بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی

ارائه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای طراحی شبکه زنجیره تأمین پیوسته حلقه بسته تحت شرایط عدم قطعیت

(مطالعه موردی: مزرعه کشاورزی)

نگارنده: رامین الهی

استاد راهنما

دکتر علی اکبر حسنی

استاد مشاور

دکتر محمد فتاحی حسن آباد

تیر ۱۳۹۷

شماره: ۵۷۷۰
تاریخ: ۹۷/۴/۲۶

باسمه‌تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای رامین الهی با شماره دانشجویی ۹۴۰۲۶۸۴ رشته: مدیریت صنعتی گرایش تولید تحت عنوان "ارائه یک مدل برنامه ریزی ریاضی برای طراحی شبکه زنجیره تامین پیوسته حلقه بسته تحت شرایط عدم قطعیت (مطالعه موردی: مزرعه کشاورزی)" که در تاریخ ۱۳۹۷/۰۴/۲۵ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: عالی) ☐ مردود ☐

نوع تحقیق: نظری ☐ عملی ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	دکتر علی اکبر حسنی	استادیار	
۲- استادراهنمای دوم	-	-	
۳- استاد مشاور	دکتر محمد فتاحی حسن آباد	استادیار	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	آقای مجید عامری	مربی	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر رضا شیخ	دانشیار	
۶ـ استاد ممتحن دوم	دکتر مجتبی میرلوحی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به یگانه یاوران زندگیم

مادر مهربانم

پدر بزرگوارم

تشکـــر و قدردانی

سپاس بیکران خداوند متعال را که به من فرصت اندیشیدن داد.

بر خود لازم می‌دانم از استاد گرانقدرم ، جناب آقای دکتر علی اکبر حسنی

که با راهنمایی‌های خود انجام پروژه را امکان‌پذیر ساختند نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم.

تعهد نامه

اینجانب **رامین الهی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مدیریت صنعتی** دانشکده **مهندسی صنایع و مدیریت** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **ارائه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای طراحی شبکه زنجیره تأمین پیوسته حلقه بسته تحت شرایط عدم قطعیت (مطالعه موردی: شبکه آبرسانی در مزرعه کشاورزی)** تحت راهنمائی **دکتر علی اکبر حسنی** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University of Technology**» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۱۳۹۷/۰۶/۰۱

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد

چکیده:

این مقاله یک مدل برنامه ریزی محاسباتی برای طراحی مطلوب شبکه های آب در کشاورزی است. مدل پیشنهادی بر اساس یک ساختار جدیدی است که شامل تمام تنظیمات در استفاده، استفاده مجدد و احیای آب در زمینه ای است که توسط تعدادی از مناطق کشاورزی تشکیل شده است. این مدل همچنین شامل تخصیص خطوط لوله، پمپ ها و مخازن ذخیره سازی در دوره های مختلف آبیاری می باشد. عملکرد هدفمند شامل افزایش سود سالیانه می شود که از طریق درآمد اقتصادی حاصل از فروش کالا منهای هزینه های آب شیرین، کود، مخازن ذخیره، واحدهای بررسی، لوله کشی و پمپاژ تشکیل شده است .مساله بهینه سازی چند مرحله ای پیشنهاد شده به عنوان یک برنامه ریزی غیر خطی کامل ترکیبی طراحی شده است که برای مطالعه موردی برای نشان دادن مزایای اقتصادی، محیطی و اجتماعی که می توان به دست آورد، به کار گرفته شد.

کلمات کلیدی: طراحی شبکه آبرسانی، استفاده مجدد از آب، مدلسازی ریاضی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات تحقیق ۱

