذا امروزه بهره‌گیری از این روشها در طراحی سیستمهای منابع آب جایگاه ویژه‌ای پیدا نموده است.

تنوع الگوریتمهای محاسباتی این تکنیکها، رشد روزافزون بهره‌گیری از کامپیوتر و نرم‌افزارهای مربوط، به همراه دانش هیدرولوژی، هیدرولیک و اقتصاد مهندسی، تولید روشهای با ارزش و مطمئنی را برای طراحی سیستمهای منابع آب به‌وجود آورده‌اند که عمدتاً در بهینه‌سازی کاربرد دارند. ذیلاً به تشریح اجمالی روش بهینه‌سازی پرداخته می‌شود.

۴-۱-۱-۱ بهینه‌سازی

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

در این روش با بهره‌گیری از مدلهای ریاضی مناسب می‌توان اقدام به محاسبه و برآورد پارامترهای 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 شناسایی نمود و با حذف آنها بهترین گزینه را انتخاب کرد. مدلهای ریاضی مناسبی که غالباً در مسائل طراحی بهره‌برداری سیستم مخازن سدها مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ عبارتند از :

- مدل برنامه‌ریزی خطی [2]

این مدل برای اولین بار در جنگ دوم جهانی به‌منظور اهداف نظامی مورد استفاده قرار گرفت و پس از جنگ مذکور جایگاه ویژه‌ای در مدیریت صنعتی پیدا نمود. شروع بهره‌برداری از این مدل در مسایل منابع آب مربوط به اوایل دهه

1- Objective Function

2- Linear Programming Model (LP)

۱۹۶۰ می‌گردد و متعاقباً در طول همان دهه از این مدل در طراحی و بهره‌برداری از سدها استفاده وسیعی به عمل آمد. مدل خطی را می‌توان برای تخصیص منابع آب محدود در بین فعالیتهای رقیب به‌منظور یافتن بهترین راه حل ممکن (بهینه) استفاده کرد.

در این مدل تابع هدف و توابع محدودیتها همه به صورت توابع خطی هستند، به این جهت به آن مدل خطی نیز می‌گویند.

- مدل برنامه‌ریزی پویا[1]

مدل دینامیک یا برنامه‌ریزی پویا به دلیل قابلیت حل توابع و روابط غیرخطی به‌طور وسیعی در طراحی و بهره‌برداری مخازن سدها پذیرفته شده است. این روش در حل بسیاری از مسائل که در آنها تصمیمات وابسته به یکدیگر مطرح باشد به‌کار گرفته می‌شود. این مدل با به‌کارگیری روشی سیستماتیک به‌گونه‌ای تصمیم‌گیریهای متوالی را تعیین می‌کند که در انتها به حداکثر رسیدن کارآیی کلی سیستم عاید گردد.

برخلاف برنامه‌ریزی خطی که دارای نرم‌افزارهای متعدد است، چهارچوب استانداردی برای فرموله کردن مسایل برنامه‌ریزی پویا وجود ندارد؛ لذا معمولاً نمی‌توان نرم‌افزار کلی برای آن تولید نمود.

۴-۱-۲ روشهای شبیه‌سازی[2]

روش‌های شبیه‌سازی، به دلیل برخورداری از منطق ریاضی ساده و قابل درک، قابلیت چشمگیر و سریع در پیش‌بینی و ارزیابی نحوه عملکرد سیستم و انتخاب گزینه‌ها، یک روش بسیار متداول محسوب می‌گردد. ظهور کامپیوترهای با قابلیتهای محاسباتی بسیار قوی موجب تولید و توسعه نرم‌افزارهای دقیق در تکنیکهای شبیه‌سازی گردیده و با بهره‌گیری از این نرم‌افزارها و کامپیوترهای مدرن، گامهای بسیار وسیعی در مطالعات بهره‌برداری از منابع آب برداشته شده است.

روش شبیه‌سازی را نمی‌توان به عنوان یک روش بهینه‌سازی محسوب نمود، بلکه بهترین روشی است که به وسیله آن نحوه عملکرد یک سیستم را از نظر سیاستهای بهره‌برداری می‌توان مورد بررسی و مطالعه دقیق قرار داد. شبیه‌سازی می‌تواند براساس آمار و اطلاعات مشاهداتی (تاریخی) صورت پذیرد که در این صورت آن را (روش قطعی)[3] می‌نامند و یا براساس آمار و اطلاعات احتمالی انجام گیرد که در این حالت بدان (شیوه آماری)[4] گفته می‌شود.

1- Dynamic Programming Model (DP)
2- Simulation
3- Deterministic
4- Stochastic

شبیه‌سازی آماری یک وسیله محاسباتی بسیار قوی برای مطالعه مخازن سدها محسوب می‌گردد. شبیه‌سازی در مخازن معمولاً براساس فواصل زمانی ماهانه و به منظور بررسی و مطالعه شرایط مختلف بهره‌برداری از سیستم با توجه به احجام مخازن، جریانات ورودی، نیازها و غیره صورت می‌گیرد.

در برخی از موارد که منظور مطالعه دقیق عملکرد مخزن است، مطالعات شبیه‌سازی براساس فواصل زمانی کوتاهتر (مثلاً ۱۰ روزه، هفتگی، روزانه و یا حتی ساعتی) نیز انجام می‌گیرد. در انتخاب فواصل زمانی بایستی به حد کافی دقت به عمل آید، زیرا انتخاب فواصل زمانی در مدل از اهمیت خاصی برخوردار است. بدیهی است اگر فواصل زمانی کوتاه انتخاب شود، هیچگونه آمار و اطلاعات معنی‌داری حذف نخواهد شد و فقط زمان محاسبات طولانیتر خواهد گردید. بالعکس در صورتی که دوره‌های زمانی بلندمدت انتخاب شود، قطعاً احتمال از دست دادن برخی از اطلاعات ارزشمند افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان گفت بجز در موارد خاص که نیاز به فواصل زمانی ده‌روزه، هفتگی و روزانه است (مواردی نظیر: تأمین آب موردنیاز آبیاری برخی از محصولات مانند برنج و یا به منظور تولید برق‌آبی) در اکثر موارد شبیه‌سازی مخزن براساس فواصل زمانی ماهانه صورت می‌گیرد.

۴-۱-۲-۱ شبیه‌سازی مخزن[1]

به منظور تعیین حجم مخزن با درنظر گرفتن مشخصات فیزیکی سیستم مخزن و آمار و اطلاعات ورودی به مخزن و یا خروجی سیستم (نیازها و تلفات) نحوه عملکرد مخزن در شرایط مختلف بهره‌برداری شبیه‌سازی گردیده و با توجه به خطرپذیری‌های مجاز و قابل قبول در تأمین اهداف طرح و نهایتاً تعیین قابلیت اعتماد مخزن*[2] حجم مناسبی برای مخزن که جوابگوی نیازهای طرح باشد تعیین می‌گردد. همان‌گونه که قبلاً اشاره گردید، بهره‌گیری از این روش مستلزم استفاده از نرم‌افزارها و برنامه‌های کامپیوتری شبیه‌سازی است.

این نرم‌افزارها قابلیت شبیه‌سازی سریهای متعددی از سیستم مخزن را با احجام مختلف و با توجه به نحوه بهره‌برداری از آن دارند. پس از شبیه‌سازی، پارامترهای مؤثر در انتخاب حجم مناسب برای مخزن توسط نرم‌افزار مربوط تولید و ارائه می‌گردد که پس از بررسیهای لازم بر روی پارامترهای مذکور و در نظر گرفتن قضاوتهای کارشناسی، مهندسی و اقتصادی بر روی پارامترهای حاصل شده می‌توان اقدام به انتخاب حجم مخزن نمود.

1- Reservoir Simulation

* قابلیت اعتماد مخزن : احتمال تأمین نیاز مشخصی از مخزن را در طول دوره بهره‌برداری قابلیت اعتماد مخزن می‌نامند.

2- Reservoir Reliability

اساس طراحی حجم مخزن در این روش مبتنی بر استفاده از رابطه توازن حجمی در محل مخزن است که بر طبق معادله زیر ارائه می‌گردد :

$$S_{t+1} = S_t + I_t + P_t - O_t - E_t - S_{pt} - I_s$$

در این رابطه :

S_t , S_{t+1} – حجم مخزن در ابتدا و انتهای دوره به میلیون متر مکعب

I_t – ورودی به مخزن در طول دوره t

P_t – بارش مستقیم بر روی مخزن در طول دوره t

O_t – خروجی از مخزن در طول دوره t

E_t – تبخیر از مخزن در طول دوره t

S_{pt} – سرریز از مخزن در طول دوره t

I_s – تلفات نفوذ در مخزن، است.

علاوه بر موارد فوق می‌توان مشخصات هندسی مخزن و محدودیتهای مختلفی که به صورت روابط ریاضی در مدل تعریف می‌گردند و همچنین ارزیابی اقتصادی طرح را با اعمال معادلات ریاضی مربوط در ساختار مدل به‌کار گرفت.

۲-۴ انتخاب روش محاسباتی

انتخاب روش یا روشهای محاسباتی براساس صورت مسئله، مرحله مطالعات، میزان آمار و اطلاعات موجود و یا قابل دسترس، و مرحله توسعه سیستم حوضه به شرح زیر تعیین می‌گردد[۱]:

- **به‌کارگیری روش مناسب برای حل مسئله از مسئله‌ای به مسئله دیگر متفاوت است، بنابراین در درجه اول باید روش محاسباتی مناسبی که قابلیت حل مسئله را به بهترین صورت داشته باشد انتخاب شود.**

به عنوان مثال در حوضه‌ای به مقیاس وسیع که امکان اجرای طرحهای متعدد با گزینه‌های مختلف مکانی و ابعادی است، بیشترین تلاش باید در جهت کاهش تعداد گزینه‌های نامرغوب و انتخاب گزینه‌های برتر باشد، به طوری که در این ارزیابی هیچ یک از گزینه‌های خوب حذف نگردد. برای نیل به این هدف مناسبترین و بهترین

۱- به عنوان مثال اگر هدف، طراحی یک مخزن یک منظوره و در عین حال مربوط به مرحله شناسایی است. بدیهی است که در انتخاب روش یا روشهای محاسباتی می‌توان از روشهای موجود و قابل دسترس که الگوریتم چندان پیچیده‌ای هم ندارند، استفاده کرد. البته این بدان معنی نیست که در صورت موجود بودن روشهای محاسباتی پیشرفته و آمار و اطلاعات دقیق و کامل و متناسب با آن روشها از آنها استفاده به عمل نیاید.

روش غربال نمودن تمام گزینه‌های مطرح شده توسط یک روش محاسباتی مناسب است که معمولاً با استفاده از تکنیکهای بهینه‌سازی (مدلهای ریاضی)، شبیه‌سازی و یا ترکیبی از این دو صورت خواهد گرفت.

- انتخاب روش محاسباتی با توجه به مرحله توسعه سیستم نیز متغیر خواهد بود. در حوضه‌ای که تا حدودی توسعه یافته است (بخشی از طرحهای منابع آب در آن به اجرا درآمده است)، انتخاب و به‌کارگیری روشهای محاسباتی با حوضه‌ای که هنوز هیچ طرحی در آن به اجرا درنیامده است، متفاوت خواهد بود. زیرا در حوضه‌ای که تا حدودی توسعه یافته است، وجود طرحها می‌تواند به عنوان یک محدودیت در انتخاب روش محاسبات عمل نماید. علاوه بر موارد فوق در انتخاب روش، عواملی نظیر بزرگی و کوچکی ابعاد مسئله می‌تواند نقش مؤثری در انتخاب روش محاسبات داشته باشد، به این ترتیب که در مسایل کوچکتر به‌لحاظ محدودبودن تعداد متغیرها و محدودیتها امکان بهره‌گیری از روش و تکنیکهای بیشتری مطرح است و حال آنکه برای حل مسائل بزرگ نظیر سیستمهای چندمخزنی به‌لحاظ افزایش تعداد متغیرها و محدودیتها در انتخاب روش نیز محدودیت بیشتری دخالت و انتخاب روش محاسبات را محدودتر می‌نمایند.
- میزان دقت موردنیاز در مطالعه اهداف طرح نیز یکی دیگر از عوامل تعیین‌کننده روش محاسباتی است.

۳-۴ محاسبات بهینه‌سازی

محاسبات بهینه‌سازی، با بهره‌گیری از تکنیکهای بهینه‌سازی (مدلهای ریاضی) صورت می‌گیرد. در مسائل طراحی مخزن، بهینه‌سازی ابعاد مخزن با استفاده از تکنیکهای پیش گفته و به شرح زیر انجام می‌گیرد:

پس از انتخاب روش یا روشهای محاسباتی و مشخص نمودن مدل ریاضی موردنظر (DP,LP) با توجه به اهداف مختلف مخزن، ضمن استفاده از مدل و نرم‌افزار مربوط و تأمین ورودیهای موردنیاز مدل، با به‌کارگیری سخت‌افزار مناسبی که قابلیت حل مدل مذکور را داشته باشد، اقدام به حل مسئله می‌گردد. به این ترتیب می‌توان برآورد قریب به بهینه از پارامترهای طراحی من‌جمله حجم مخزن به‌عمل آورد. پس از اخذ نتایج حاصل از رانشهای کامپیوتری و انتخاب بهترین جواب، با بهره‌گیری از تکنیک شبیه‌سازی و در نظر گرفتن شاخصهای گزینش طرح می‌توان بهترین گزینه را با توجه به نتایج حاصله انتخاب نمود.

۴-۴ غربال کردن گزینه‌ها با استفاده از مدلهای ریاضی

در حوضه‌های بزرگ و وسیع که به‌لحاظ پتانسیل آبی فراوان و موقعیت مناسب برای اجرای طرحهای متعدد، گزینه‌های مکانی و ابعادی مختلفی در آنها مطرح می‌گردد برای تصمیم‌گیریها و اجرای طرحها، مطالعات وسیعی باید صورت پذیرد.

به منظور انتخاب اولیه محل طرحها و اندازه مناسب آنها از میان محلها و اندازه‌های ممکن با استفاده از روشهای بهینه‌سازی (مدلهای ریاضی)، باید اقدام به شناسایی گزینه‌های برتر از میان گزینه‌های رقیب و حذف گزینه‌های نامرغوب نمود که به آن غربال[1] کردن گزینه‌ها می‌گویند.

طرح گزینه‌های قابل مقایسه و رقیب در این مرحله به شرح زیر صورت خواهد گرفت :

- **تهیه طرح تمام گزینه‌های مختلف در هر محل**
- **تخمین و برآورد هزینه هریک از گزینه‌ها**
- **تشریح مزایا و معایب هریک از گزینه‌ها**
- **تشکیل جداول مقایسه‌ای مخازن برای ارزیابی و مقایسه اولیه هریک از گزینه‌ها**

۵-۴ محاسبات شبیه‌سازی

اصولاً بهره‌گیری از مدلهای ریاضی پایه، اساس مطالعات بهینه‌سازی را تشکیل می‌دهد. تکنیکهای بهینه‌سازی هرچند ابزار بسیار مناسب و با ارزشی برای برآورد سریع و قریب به بهینه پارامترهای طراحی (حجم مخزن) هستند، ولی هیچ یک به تنهایی قادر به ارائه شاخصهای گزینش طرح نخواهد بود.

به عبارت دیگر، نمی‌توان تنها براساس مطالعات بهینه‌سازی ارزیابی دقیق از نحوه عملکرد سیستم به عمل آورد. به همین جهت متعاقب به‌کارگیری روش بهینه‌سازی باید از روش شبیه‌سازی برای طراحی دقیق مخزن و تأمین آب موردنیاز اهداف مختلف طرح با درنظر گرفتن شاخصهای گزینش طرح که توسط مدل شبیه‌سازی تولید می‌گردد، استفاده نمود. اهم شاخصهای گزینش طرح را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود :

- **متوسط کمبود درازمدت هریک از نیازها**
- **حجم آب قابل تنظیم سالانه**
- **بازده ذخیره‌سازی مخزن[2]**

1- Screening

۲- عوامل مؤثر در بررسی بازده ذخیره‌سازی مخزن به شرح زیر است:

- تعیین آوردهای سالانه رودخانه در محل گزینه‌های مختلف
- تعیین حجم مخزن هر سد برحسب 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 برحسب ارتفاع
- مقایسه وسعت امکانات سرویس‌دهی هر محل نسبت به بالادست و پایین‌دست
- تعیین جدول اولویتبندی گزینه‌ها از نظر بازده ذخیره‌سازی مخزن با توجه به موارد یاد شده در بالا

- میزان سرریز سالانه
- میزان تلفات تبخیر
- سود خالص حاصله ناشی از اجرای طرح (اقتصاد طرح)

۵- انتخاب گزینه نهایی

تصمیم‌گیری به منظور روشن کردن نقاط قوت و ضعف گزینه‌های قابل توصیه و تعیین اولویت آنها و انتخاب گزینه نهایی با توجه به معیارهای زیر صورت می‌پذیرد:

۵-۱ گزینش محل مناسب مخزن

به بند ۵-۱ «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» مرحله شناسایی مراجعه شود.

۵-۲ درصد تضمین آب برای اهداف مختلف [۱]

به بند ۵-۲ «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» مرحله شناسایی مراجعه شود.

۵-۳ حجم آب قابل تنظیم

به بند ۵-۳ «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» مرحله شناسایی مراجعه شود.

۵-۴ متوسط کمبود درازمدت

متوسط کمبود درازمدت از دو جنبه به شرح زیر قابل بررسی است:

الف - متوسط کمبود درازمدت از نظر حجمی

ب - متوسط کمبود درازمدت از نظر تعداد ماههای کمبود

در ارزیابی متوسط کمبود درازمدت نمی‌توان تنها براساس تعداد ماههای کمبود قضاوت نمود، زیرا در این حالت فقط تعداد ماههای کمبود مورد ارزیابی قرار می‌گیرد: حال آنکه میزان کمبودها از نظر کمی نیز باید مورد بررسی قرار گیرد،

۱-برای تفصیل بیشتر به بند ۲-۴ «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» مرحله توجیهی رجوع شود.

بنابراین برای قضاوت بهتر و دقیقتر بر روی درصد موفقیت مخزن در تأمین هریک از نیازها باید متوسط کمبود درازمدت با توجه به موارد فوق و در چهارچوب خطرپذیری‌های مجاز و قابل اعمال مورد ارزیابی قرار گیرد.

۵-۵ به حداقل رساندن میزان آب سرریز شده از سد

به بند ۵-۵ «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» مرحله شناسایی مراجعه شود.

۵-۶ بازده ذخیره‌سازی

به بند ۵-۶ «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» مرحله شناسایی مراجعه شود.

۵-۷ میزان تلفات آب

به بند ۵-۷ «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» مرحله شناسایی مراجعه شود.

۵-۸ ارزیابی اقتصادی گزینه‌های مختلف

علاوه بر رعایت شاخصهای فوق در تعیین گزینه برتر، ارزیابی اقتصادی گزینه‌ها یکی از مهمترین شاخصهای تصمیم‌گیری برای تعیین گزینه نهایی محسوب می‌گردد. به عبارت دیگر، در بین گزینه‌های مطروحه برای یک مخزن گزینه‌ای برتر خواهد بود که علاوه بر دارابودن شاخصهای انتخاب گزینه برتر از نظر هزینه نیز با هزینه اجرایی کمتر از سایر گزینه‌ها انجام شود.

۶- نتایج مطالعات بهره‌برداری مخزن

مطالعات بهره‌برداری مخزن، برای تعیین ظرفیت موردنیاز مخزن، با بهره‌گیری از روشهای بهینه‌سازی و شبیه‌سازی انجام می‌گیرد و حاصل آن مشخص شدن ظرفیت مخزن به همراه دستورالعملهای بهره‌برداری است که برای بهره‌برداری از مخزن باید مورد استفاده قرار گیرد [۱].

۱- این مطلب به صورت ارائه منحنی فرمان در بخش مطالعات مرحله تفصیلی مورد بررسی قرار گرفته است.

بدیهی است که با مطالعات فوق‌الذکر مخزن طراحی شده، باید قادر به تأمین آب موردنیاز اهداف مختلف طرح با ضریب اطمینان موردنظر باشد.

۶-۱ مشخصات فیزیکی مخزن

مجموعه مشخصات فیزیکی مخزن به ترتیب اشاره شده در ذیل در بند ۶-۱ «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» در مرحله شناسایی ارائه شده است:

۶-۱-۱ حجم مخزن در تراز عادی

۶-۱-۲ حداکثر حجم مخزن

۶-۱-۳ حجم مفید مخزن

۶-۱-۴ حداکثر تراز بهره‌برداری

۶-۱-۵ حداقل تراز بهره‌برداری

۶-۱-۶ حجم مرده مخزن

۶-۱-۷ ارتفاع آزاد [1]

شایان ذکر است بند ۶-۳ با عنوان تخصیص ظرفیت مخزن به احجام مختلف متعاقباً به تعریف احجام تشکیل‌دهنده مخزن می‌پردازد.

۶-۲ پارامترهای اصلی مخزن

تعاریف مربوط به پارامترهای ذیل در بند ۶-۲ «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» در مرحله شناسایی ارائه شده است.