۱-۱- بیان مساله : ۲

۱-۲- سوالات تحقیق: ۳

۱-۳- ضرورت انجام تحقیق ۴

۱-۴-سابقه موضوع ۴

۱-۵- جمع‌بندی ۷

فصل دوم: ادبیات نظری و پیشینه تحقیق ۹

۲-۱- مقدمه : ۱۰

۲-۲- مفاهیم و تعاریف ۱۰

۲-۲-۱- زنجیره ی تامین ۱۰

۲-۲-۲-مدیریت زنجیره ی تامین ۱۱

۲-۲-۳- طراحی شبکه ی زنجیره ی تامین ۱۲

۲-۲-۴- طراحی شبکه توزیع اب ۱۴

۲-۲-۵- شبکه آبرساني ۱۵

۲-۲-۶- تلفات آب : ۱۶

۲-۲-۷- عدم قطعیت ۱۶

۲-۳- پیشینه تحقیق ۱۸

۲-۳-۱- مطالعات خارجی ۱۸

۲-۳-۲- مطالعات داخلی ۲۰

۲-۴- جمع بندی ۲۵
فصل سوم: روش تحقیق ۲۹
۳-۱- مقدمه ۳۰
۳-۲- روش تحقیق ۳۰
۳-۳- مراحل اجرای پژوهش ۳۴
۳-۴-روش های گرد آوری اطلاعات ۳۵
۳-۵-روش های تجزیه و تحلیل ۳۶
۳-۶- فرمول بندی مدل : ۳۶
۳-۷- متغییرها ۳۹
۳-۸-زیرنویس ۴۳
۳-۹- توازن توده ای برای آب مورد نیاز در محصولات کشاورزی ۴۶
۳-۱۰- دوره زمان آبیاري ۴۶
۳-۱۱- تعادل حجمی برای آب شیرین ۴۸
۳-۱۲- عملکرد محصول ۴۸
۳-۱۳- تعادل حجمی در ورودی هر محصول ۴۸
۳-۱۴- تعادل حجمی در خروجی هر محصول ۵۰
۳-۱۵- تعادل حجمی در مخازن ذخیره ۵۲
۳-۱۶- تعادل حجمی در واحدهای تصفیه ۵۴
۳-۱۷- تعادل حجمی در تخلیه محیط زیست ۵۵
۳-۱۸- تابع هدف ۵۶
۳-۱۹- اظهارات ۶۲

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل یافته های تحقیق ۶۵
۴-۱- تجزیه و تحلیل مورد الف برای مثال ۷۰
فصل پنجم: بحث ونتیجه گیری ۸۹
۵-۱- جمع بندی ۹۰
۵-۲-پیشنهادات آتی : ۹۰
منابع ۹۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- ساختار پیشنهادی ٤
شکل ۳-۱- مراحل اجرای تحقیق ۳٥
شکل۳-۲- عملکرد محصولات بعنوان عملکرد میزان رطوبت ٤٥
شکل۴-۱- توزیع محصول الف و سناریوها (ب،ج،د) برای مثال ٦۷
شکل ۴-۲- سناریوها برای حل مثال ۱ ..... ۷۰
شکل ۴-۳- : پیکربندی بهینه برای سناریو ۱ مورد الف برای مثال (دوره های ۵-۱)..... ۷٤
شکل ۴-۴- : پیکربندی بهینه برای سناریو ۲ مورد الف برای مثال (دوره های ۵-۱)..... ۷٥
شکل ۴-۵- پیکربندی بهینه برای سناریو ۳ و ۴ مورد الف برای مثال (دوره های ۵-۱) ۷۹
شکل ۴-۷- پیکربندی بهینه برای سناریو ۲ مورد ب برای مثال (دوره های ۵-۱) ۸۳
شکل ۴-۸- پیکربندی بهینه برای سناریو ۳ مورد ب برای مثال (دوره های ۵-۱) ۸٤
شکل ۴-۹- پیکربندی بهینه برای سناریو ۴ مورد ب برای مثال (دوره های ۵-۱) ۸٦

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۲-مطالعات انجام شده..... ۲۷

جدول ۳-۱-ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائمی برای انواع مختلف خاک..... ۴۵

جدول ۳-۲-همبستگی ها برای محاسبه بازده محصول..... ۴۷

جدول ۴-۱- : پارامترهای اقتصادی و عملیاتی مثال..... ۶۸

جدول ۴-۲-: قابلیت دسترسی به آب برای موارد الف و ب..... ۶۹

جدول ۴-۳- توصیف هزینه کلی سالانه مورد الف..... ۷۰

جدول ۴-۴- توصیف هزینه سالانه نهایی مورد الف..... ۷۷

جدول ۴-۵- توصیف هزینه کلی سالانه مورد ب..... ۸۰

فصل اول:

کلیات تحقیق

۱-۱- بیان مساله :

کشاورزی فعالیتی با بالاترین تقاضای آب در جهان است. هرچند فقط ۱۵ درصد از زمین‌های کشاورزی دنیا تحت آبیاری مستقیم قرار دارند و ۸۵ درصد بقیه به‌صورت دیم (بدون آبیاری مستقیم) مورداستفاده قرار می‌گیرند، اما نیمی از تولیدات کشاورزی و غذای مردم جهان از همین زمین های تحت آبیاری مستقیم برداشت می‌شود. این مسئله خود نشان‌دهنده اهمیت و نقش مدیریت آبیاری در بخش کشاورزی است. ازاین‌رو، مدیریت منابع آبی در کشاورزی با توجه به شرایط بحران آبی در کشور حیاتی است.

با توجه به اهمیت مقوله مدیریت آبیاری، سیستم‌های مدیریت آبیاری متنوعی توسط محققان در ادبیات موضوع توسعه یافته‌اند و فناوری‌های آبیاری بر کاهش مصرف آب شیرین و افزایش عملکرد محصولات زراعی متمرکزشده‌اند. این جهت‌گیری نشان‌دهنده نیاز به توسعه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای مدیریت آبیاری در بخش کشاورزی با توجه به نیازمندی‌ها و الزامات روز افزای تصمیم‌گیری است. ازجمله عوامل تأثیرگذار بر مدیریت مؤثر آبیاری، طراحی کارای یک شبکه آبیاری است که می‌تواند تأثیر بسزایی بر عملکرد سیستم آبیاری داشته باشد. سیستم های آبیاری, به کاهش آب شیرین و استفاده از این منابع برای افزایش عملکرد محصولات کشاورزی اختصاص یافته است .در اینجا، کاهش آب می تواند از دو دیدگاه مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. (الف) در داخل فرایند: این شامل یافتن بهترین روش آبیاری و همچنین استفاده مجدد از فاضلاب است؛ (ب) خارج از فرایند: این مربوط به استفاده مجدد از فاضلاب ناشی از فعالیت های صنعتی می شود. در حالی که ترکیبی از موارد بالا، یک طرح همزمان برای در نظر گرفتن استفاده مجدد از آب تصفیه شده، روش آبیاری و همچنین استفاده مجدد آب را تولید می کند. با این حال، طرح همزمان می تواند یک استراتژی خوب برای بهینه سازی استفاده از آب در کشاورزی باشد.ازاین‌رو، هدف این پژوهش ارائه یک پیکربندی برای شبکه توزیع آب (آبیاری) است. هدف شبکه، حداکثر نمودن سود حاصل از مدیریت منابع آبی

در مزرعه کشاورزی با توجه به پاسخگویی مناسب به تقاضای هر یک از نقاط تقاضا در سطح مزرعه است. هزینه‌های ذخیره‌سازی آب ، تصفیه آب ، جمع‌آوری آب و موارد مشابه دیگر در طراحی شبکه در نظر گرفته شده است. در این مدل، با توجه به ماهیت استراتژیک طراحی شبکه، برنامه‌ریزی برای چند دوره زمانی انجام خواهد شد. پارامترهای میزان آب جمع‌آوری‌شده از بارندگی و تقاضا تحت تأثیر دوره زمانی است.

علاوه بر جریان مستقیم آب‌رسانی در شبکه، امکان مدیریت جریان برگشتی با در نظر گرفتن مجموعه فعالیت‌های استفاده مجدد از آب ، تصفیه و ذخیره‌سازی آب نیز در نظر گرفته شده است. این امکان، در جهت مدیریت پایدار شبکه آب‌رسانی است.