۶-۲-۱ آبدهی مخزن [2]

۶-۲-۲ آبدهی قطعی (مطمئن) [3]

۶-۲-۳ آبدهی ثانویه [4]

۶-۲-۴ حداکثر آبدهی ممکن [5]

1- Freeboard

2- Reservoir Yield

3- Firm Yield یا Safe Yield

4- Secondary Yield

5- Maximum Possible Yield

۶-۳ تخصیص ظرفیت مخزن به احجام مختلف

احجام مختلف تشکیل‌دهنده مخزن به شرح مندرج در نمودار شماره ۲ است. اهم این احجام عبارتند از :

- حجم زنده [۱]
- حجم مرده [۲]
- حجم ذخیره کنترل سیلاب [۳]

به منظور تعیین ظرفیت هریک از احجام فوق‌الذکر به شرح زیر عمل می‌گردد:

۶-۳-۱ حجم زنده

بخش عمده ذخیره مخزن را حجم زنده تشکیل می‌دهد. این بخش از مخزن، جریانات فصول پرآبی را به‌منظور مصرف در زمان کم‌آبی در خود نگهداری می‌نماید. به عبارت دیگر مسئولیت اصلی تنظیم جریانات خروجی از مخزن مربوط به حجم آب ذخیره شده در این بخش است. حجم زنده این امکان را فراهم می‌سازد تا بتوان آب را به صورت تقریباً یکنواخت و به مقدار بیشتر از حداقل جریانات ورودی استفاده نمود و به طور خلاصه حجم زنده به ذخیره آب واقع بین حداقل تراز بهره‌برداری و تراز عادی آب اطلاق می‌شود. شایان ذکر است در برخی موارد از حجم ذخیره غیرفعال نیز به عنوان حجم زنده استفاده می‌گردد. حجم زنده بایستی تأمین مقدار معینی از آب را که آبدهی مطمئن یا آبدهی قطعی نامیده می‌شود با ضریب اطمینان معینی که از قبل تعیین گردیده، تضمین نماید.

تعیین حجم زنده براساس روشهای ارائه شده در بند ۴ و با استفاده از آمار و اطلاعات پایه به شرح زیر صورت می‌گیرد:

- سری زمانی بده رودخانه در محل سد
- تلفات تبخیر ماهانه از سطح دریاچه سد و بارش روی مخزن
- نیازهای آبی متناسب با اهداف اصلی طرح
- مشخصات هندسی مخزن
- حدود کمبودهای مجاز به‌منظور تأمین آب برای اهداف مختلف (مانند برقابی، آبیاری و شرب)
- میزان تلفات نفوذ از مخزن یا تغذیه به مخزن توسط آبهای زیرزمینی

1- Live Storage

2- Dead Storage

3- Flood Control Storage

۶-۳-۲ حجم مرده[1]

در طراحی سد و مخزن، موضوع رسوب و تخصیص حجم مناسبی از مخزن به‌منظور انباشته شدن مواد رسوبی در طول عمر مفید مخزن و نحوه توزیع این رسوبات در داخل مخزن از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است.

در صورت دسترسی به داده‌های کافی، می‌توان با استفاده از مدلهای ریاضی ویژه رسوبگذاری نحوه توزیع رسوبات را در داخل مخزن مطالعه کرد و پس از تصحیح منحنیهای سطح و حجم آن را در محاسبات بهره‌برداری مخزن ملحوظ نمود.

در صورتی که داده‌های کافی موجود نباشد می‌توان با فرض یک دوره پنجاه‌ساله، حجم رسوبات را برآورد کرد و آن را به عنوان حجم مرده تلقی نمود.

۶-۳-۳ حجم ذخیره کنترل سیلاب

حجم ذخیره کنترل سیلاب به بخشی از مخزن که در بین تراز عادی آب مخزن و حداکثر تراز آب مخزن واقع شده است، اطلاق می‌گردد. تعیین حداکثر تراز آب در مخزن[2] به طریق روندیابی[3] سیل طراحی در مخزن صورت می‌گیرد. مراحل مختلف روندیابی سیل در مخزن متناسب با روشهای روندیابی به‌کار گرفته شده متفاوت است، ولی عمدتاً نیاز به آمار و اطلاعات زیر دارد:

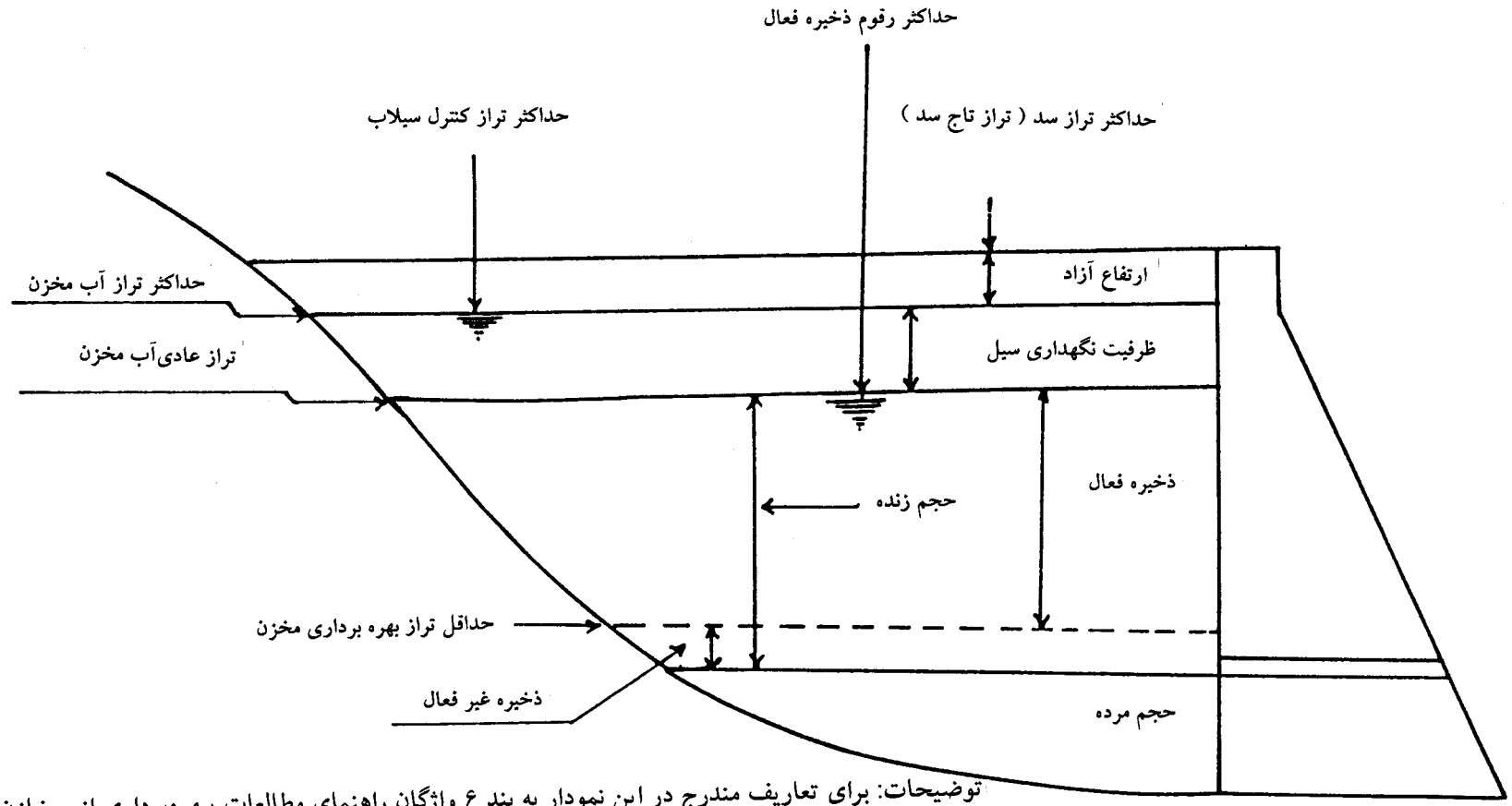
- تراز ارتفاعی اولیه مخزن و یا ذخیره اولیه مخزن
- تراز ارتفاعی مخزن در مقابل ظرفیت سرریز و ظرفیت ذخیره مخزن
- آب‌نگاشت سیل طراحی
- میزان خروجی از مخزن شامل میزان جریان از سرریز و خروجی‌ها و نیروگاه - ظرفیت حجم مخزن در ارتفاعات مختلف مخزن
- خروجی اولیه مخزن

1- Dead Storage

2- Maximum Water Level

3- Flood Routing

نمودار ۲- تخصیص ظرفیت مخزن به احجام مختلف



توضیحات: برای تعاریف مندرج در این نمودار به بند ۶ واژگان راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها (مرحله طراحی تفصیلی) مراجعه گردد.

۷- گزارش مطالعات بهره‌برداری از مخزن

با استفاده از کلیه داده‌ها، روشها و تکنیکهای یاد شده بسته به مورد و متناسب با شرایط موجود (در دسترس بودن آمار هیدرولوژی، و شرایط سد و مخزن) نتایج بررسیهای به عمل آمده باید در گزارش جامعی ارائه گردد. این گزارش باید حداقل حاوی بخشهای ذیل باشد:

- کلیات شامل : موقعیت جغرافیایی طرح، اهداف و اولویتها
- آمار و اطلاعات و داده‌های پایه
- اطلاعات مربوط به نیازها
- انتخاب روش مطالعاتی
- گزینه‌یابی مکانی و ابعادی، غربال‌کردن گزینه‌ها و انتخاب گزینه بهینه با استفاده از معیارهای انتخاب گزینه
- تدقیق مشخصات مخزن و سایر پارامترهای مربوط در رابطه با گزینه بهینه با استفاده از مدلهای شبیه‌سازی
- ارائه مشخصات عملکرد مخزن در دوره بهره‌برداری با توجه به کلیه پارامترهای ذی‌ربط (تأمین نیازها، سرریز، تلفات تبخیر از مخزن و ...)
- پیشنهادها و توصیه‌ها

بخش سوم:

راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها

مرحله طراحی تفصیلی

۱- کلیات

۱-۱ مقدمه

ضرورت تدوین «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» با در نظر گرفتن مراحل مختلف مطالعات (شناسایی، توجیهی و طراحی تفصیلی) قبلاً در مقدمه این راهنما برای مرحله شناسایی مورد تأکید قرار گرفته است. راهنمای حاضر جهت مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها در مرحله طراحی تفصیلی تهیه و تدوین شده است.

همانگونه که در راهنمای مطالعات بهره‌برداری در مراحل شناسایی و توجیهی ذکر گردید، ابتدا براساس معیارهای مرحله شناسایی، گزینه‌های برتر از میان گزینه‌های مطرح و قابل رقابت، مورد شناسایی، بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد و سپس در مرحله توجیهی با بهره‌گیری از تکنیکهای بهینه‌سازی و شبیه‌سازی نسبت به تعیین ارتفاع سد و سایر پارامترهای طراحی گزینه‌های منتخب اقدام می‌گردد. هدف اصلی از مطالعات مرحله توجیهی، انتخاب گزینه نهایی و تعیین قطعی نوع، ارتفاع، حجم و تراز عادی مخزن و توجیه اقتصادی طرح است. لذا با توجه به معیارهای ذکر شده در «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» مرحله توجیهی و با درنظر گرفتن نقاط قوت و ضعف گزینه‌ها نسبت به انتخاب گزینه نهایی تصمیم‌گیری صورت می‌گیرد و به این ترتیب ارتفاع سد و سایر پارامترهای طراحی گزینه نهایی تعیین و تثبیت می‌گردد.

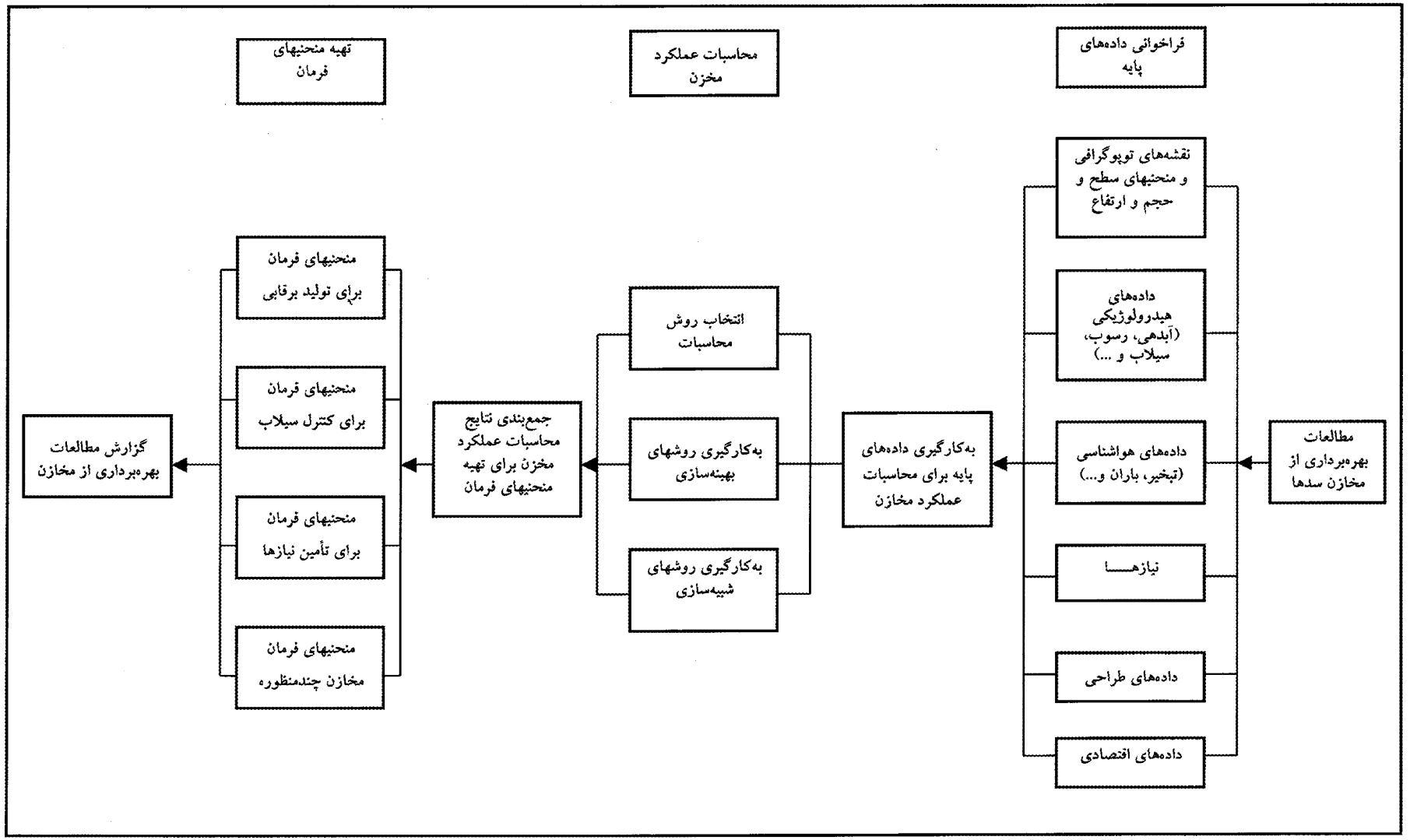
هدف اصلی در مرحله طراحی تفصیلی، روشن نمودن جزییات طرح است، به حدی که اجرای آن برای پیمانکاران و سازندگان بدون ابهام عملی شود، لذا با فرض قطعیت انتخاب ابعاد و تصمیم‌گیریها در مرحله توجیهی، رفتار مخزن در طول مدت عمر آن شبیه‌سازی می‌شود و بهترین شیوه بهره‌برداری از مخزن برای تأمین اهداف آن تعیین می‌گردد. به این ترتیب با انجام دادن تجزیه و تحلیلهای لازم در مورد عملکرد مخزن، خطوط اصلی «سیاستهای بهره‌برداری[1]» از مخزن مشخص می‌گردد. نتیجه این بررسیها به صورت منحنیهای فرمان بهره‌برداری از مخزن و دستورالعملهای مربوطه، در گزارش مطالعات مرحله طراحی تفصیلی ارائه می‌گردد. روند کلی مطالعات بهره‌برداری از مخازن در مرحله طراحی تفصیلی در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است.

۱-۲ هدف

هدف از تدوین «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» در مرحله طراحی تفصیلی، ارائه خلاصه‌ای از مجموعه روشهای فنی برای تدوین سیاستهای بهره‌برداری بهینه در قالب ارائه منحنیهای فرمان است.

1- Operation Policies

نمودار ۱- روند نمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها (مرحله طراحی تفصیلی)



۱-۳ دامنه کار

دامنه کار این راهنما، مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها در مرحله طراحی تفصیلی برای سیستم سدهای یک مخزنی [1] است.

۲- داده‌های پایه

به‌طور کلی، داده‌های پایه مطالعات بهره‌برداری از مخزن در مرحله طراحی تفصیلی داده‌های بهنگام شده مرحله توجیهی است که به همراه قیودی [2] که برای تهیه منحنی فرمان در اجرای مدل در نظر گرفته می‌شود، در این مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورتی که بین مطالعات مرحله توجیهی و طراحی تفصیلی مدت زیادی فاصله افتد و یا شرایطی که در بخش ملاحظات عمومی فهرست خدمات مطالعات مرحله طراحی تفصیلی سدسازی (مأخذ شماره۱۵) ذکر شده است تحقق یابد، باید قبل از شروع مطالعات مرحله طراحی تفصیلی ابتدا مطالعات تکمیلی مرحله توجیهی صورت پذیرد و پس از تصویب آن نسبت به ادامه مطالعات اقدام به‌عمل آید.

جزییات موردنیاز داده‌های پایه در بند ۲ «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخزن سدها»، در مرحله توجیهی ارائه گردیده و رئوس آن به شرح زیر است :

- **نقشه‌های توپوگرافی، منحنیهای سطح، حجم، ارتفاع**
- **تراز عادی مخزن و ترازهای نظیر : احجام زنده و مرده و ...**
- **داده‌های هیدرولوژیکی شامل : آمار آبدهی ماهانه رودخانه، اطلاعات مربوط به بارکل رسوب، اطلاعات مربوط به نفوذ آب در مخزن**
- **داده‌های هواشناسی شامل : آمار بارندگی، تلفات تبخیر از مخزن**
- **داده‌های مربوط به نیازهای آبی شامل : آب آشامیدنی، صنعتی، آب کشاورزی، نیازهای برقابی، زیست محیطی، کنترل سیل و سایر نیازهای ذی‌ربط با توجه به اهداف سد**

علاوه بر استفاده از داده‌های مزبور باید به گزارش مطالعات مرحله توجیهی به ویژه اطلاعات مربوط به طراحی سد و سازه‌های وابسته، مشخصات سازه‌های تخلیه‌کننده، سرریز، آبگیرها، نیروگاه برقابی و پارامترهای اقتصادی نیز توجه کافی معطوف گردد.

۱- تعاریف مربوط به طبقه‌بندی مخازن سدها در بند ۱-۴ «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» در مرحله شناسایی ارائه شده است.

2- Constraints

۳- محاسبات عملکرد مخزن

به‌طور کلی شیوه محاسبات عملکرد مخزن در این مرحله از مطالعات نیز عمدتاً شبیه مرحله توجیهی است. با این تفاوت که در این مرحله گنجایش مخزن از پیش تعیین شده و هدف اصلی، شبیه‌سازی عملکرد مخزن در طول مدت عمر سد بوده و بدین منظور با به‌کارگیری مدلهای بهینه‌سازی و شبیه‌سازی مناسب و اجرای آن به همراه قیود موردنظر، عملکرد مخزن در تأمین نیازها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این امر آن قدر ادامه می‌یابد که در تحت شرایط موردنظر، مخزن بتواند بهترین بازده را برای تأمین نیازها داشته باشد که در واقع هدف، عملکرد بهینه مخزن است. در تحت چنین شرایطی عملکرد مخزن به عنوان الگوی کار مخزن به شکل منحنی فرمان بهره‌برداری از مخزن ارائه می‌گردد.

شایان ذکر است که در محاسبات عملکرد مخزن به‌طور کلی باید مسائل مربوط به تخلیه اضطراری مخزن نیز مورد توجه قرار گیرد.

به‌طورکلی، کلیه مطالبی که در بند ۴ «راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها» در مرحله توجیهی ذکر شده، در این مرحله نیز معتبر است.

۴- منحنیهای فرمان

منحنیهای فرمان بهره‌برداری، منحنی یا دسته منحنیهای نشاندهنده بهترین وضعیت 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 بهره‌برداری از سد را برای افراد مسئول مشخص می‌سازند، در حالی که منحنیهای فرمان یک چهارچوب پیش‌بینی شده هستند که نحوه بهره‌برداری از مخزن را مشخص و در حقیقت سیاست کلی استفاده از مخزن را براساس روشهای علمی بیان می‌نمایند.

در گذشته منحنیهای فرمان بیشتر از آنکه صرفاً به محاسبات متکی باشند به تجربه طراحان بستگی داشته و عمدتاً با استفاده از موارد مشابه صورت می‌پذیرفت. ولی امروزه با دسترسی به بسته‌های نرم‌افزاری پیشرفته (مدلهای بهینه‌سازی، شبیه‌سازی و روشهای احتمالات) می‌توان براساس 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.

به‌طورکلی تهیه منحنیهای فرمان برای مخازن یک منظوره ساده‌تر است و با توجه به داده‌های ورودی و ظرفیت مخزن و میزان نیازها می‌توان منحنی فرمان بهینه را تهیه نمود. بدیهی است در سدهای چندمنظوره، از آنجاکه تأمین نیازهای مختلف معمولاً با یکدیگر در تضادند مسأله پیچیده‌تر است. به عنوان مثال می‌توان تأمین نیازهای کشاورزی و کنترل سیلاب را ذکر نمود. سیاست کنترل سیلاب ایجاب می‌کند که مخزن برای فصول سیلابی خالی نگهداشته شود تا امکان کاهش سیلاب خروجی موجود باشد. در حالی که برای تأمین نیازهای کشاورزی ضرورت دارد که مخزن حتی‌الامکان پر نگهداشته شود تا نیازهای مربوطه تأمین گردد. در این‌گونه موارد با استفاده از روشهای محاسباتی می‌توان بهترین تراز سطح دریاچه راکه برای هر دو منظور مناسب باشد تعیین نمود.