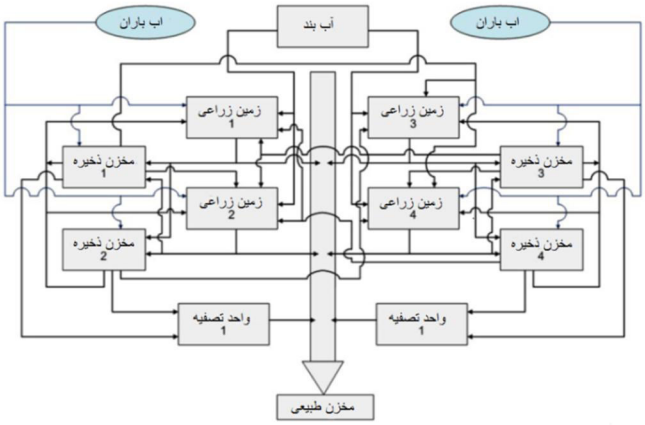
با توجه به ماهیت غیرقطعی شرایط جوی از نظر میزان بارندگی سالانه، عدم قطعیت پارامتر میزان آب جمع‌آوری‌شده حاصل از بارندگی در نظر گرفته شده است. برای این منظور از رویکرد بهینه‌سازی استوار استفاده خواهد شد.

مدل پیشنهادی در شکل ۱ نشان داده شده است.این طرح شامل چهار محصول، چهار مخزن ذخیره‌سازی و یک سد است. در این شکل تبادل آب بین محصولات زراعی، از محصولات زراعی به مخازن ذخیره‌سازی، از مخازن ذخیره‌سازی به محصولات کشاورزی، از محصولات زراعی به تخلیه محیط‌زیست، از محصولات زراعی به واحد تصفیه، از واحدهای تصفیه به تخلیه به محیط‌زیست و برداشت آب باران در مخازن ذخیره‌سازی و همچنین آبیاری محصولات توسط آب باران در نظر گرفته شد.

۱-۲- سوالات تحقیق:

- طراحی شبکه آبرسانی (زنجیره تامین پیوسته) با در نظر گرفتن شناسایی توزیع آب بهینه (استفاده، استفاده مجدد، بازیافت و نگهداری) با حداقل هزینه تولید چگونه است؟

- طراحی شبکه آبرسانی (زنجیره تامین پیوسته) حلقه بسته با در نظر گرفتن عدم قطعیت برخی از منابع تامین، چگونه خواهد بود؟



شکل ۱-۱- ساختار پیشنهادی

۱-۳- ضرورت انجام تحقیق

با توجه به خشکسالی و کم آبی کشور در چند دهه‌ی پیش‌رو، یکی از حیاتی ترین مسائل بحران آب است و ما نیازمند پژوهش‌هایی برای اصلاح الگو مصرف آب هستیم. استفاده بهینه از روش‌های به کار گیری از آب حائز اهمیت است. لذا ضرورت اهمیت توجه به مصرف آب است که بر آن شدیم که به دنبال ارائه یک مدل برنامه‌ریزی جامع برای طراحی شبکه آب‌رسانی مزارع کشاورزی باشیم.

۱-۴-سابقه موضوع

در این قسمت می‌خواهیم مطالعاتی را که در زمینه‌ی آبیاری انجام شده است را بررسی کنیم. ابتدا به تحقیقاتی در مورداستفاده مجدد از آب می‌پردازیم. اندرسون (۲۰۰۳)، مزایا و معایب برای استفاده مجدد از فاضلاب در گلخانه را موردمطالعه قرار داده است. همچنین لازاروا و بهری (۲۰۰۴)، در مورد تجزیه‌وتحلیل سود حاصل از منافع زیست‌محیطی که مربوط به استفاده مجدد از آب است پیشنهاداتی

ارائه کرده‌اند. علاوه بر این، استفاده مجدد از آب در دیدگاه‌های مختلفی مطالعه شده است. ازجمله حذف فلزات سنگین پتروزلی(۱۹۸۹)-وو و همکاران (۱۹۹۸) , خطرات بهداشتی چانگ و همکاران (۱۹۹۶)-شووالت (۱۹۹۷) و هزینه‌های آبیاری توسط شیچ و همکارن (۱۹۹۶)- شارزند-مکانال (۱۹۹۳) انجام شده است. بعد از استفاده مجدد از آب ، حسین و همکاران (۲۰۰۲) یک بررسی در مورد ویژگی‌ها و مقررات بین‌المللی فاضلاب مورداستفاده در کشاورزی و همچنین اثرات مثبت و منفی آن را با توجه به آب تصفیه شده ارائه داده‌اند.