۴-۱ مشخصه‌های منحنی فرمان

مشخصه‌های منحنیهای فرمان در یک مخزن عبارت از : حجم آب تخصیص یافته مخزن در یک زمان مشخص برای تأمین نیازهای آبی مشخص و اولویت معین است. منحنیهای فرمان اغلب به صورت ماهانه طراحی می‌گردند. در برخی مواقع براساس نیازهای آبی و نحوه تأمین آنها می‌توان از فواصل زمانی کمتری نیز استفاده نمود. منحنی فرمان معرف سیاستهایی است که در بهره‌برداری از یک مخزن با توجه به شرایط و وضعیت موجود سیستم و تغییرات فصلی و ماهانه جریانات ورودی به مخزن اعمال می‌گردد. حتی‌الامکان باید سعی شود این منحنیها به نحو ساده‌ای طراحی گردند تا به آسانی مورد استفاده قرار گیرند.

این منحنیها نشاندهنده تغییرات تراز مخزن در زمانهای مختلف بهره‌برداری در طول یک دوره زمانی مشخص است.

۴-۲ اصول تهیه منحنی فرمان

هدف از بررسی منحنی فرمان در این راهنما، معرفی منحنی فرمان و ارائه دستورالعملهای کلی درباره تهیه آن است. برای رسیدن به این هدف، اصول کلی مربوط به تهیه منحنیهای فرمان برای مخازن یک منظوره و چندمنظوره در بندهای آتی مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس با ارائه مثالهایی، نحوه تهیه منحنی فرمان برای برخی از حالات نشان داده می‌شوند.

۴-۲-۱ مخازن یک منظوره

الف - مخازن یک منظوره با هدف کنترل سیلاب

هنگامی که مناطق تحت پوشش حفاظت از سیل، بلافاصله بعد از مخزن قرار گرفته است، برنامه کنترل سیل عبارت است از: رهاسازی تمامی جریانهای ورودی به مخزن تا حد مجاز ظرفیت رودخانه در پایین‌دست سد، به‌نحوی که موجب بروز طغیان و به زیرآب رفتن اراضی حاشیه رودخانه در پایین‌دست سد نگردد.

بهره‌برداری از مخازن کنترل سیل بستگی به ظرفیت ذخیره سیل در مخزن، ظرفیت خروجیها، محل قرارگرفتن آنها، مراکزی که در خطر سیل هستند و باید از آنها حفاظت به‌عمل آید، مشخصه‌های سیل، توانایی و دقت در پیش‌بینی سیل و طوفانها و بالاخره اندازه حوضه آبریز کنترل نشده دارد. به‌طورکلی برای ایجاد هماهنگی در کلیه شرایط بحرانی باید اصول زیر مدنظر قرار گیرد:

- استفاده مؤثر و صحیح از ظرفیت ذخیره موجود کنترل سیل

چون در این حالت سعی در جهت کاهش خسارت به مناطق سیلگیر است، لذا تا آنجا که ممکن است باید ظرفیت ذخیره کنترل سیل مخزن را در زمان وقوع سیل افزایش داد. در این حالت ضروری است پیش‌بینی دقیقی از جریانات سیلابی به مخزن در یک دوره معین صورت گیرد. به نحوی که جریانات مذکور قادر به پرنمودن یک مخزن خالی باشند.

یکی از عوامل مهم تحت شرایط سیل، استفاده صحیح از ظرفیت ذخیره موجود مخزن به منظور کاهش خسارات سیل و حفاظت از مناطقی که در معرض خطر وقوع سیل هستند، است.

چون جریانهای خروجی از مخزن تحت چنین شرایطی باید کمتر از میزانی باشد که برای سیل طراحی در نظر گرفته شده است و از طرفی با توجه به وقوع سیلهای بزرگ بعدی باید ظرفیت مشخصی را به منظور ذخیره‌سازی آنها در نظر گرفت، بنابراین به منظور کاهش خطرها، استفاده از یک شبکه دقیق پیش‌بینی سیل در بالادست و پایین‌دست حوضه کاملاً ضروری می‌باشد.

- کنترل سیل طراحی

در شرایط وقوع سیل طراحی، جریانات خروجی از مخازن باید به همان میزانی باشد که از قبل تعیین شده است، به‌نحوی که مخزن قادر به مهار و کنترل سیل طراحی شود، بدون آنکه افزایشی در ظرفیت حجم کنترل سیل حادث شود.

- سیستم ترکیبی

هنگامی از سیستم ترکیبی استفاده می‌گردد که اراضی سیلگیر واقع در مناطق نزدیک و دور از سد باید تحت حفاظت قرار گیرند، در این حالت از هر دو روش قبلی با هم استفاده می‌گردد. به این ترتیب که در سیلهایی به جز سیل طراحی

قسمتهای تحتانی ظرفیت کنترل سیل مخزن مورد استفاده قرار می‌گیرد و در زمان وقوع سیل طراحی مخزن قادر خواهد بود تا سیل طراحی را نیز کنترل نماید و در این حالت میزان خروجیهای سد باید براساس نحوه خروج سیل طراحی از مخزن صورت پذیرد. می‌توان گفت این روش بهترین نوع بهره‌برداری از ظرفیت کنترل سیل مخزن محسوب می‌گردد.

-کنترل سیل در مواقع اضطراری

ضروری است که برای رهاسازی جریانهای خروجی در مواقع اضطراری، برنامه رهاسازی خروجیها در دست گروه بهره‌برداری قرار داده شود تا این گروه قادر شود با درنظر گرفتن احتیاطات و پیشگیریهای لازم تحت شرایط وقوع سیلهای فوق‌العاده شدید به‌نحوی جریانهای خروجی را رها سازد که ایمنی سد و تأسیسات وابسته و نیز تأسیسات موجود در مسیر رودخانه بعد از سد حفظ شود.

ب -مخازن نگهداری[1]

این مخازن برای افزایش ظرفیت نگهداری و ذخیره آب هستند. به این ترتیب که در این مخازن تمامی آبهای مازاد بر نیاز باید نگهداری شوند و تا ارتفاع آب مخزن به حداکثر تراز مخزن نرسد، هیچگونه سرریزی نباید وجود داشته باشد. اگر وقوع سیل زمانی باشد که ارتفاع آب در مخزن در حدود حداکثر تراز آب و یا نزدیک آن باشد، خروج جریانها در این موقع باید در حدود بده‌هایی باشد که بدون وجود سد و مخزن صورت می‌گرفته است. با توجه به موارد فوق، برنامه عملیات این گونه مخازن معمولاً شامل: دو قسمت، یکی برای دوره پرشدن مخزن و دیگری دوره خالی‌شدن آن است. برای هر دو دوره لازم است که منحنیهای فرمان به‌طور جداگانه تهیه شود.

منحنی فرمان برای دوره پرشدن مخزن باید براساس آمار جریان رودخانه در یک دوره طولانی مورد مطالعه قرار گیرد. به این طریق مشخص خواهد شد که در دوره‌های مختلف پرشدن مخزن به منظور تأمین نیازها تا کدام تراز از مخزن باید مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

حساسترین و بحرانیترین نحوه بهره‌برداری زمانی است که باید حداقل رهاسازی جریان، به‌منظور تأمین نیاز مشخصی توسط منحنی فرمان تعیین شود. به این ترتیب که باید میزان ذخیره قابل قبول مخزن با در نظرگرفتن درصد مجاز خطرپذیری برای همان دوره تعیین گردد.

1- Conservation Storage

۴-۲-۲ مخازن چندمنظوره

بهره‌برداری از مخازن چندمنظوره به نحوی است که از آب ذخیره شده در مخزن به منظور تأمین اهداف مختلف و با اولویتهای معینی استفاده می‌گردد.

به‌طور کلی مخزن به پنج بخش مختلف تقسیم می‌گردد که هریک از آنها نقش عمده‌ای در عملیات بهره‌برداری دارند. بخشهای مختلف مخزن مطابق شکل شماره ۱ و به شرح زیرند:

- بخش سرریز

بخش فوقانی حجم مربوط به کنترل سیل را بخش سرریز می‌نامند. این فضا عمدتاً در حین سیلابهای شدید پر می‌شود.

- بخش کنترل سیل

این بخش از مخزن به‌منظور نگهداری موقت سیلهای شدید و کاهش خسارتهای ناشی از سیل در پایین‌دست مخزن است. این بخش باید سریعاً تخلیه گردد تا فضای مناسب برای نگهداری و جذب سیلابهای بعدی میسر گردد.

- بخش نگهداری

این بخش برای نگهداری آب و تأمین نیازهای مختلف مخزن است.

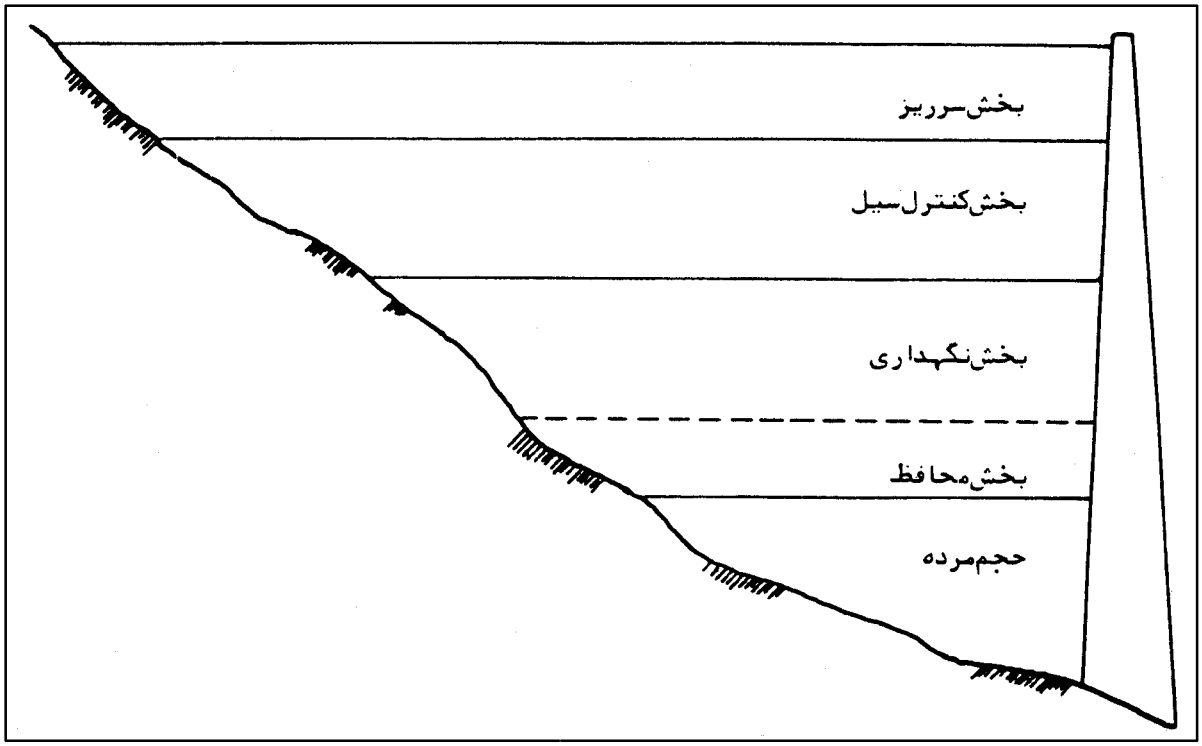
- بخش محافظ [1]

بخش فوقانی حجم مرده مخزن نامیده می‌شود که فقط در شرایط بسیار ضروری از آب آن استفاده می‌گردد.

- بخش حجم مرده

این بخش پایین‌ترین قسمت مخزن است و به منظور نگهداری رسوبات که به داخل مخزن وارد می‌گردد تعبیه می‌شود.

1- Buffer Zone



شکل ۱- تعریف بخشهای مختلف ذخیره مخازن چندمنظوره

۴-۲-۲-۱ اصول عمومی بهره‌برداری از مخازن چندمنظوره

برای تهیه منحنیهای فرمان مخازن چند منظوره، ابتدا باید به اصول عمومی بهره‌برداری از مخازن مزبور توجه کافی مبذول گردد. رئوس اصول عمومی بهره‌برداری از مخازن مزبور فهرست‌وار به شرح زیر ارائه می‌گردد:

۱- تخصیص ظرفیتهای مجزا

در این حالت علاوه بر استفاده از آب بخش ذخیره نگهداری برای تأمین نیازهای مختلف، از آب حجم ذخیره کنترل سیل نیز می‌توان برای تولید انرژی ثانویه تا حد امکان استفاده نمود.

۲- استفاده مشترک از حجم ذخیره

در مخازن چندمنظوره هنگامی که استفاده مشترک از آب بخشهای مختلف مطرح می‌گردد، به لحاظ رقابت و درگیری

بین تقاضاهای آب، عملیات بهره‌برداری بسیار پیچیده می‌گردد. به عنوان مثال زمانی که کنترل سیل نیاز به ظرفیت خالی مخزن دارد، ذخایر نگهداری آب به منظور تأمین سایر اهداف باید در حداکثر ممکن حفظ شود. بنابراین عملیات بهره‌برداری با توجه به اهداف مختلف با هم سازگاری ندارد و باید متناسب با شرایط حاکم، برخی از اهداف قربانی سایر هدفها گردند.

۳- استفاده از روش ظرفیت مشخص

به‌طور کلی زمانی که ظرفیتهای مشخصی برای مصارف مختلف از جمله کنترل سیل تخصیص داده می‌شود، برنامه بهره‌برداری معمولاً کمتر مواجه با مشکل خاصی خواهد شد، زیرا بهره‌برداری برای یک مصرف خاص معمولاً مستقل است و براساس برنامه مخازن تک منظوره و متناسب با اهداف آنها خواهد بود.

در مخازن چند منظوره‌ای که هدف کنترل سیل به عنوان هدف اصلی در کنار سایر اهداف باشد، برنامه عملیات بهره‌برداری براساس دو روش زیر صورت خواهد گرفت :

الف - تخصیص دایمی ظرفیت برای ذخیره سیل

تخصیص دایمی ظرفیت به منظور کنترل سیل در بخش فوقانی ظرفیت نگهداری مخزن در مناطقی صورت می‌گیرد که سیل می‌تواند در هر زمانی از سال اتفاق بیفتد.

به این منظور با انجام دادن مطالعات بر روی سیلهای مشاهده شده و محاسبه شده می‌توان به ظرفیت موردنیاز کنترل سیل در مخزن دست یافت.

ب - تخصیص فصلی ظرفیت برای ذخیره سیل

تخصیص فصلی ظرفیت برای ذخیره سیل بستگی به اندازه و میزان سیلی دارد که احتمالاً اتفاق خواهد افتاد. پس از خاتمه این دوره، این قسمت باید به منظور ذخیره‌سازی جریانات ورودی برای تأمین سایر نیازها مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۳ تعیین منحنی فرمان

به منظور تهیه منحنیهای فرمان باید داده‌های زیر در دسترس باشد:

- **حداکثر تراز آب در مخزن**
- **حداکثر تراز کنترل سیلاب**
- **تراز عادی آب**
- **حداکثر تراز بهره‌برداری**
- **حداقل تراز بهره‌برداری**
- **حداقل تراز حجم مرده**
- **حداکثر حجم آب مخزن**
- **حجم مفید مخزن**
- **منحنی ارتفاع - حجم مخزن**

آگاهی از مقادیر حجم کنترل سیلاب، حجم مرده و احجام فعال درونسالی و برونسالی ضروری است، این اطلاعات باید از مطالعات مرحله توجیهی فراخوانی گردد.

برای ارائه بهترین شیوه بهره‌برداری از مخزن به منظور کنترل سیلاب، تولید انرژی برقابی و سایر مصارف، باید منحنی فرمان به نحوی طراحی شود که کمترین درگیریها را در بین تقاضاهای مختلف به‌وجود آورد.

به عنوان مثال در یک طرح چند منظوره که تولید انرژی برقابی یکی از اهداف آن است، سعی بر این است که در دوره‌های پرآبی، متوسط و کم‌آبی همواره تعادلی بین تولید انرژی و ذخیره مخزن برقرار باشد، به نحوی که بتوان با حداقل ذخیره مخزن حداکثر انرژی را تولید نمود و مخزن ضمن داشتن گنجایش نگهداری جریانات سیلابی قابلیت تنظیم و عبور مطمئن آن را نیز داشته باشد. به این ترتیب سطح آب در مخزن همواره و در تمام مواقع باید تا آنجایی بالا باشد که قابلیت تولید انرژی ثابت مورد نیاز را داشته باشد. این هدف به شرطی تأمین خواهد شد که منحنی فرمان برای تولید برقابی به نحو صحیحی طراحی گردد.

۴-۴ نمونه‌هایی از منحنیهای فرمان بهره‌برداری از مخازن

۴-۴-۱ منحنی فرمان تولید انرژی برقابی

در نمودار شماره ۲ منحنی فرمان بهره‌برداری نیروگاه در یک طرح سد مخزنی ارائه گردیده است. منحنی مذکور

نشاندهنده تراز آب موردنیاز مخزن برای تولید انرژی مطمئن[1] در زمانهای مختلف سال است. همان‌طورکه مشاهده می‌گردد شیب معمول منحنیهای فرمان باید به‌نحوی باشد که در دوره‌های کم‌آبی حداکثر ذخیره آب مخزن برای حداکثر نیاز برقابی موجود باشد.

منحنی مذکور نشاندهنده تراز آب مخزن و احجام نظیر موردنیاز برای تولید انرژی مطمئن در تمام طول سال است. شیب عمومی منحنی فرمان به شرطی منطقی خواهد بود که ذخیره آب برای تولید انرژی در ماههای خشک در حدی باشد که با توجه به نیاز شدید انرژی در تابستان بتوان حتی با ورود بده‌های حداقل آن را تأمین نمود.

بنابراین اگر همه دوره خشک منطبق بر دوره منحنی فرمان بوده و فقط تولید انرژی مطمئن موردنظر باشد و همچنین اگر تولید انرژی براساس توزیع ماهانه نیاز برقابی صورت پذیرد، تراز آب مخزن نباید از حد تراز بهره‌برداری پایین‌تر برود، مگر آنکه مربوط به یک دوره خشکی باشد که خارج از دوره تهیه منحنی فرمان قرار گیرد.

از طرف دیگر در جریانهای حداکثر که ارتفاع آب مخزن افزایش می‌یابد با تولید انرژی ثانویه می‌توان تراز آب مخزن را به حد منحنی فرمان رسانید. به‌طوری‌که حجم ذخیره مخزن کاهش یابد و مخزن قابلیت تنظیم سیل را داشته باشد. منحنی فرمان بهره‌برداری برقابی را می‌توان به عنوان یک راهنما برای تولید انرژی اولیه و ثانویه دانست به نحوی که مخزن قابلیت ذخیره‌سازی و تنظیم جریانات سیلابی را نیز داشته باشد.