علاوه بر این، استفاده از آب باران استراتژی است که اکثراً برای پاسخگویی به تقاضای آب در بخش کشاورزی استفاده می‌کنند که در چندین بخش از جهان به همین صورت است.

در این رابطه، قیمیر و جانستون (۲۰۱۳) چند کار با تأثیر هیدرولوژیکی را با توجه به استفاده از آب باران خانگی و کشاورزی انجام دادند. همچنین گئل و کومار (۲۰۰۵) روش‌های تجزیه‌وتحلیل اقتصادی ساختارهای مختلف استفاده از آب باران را اجرا کرده‌اند. علاوه بر این، هاتیبو و همکاران (۲۰۰۶) جنبه‌های اقتصادی استفاده از آب باران را تعیین کرده‌اند، و بعد از آن هی و همکاران (۲۰۰۷) عواملی که بر استفاده از آب باران تأثیر داشت را تجزیه‌وتحلیل کردند و بعد از آن جیانگ و همکاران (۲۰۱۳) سود حاصل از مصرف آب شیرین و انرژی مرتبط برای استفاده آب باران را ارائه دادند. علاوه بر این ، برخی از بررسی‌ها مثل: اویس و هاچمن (۲۰۰۶)، موگس و همکاران (۲۰۱۱) بیازین و همکاران (۲۰۱۲) در مورداستفاده از آب باران انجام شده است. البته با توجه به استفاده بهینه از آب، چند روش برای بهبود فرآیند آبیاری از طریق بهینه‌سازی در برنامه‌ریزی آبیاری توسط گارگ و ددیچ (۲۰۱۴) –نادیموتو و همکاران (۱۹۹۹) –پریرا (۱۹۹۹) –راوو و همکاران (۱۹۸۸) ارائه شده است. بعد از بیان روش‌های آبیاری از طریق استفاده از آب باران به بهینه‌سازی در مصرف آب می‌پردازیم. بورک و همکاران (۱۹۹۹) در پی به حداقل رساندن آب ازدست‌رفته در طول فرایند آبیاری، برای افزایش عملکرد محصول بودند. تئوچاریس و همکاران (۲۰۰۶) طراحی مهندسی بهینه

لوله‌های آبیاری را پیشنهاد کردند. جلال مرادی و همکاران (۲۰۰۷) افزایش بهره‌وری آبیاری از طریق مخازن را ارائه نمودند. تحقیقات ذکر شده به دنبال ارزیابی عملکرد محصول از نظر بهره‌وری آب مورداستفاده بودند.

همچنین آبیاری در شرایط نامطمئن و استفاده مجدد از آب تصفیه‌شده حاصل پژوهش‌هایی است که در ادامه به آن می‌پردازیم. ژیاوو و همکاران (۲۰۰۷) آبیاری تکمیلی را به‌عنوان تابعی از کمبود آب و خاک بیان نمودند. بین و همکاران (۲۰۱۲) تخصیص بهینه برای استفاده مجدد از آب تصفیه شده را ارئه کردند. لی و گاوو (۲۰۱۴) بهینه‌سازی چند معیاره آبیاری تحت شرایط نامطمئن را پیشنهاد کردند. بلاقضیض و همکاران (۲۰۱۴) طراحی بهینه فرایند آبیاری از طریق استراتژی تکامل را بیان نمودند.