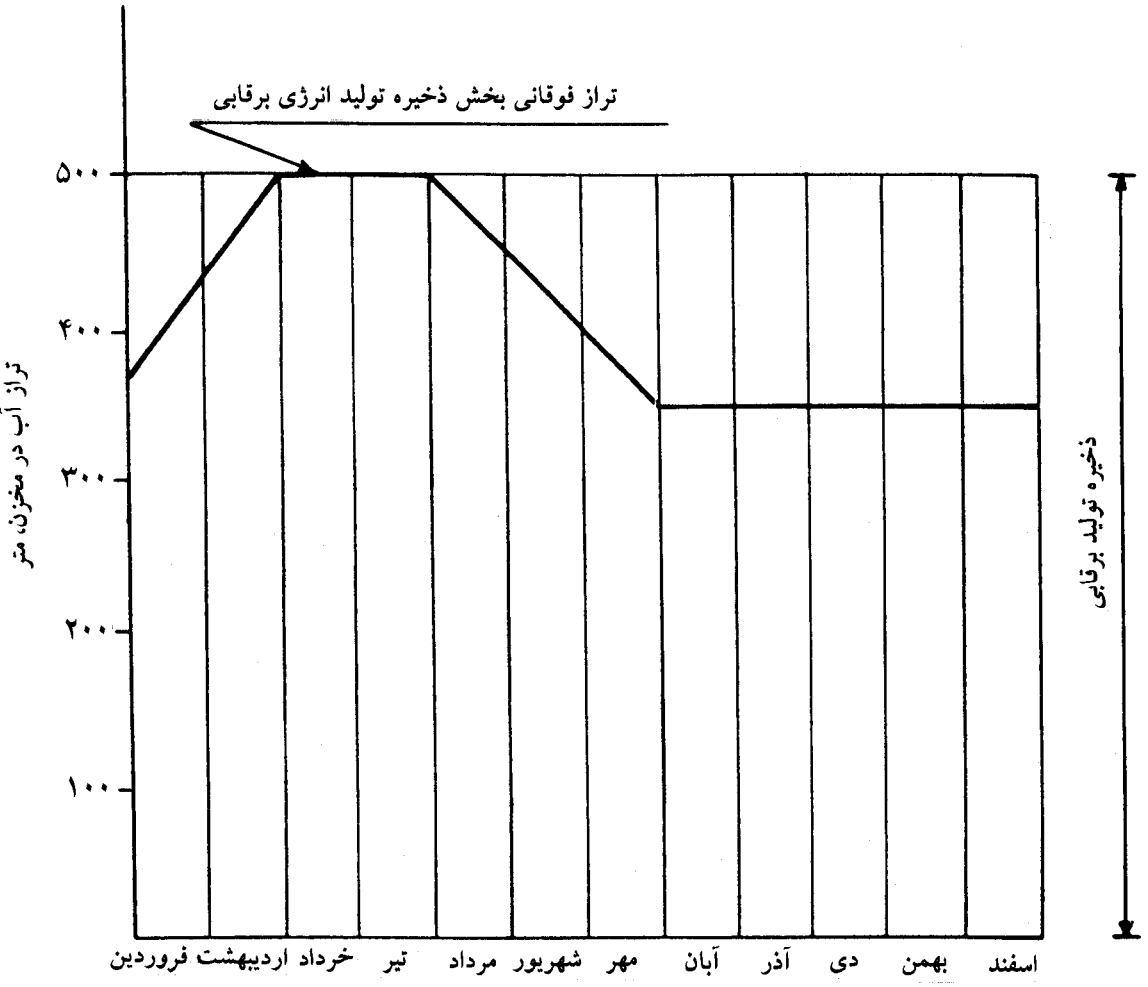
۴-۴-۲ منحنی فرمان برای مخازن چندمنظوره

در نمودار شماره ۳ نمونه‌ای از منحنیهای فرمان برای مخازن چندمنظوره نشان داده شده است. در نمودارهای شماره ۴ و ۵ منحنی فرمان بهره‌برداری از سدهای مخزنی شهید عباسپور و دز که براساس مطالعات به عمل آمده در چهارچوب مآخذ شماره ۱۷ و ۱۸ تهیه شده، ارائه گردیده است:

1- Firm Energy

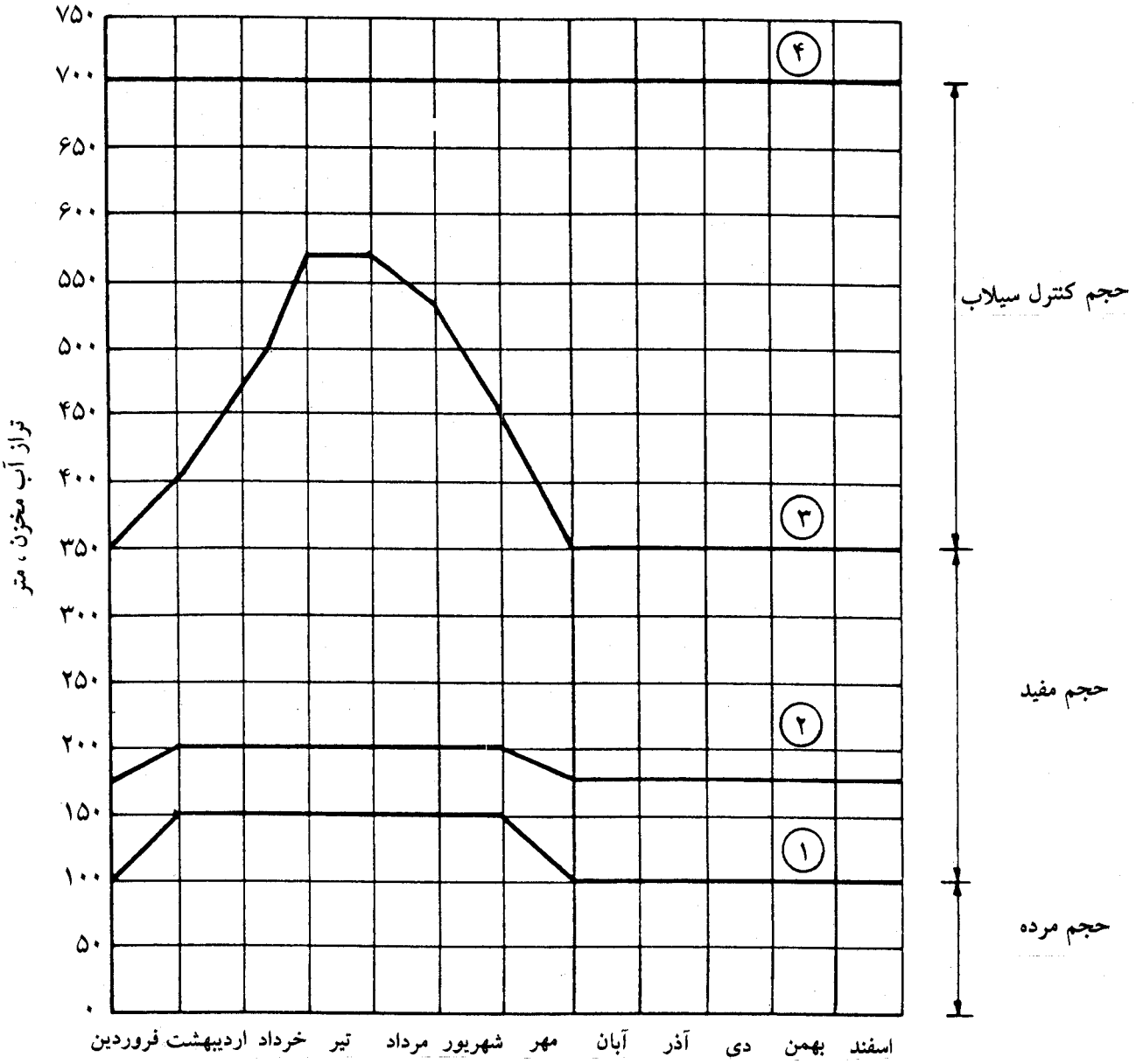
برحسب تعریف انرژی مطمئن عبارت است از : انرژی برقابی که دقیقاً در فاصله رقوم عادی مخزن تا رقوم بهره‌برداری از مخزن در خشکترین دوره مخزن تولید می‌گردد.

نمودار ۲- نمونه منحنی فرمان برای تولید انرژی برقابی (مأخذ شماره ۴)



نمودار ۳- نمونه‌ای از تغییرات فصلی تراز آب در مرزهای مختلف یک مخزن چند منظوره

منحنی فرمان بهره‌برداری (مثال از مهندسان ارتش آمریکا مأخذ شماره ۳)