این مهم است که توجه داشته باشید که در حال حاضر یک استراتژی سیستماتیک برای تعیین سیستم بهینه ادغام آب در بخش کشاورزی وجود ندارد. که شامل بازیافت بهینه آب، استفاده مجدد و ذخیره‌سازی است (ازجمله در فرآیندهای صنعتی) مثلا، برخی از مشاغل به استفاده بهینه از آب در شهرها پرداخته اندکه حاصل پژوهش بیشنو و همکاران (۲۰۱۴)-ناپول-ریورا و همکاران (۲۰۱۳)-رجاس-تورس و همکاران (۲۰۱۴) است. در ادامه بخش تصفیه آب ، تصفیه فاضلاب های صنعتی حائز اهمیت است که موساتی و همکاران (۲۰۰۲)-وانگ و اسمیس (۱۹۹۴) پیشنهاداتی برای تصفیه فاضلاب در موارد صنعتی ارائه کردند. و طراحی بهینه شبکه های آب تک کاربره نتیجه‌ی مطالعات آلوا آرگائز و همکاران (۱۹۹۹)-کاروپیا و گروسمن (۲۰۰۸)- پونس-ارتگا و همکاران (۲۰۱۰)-کواگلیا و همکاران (۲۰۱۳)-سیویراپان و همکاران (۲۰۱۴)-تاکاما و همکاران (۱۹۸۰) است. و همچنین کاهش قابل توجه مصرف آب شیرین ، خلاصه تحقیقات باگاجویچ(۲۰۰۰) —ال هالاگی و دان (۲۰۰۳) و فو (۲۰۰۹) است. علاوه بر این، زمانی می توان مزایای اضافی را به دست آورد که ادغام آب متقابل در نظر گرفته شود که حاصل تحقیقات النوری و همکاران (۲۰۱۴)- چن و همکاران (۲۰۱۰)-

لو (۱۹۹۷)-روبو-کاسترو (۲۰۱۱)و(۲۰۱۲) است. علاوه بر این، به تازگی توسط لوپز و همکاران (۲۰۱۴) طراحی تاسیسات آلودگی در شبکه های فاضلاب گنجانیده شده‌اند.

۱-۵- جمع‌بندی

با توجه به اهمیت موضوع مطالعات متعددی در ادبیات موضوع از جنبه‌های مختلف مسئله و توسعه مدل‌های طراحی شبکه آب در مزارع کشاورزی انجام شده است. اما با این وجود با توجه به چالش‌ها ،محدودیت‌های این مسئله و الزامات متعدد فضای تصمیم‌گیری همچنان نیاز به توسعه‌ی مدل‌ها احساس می شود. ازاین‌رو نیاز است با در نظر گرفتن محدودیت‌های جامع، با هدف نزدیکتر کردن مدل توسعه یافته با الزامات تصمیم گیری در دنیای واقعی این مدل ها توسعه پیدا کنند. با توجه به نقاط ضعف و قوت مطالعات انجام شده در این مقاله شناسایی توزیع آب بهینه (استفاده، استفاده مجدد، بازیافت و نگهداری) و عدم قطعیت را به عنوان نوآوری می توان در نظر گرفت.

فصل دوم:

ادبیات نظری و پیشینه تحقیق

۲-۱- مقدمه :

امروزه برنامه‌ریزی ریاضی یکی از توسعه یافته‌ترین ابزارهای علم مدیریت زنجیره تامین است که به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حقیقت علم مدیریت با استفاده از مدل‌های ریاضی، مدیران را برای تصمیم‌گیری کارآمدتر، در زمینه تخصیص منابع محدود بین فعالیت‌های رقیب یاری می‌کند. مدل‌هایی که در واقع نمایش ساده جهان واقعی هستند و تلاش می‌کنند تا عمده‌ترین ویژگی‌های تصمیم یا مسئله مورد نظر را از طریق تجرد[1] ریاضی ارائه نماید. بنابراین مدل‌های ریاضی، با منظور نمودن امکانات و محدودیت‌های مختلف، همچنین روابط متقابل بین فعالیت‌ها، قادرند که نتایج اقتصادی تصمیمات ممکن را برای مدیران ارزیابی نماید (سلطانی و همکاران، ۱۳۷۸).

برنامه‌ریزی ریاضی ابزاری سودمند برای مطالعه و تحلیل نظام‌های کشاورزی است. از زمان شروع استفاده از الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی تاکنون، تحقیقات اجرایی با بهره‌گیری از الگوهای مختلف نظری صورت گرفته است (کهنسال و فیروز زارع؛ ۱۳۸۷). انگیزه اصلی برای استفاده از الگوهای برنامه-ریزی ریاضی در تحلیل مدیریت منابع آب واضح است. از این رو استفاده از الگوهای بهینه سازی دارای پیوستگی کامل با تئوری اقتصاد نئوکلاسیک می‌باشد که کارگزاران اقتصادی را به عنوان بهینه ساز معرفی می‌کند (باس و همکاران ، ۲۰۰۷ ، آرفینی و همکاران ،2003).