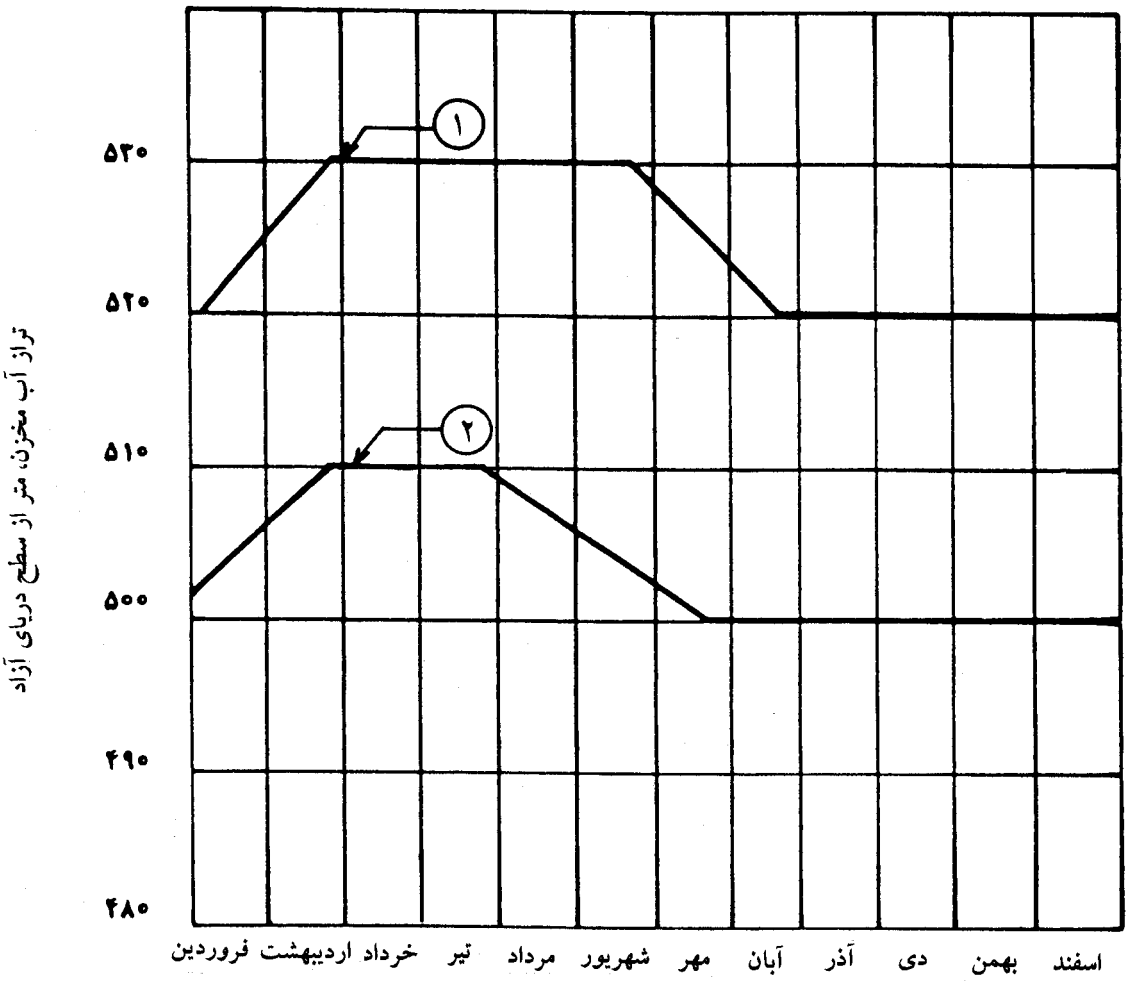
(۱) : تراز فوقانی حجم مرده

(۲) : تراز فوقانی بخش محافظ

(۳) : تراز فوقانی بخش تامین نیازها

(۴) : تراز فوقانی بخش کنترل سیلاب

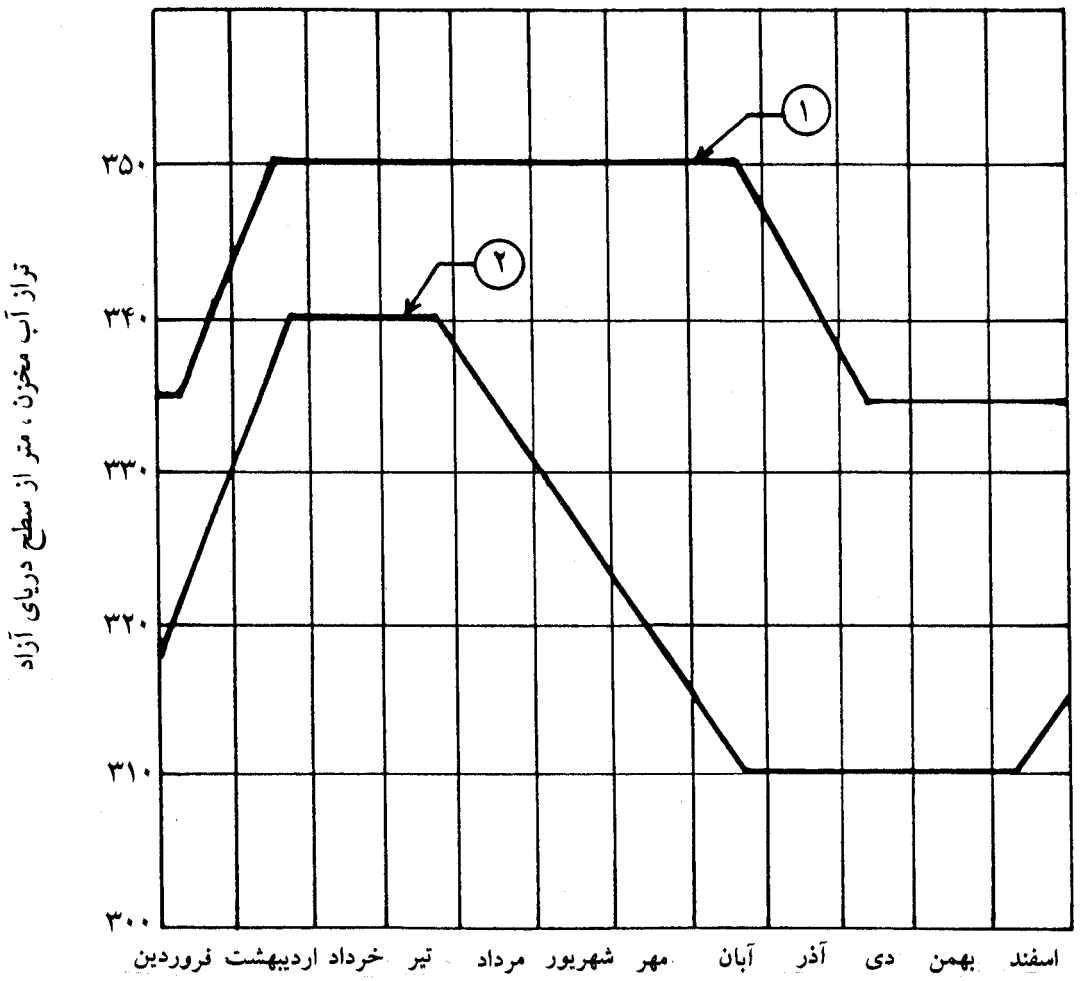
نمودار ۴- منحنی فرمان بهره‌برداری سد شهید عباسپور (مأخذ شماره ۱۷)



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

(۲) : ارتفاع حداقل نرمال سطح آب

نمودار ۵- منحنی فرمان بهره‌برداری سد دز (مأخذ شماره ۱۸)



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

(۲) : ارتفاع حداقل نرمال سطح آب

۵- گزارش مطالعات بهره‌برداری از مخازن

با استفاده از کلیه داده‌ها، روشها و تکنیکهای یاد شده بسته به مورد و متناسب با شرایط موجود، نتایج بررسیهای به‌عمل آمده باید در گزارش مطالعات بهره‌برداری از مخازن برای مرحله طراحی تفصیلی ارائه گردد. این گزارش جزئی از دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری (بند ۷-۳ مأخذ ۱۵) را تشکیل خواهد داد. این گزارش باید حداقل حاوی بخشهای زیر باشد:

- کلیات شامل موقعیت جغرافیایی طرح، اهداف و اولویتها
- آمار و اطلاعات و داده‌های پایه
- اطلاعات مربوط به نیازها
- انتخاب شیوه‌های محاسبات عملکرد مخزن
- مبانی و مفروضات اصلی در سیاستهای بهره‌برداری
- نتایج رانشهای شبیه‌سازی عملکرد مخزن در طول دوره بهره‌برداری
- ارائه منحنیهای فرمان با توجه به نوع مخزن (یک منظوره - چندمنظوره) و با توجه به اولویتهای بهره‌برداری

۶- 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** - Flood Control Diagram

(مترادف منحنی فرمان برای هدف کنترل سیلاب)

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

- **سیاستهای بهره‌برداری** - Operation Policies (Operating 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 را که پس از تامین 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 برحسب زمان بر روی محورهای مختصات.

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

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

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

- مخزن یک منظوره - Single Purpose Reservoir

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

- مخزن چندمنظوره - Multi Purpose Reservoir

مخزنی که برای تأمین چندمنظور ساخته می‌شود؛ مانند: مخازنی که بطور 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 غیرقابل 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 به‌کار 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 - Reservoir Capacity Or Total Storage Capacity

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

- ذخیره دیواره‌ای یا ذخیره جانبی (زیرزمینی) - Bank Storage

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

- ذخیره سالانه - Annual Storage

تفاوت بین حداکثر و حداقل حجم ذخیره شده در مخزن را در طول یک سال بهره‌برداری از مخزن، ذخیره سالانه می‌نامند.

- ذخیره بین سالی - Carry - Over Storage

ذخیره جمع‌آوری شده در سالهای پرآبی به‌منظور تأمین کمبودها در سالهای خشک را ذخیره بین سالی می‌نامند.

- ضریب ذخیره - Coefficient of Storage

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

- تراز عادی آب - Normal Water Level

تراز عادی آب در مورد مخازن دارای سرریز آزاد عبارت است از پایین‌ترین تراز آستانه سرریز. در مورد مخازنی که بده خروجی آن به‌طور 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).

- تراز حداکثر آب - Maximum Water Level

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

- تراز حداقل آب، تراز حداقل بهره‌برداری - Minimum Operating Level Or - Minimum Drawdown Level

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

- ارتفاع آزاد Freeboard

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

۷- منابع و مآخذ

1- Chaturvedi, M.C.(1987), "Water Resources Planning and Management", Tata McGraw Hill, New Delhi.

2- Goodman, A.S.(1984), "Principles of Water Resources Planning", Published by Prentice - Hall, lnc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

3- Hydrologic Engineering Methods for Water Resources Development, (1977), "Reservoir System Analysis for Conservation" Vol. 9., The Hydrologic Engineering Center, Corps of Engineers, U.S.Army, Davis, California, June 1977.

4- Hydrologic Engineering Methods for Water Resources Development, (1977), "Reservoir Yield", Vol.8. The Hydrologic Engineering Center, Corps of Engineers, U.S.Army, Davis, California, 95616.

5- Indian Standard, (1969) "Methods for Fixing The Capacities of Reservoirs Part III "Live Storage", Indian Standard Institution New Delhi 110002.

6- Indian Standard, (1969), "Methods for Fixing The Capacities of Reservoirs, Part II "Dead Storage", Indian Standard Institution, New Delhi 110002.

7- Indian Standard, (1971), "Methods for Fixing The Capacities of Reservoirs Part IV "Flood Storage", Indian Standard Institution. New Delhi 110002.

8- Loucks. D.P.et al. (1992), "Water Resources Systems Methods", Their Role in Planning, I. Water Resources Planning and Management. 118(3), 214223.

9- Robert. I. Strand and Ernest L. Pemberton, (1982) "Reservoir Sedimentation" Technical Guideline for Bureau of Reclamation, Sedimentation and River Hydraulics Section Hydrology Branch. Division of Planning Technical Services Engineering and Research Center, Denver, Colorado, October 1982.

10- U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, (1986) "Guide For Preparation of Standing Operating Procedures for Dam and Reservoir", A Water Resources Technical Publication, Denver, Colorado January 1986.

11- American Society of Civil Engineers, (ASCE), Reservoir Systems Operations, 1981.

12- Mays, L,W, et al. Hydrosystems Engineering And Management 1992.

۱۳- طرح پایداری سدهای کشور - سد بتنی قوسی کرج - مطالعات برنامه‌ریزی منابع آب - مهندسین مشاور مهاب قدس - آذر ماه ۱۳۷۲

۱۴- مطالعات پایداری سدهای کشور - سد سنگریزه‌ای درودزن - گزارش برنامه‌ریزی منابع آب پیوست شماره ۱۰-۴ گزارش ارزیابی تفصیلی (نهایی پایداری سد) سال ۱۳۷۰ - مهندسین مشاور مهاب قدس شهریور ماه ۱۳۷۳

۱۵- فهرست خدمات مطالعات مرحله طراحی تفصیلی سدسازی - سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو دفتر فنی - ۱۳۷۵

۱۶- فرهنگ فنی سدها، نشریه شماره ۱۵- طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور - وزارت نیرو معاونت امور آب بهمن ماه ۱۳۷۴

۱۷- سازمان آب و برق خوزستان (شرکت سهامی) - واحد آب - امور بررسی منابع آب - اداره برنامه‌ریزی و کنترل سدها - نمودار عملیات کنترل مخزن سد شهید عباسپور - تیرماه ۱۳۷۱

۱۸- سازمان آب و برق خوزستان (شرکت سهامی) - واحد آب - امور بررسی منابع آب - اداره برنامه‌ریزی و کنترل سدها - نمودار عملیات کنترل مخزن سد دز - تیرماه ۱۳۷۱

خواننده گرامی

دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب **آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله**، بصورت تألیف و ترجمه تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی بکار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی دو سال اخیر به چاپ رسیده است باطلاع استفاده کنندگان و دانش‌پژوهان محترم رسانده می‌شود.

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی www.mporg.ir/fanni/s.htm مراجعه نمائید.

دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی

In the Name of God
Islamic Republic of Iran
Ministry of Energy
Iran Water Resources Management CO.
Deputy of Research
Office of Standard and Technical Criteria

Guidelines for Reservoir Operation of Large Dams

Publication No.272

این نشریه
با عنوان راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها می‌باشد. در این راهنما، با توجه به اطلاعات قابل دسترس در مرحله شناسایی ، خلاصه‌ای از مجموعه روشهای فنی برای تعیین مقدماتی ارتفاع سد، حجم مخزن و سایر پارامترهای طراحی برای این مرحله ، خلاصه ای از مجموعه روشهای فنی برای تدقیق ارتفاع سد، حجم مخزن و سایر پارامترهای طراحی برای مرحله توجیهی، با توجه به نتایج حاصل از مطالعات مرحله شناسایی و با بهره گیری از تکنیکهای بهینه سازی و شبیه سازی و در نظر گرفتن پارامترهای اقتصادی ، اجتماعی و زیست محیطی ارائه گردیده است. در این مجموعه خلاصه ای از روشهای فنی برای تدوین سیاستهای بهینه بهره‌برداری با استفاده از منحنیهای فرمان و با توجه به نتایج حاصله از مطالعات مرحله توجیهی برای مرحله طراحی تفصیلی نیز ارائه شده است.

معاونت امور پشتیبانی

مرکز مدارک علمی و انتشارات

ISBN 964-425-527-5

9789644255274