۲-۲- مفاهیم و تعاریف

در این قسمت، به مفاهیم و تعریفات اساسیِ مورد نیاز در این مطالعه می پردازیم:

۲-۲-۱- زنجیره ی تامین

زنجیره ی تامین شامل تمام فعالیت ها، از دریافت مواد اولیه، تبدیل نمودن آنها به کالاهای نهایی و عرضه ی آنها به مصرف کنندگان است. این فعالیت ها لزوما فعالیت های فیزیکی نمی باشند و می

[1] - Abstraction

توانند مواردی از جمله جریاناتی از نوعِ اطلاعات، مالی و دانش نیز باشند. در شبکه ی زنجیره ی تامین، مواد اولیه از تامین کنندگان به مونتاژکنندگان (و یا کارخانه ها) فرستاده می شوند و سپس محصولات تولید شده به انبارهای واسطه و یا مراکز توزیع فرستاده می شوند و از آنجا به خرده فروشان و درنهایت، به مصرف کنندگان نهایی ارسال می شوند. به طور کلی، بخش های یک شبکه ی زنجیره ی تامین شامل مواردی نظیر تامین کنندگان، انبارهای مواد اولیه، انبارهای میانی یا واسطه، مراکز توزیع، خرده فروش ها و مصرف کنندگان نهایی می شود. زنجیره تأمین از جمله مباحثی است که مورد توجه زیادی قرار گرفته اســـت. امروزه زنجیره ها با یکدیگر رقابت می کنند، در نتیجه توجه به بحث زنجیره تأمین حیاتی و ضروری است.

۲-۲-۲-مدیریت زنجیره ی تامین

در دنیای کنونی که در آن زندگی می کنیم، بحث زنجیره ی تامین به اصل حائزِ اهمیتی در عرصه ی بازارهای جهانی تبدیل شده است، به طوری که در این عرصه، رقابت اصلی در میان زنجیره های تامین صورت می گیرد. اخیرا این مبحث مورد توجه محققان قرار گرفته است، زیرا مدیریت یکپارچه یک شبکه ی زنجیره ی تامینِ اثربخش، باعث کاهش رخدادهای منفی و غیرمنتظره، و افزایش سودآوری شرکت ها می باشد. همچنین به سیستمی منسجم و یکپارچه نیاز است تا بتوان جریانات فیزیکی، اطلاعاتی، دانش و مالی را مدیریت و کنترل نمود و حفظ و بقای زنجیره ی تامین به شدت به این اصل و نحوه ی مدیریت آن بستگی دارد. یکی از فعالیت های بسیار اساسی در بحث مدیریت زنجیره ی تامین، طراحی شبکه ی زنجیره ی تامین می باشد، به همین دلیل هم طراحیِ دقیق و مناسبی برای شبکه ی زنجیره ی تامین، یک مزیت رقابتی محسوب می گردد. طراحی شبکه ی زنجیره ی تامین، یکی از تصمیمات اساسی زنجیره ی تامین به حساب می آید. در مدیریت زنجیره ی تامین، اهداف به صورت ویژه دنبال می شود. بهبود خدمات و رضایت مشتریان، کاهش هزینه ها و منابع درگیر در شبکه، بهبود بهره وری و اثربخشی شبکه و افزایش رقابت نمونه ای از این اهداف می

باشد. مساله ی ترتیب و ترکیب قرارگیریِ اجزاء زنجیره ی تامین، واحدهایی که قرار است در شبکه ی زنجیره ی تامین حضور یافته و نقش ایفا کنند را تعیین می کند؛ لازم به ذکر است که این تصمیماتی که به عنوان تصمیمات استراتژیک و یا تصمیمات بلندمدت اتخاذ می گردند، تصمیمات و برنامه ریزی عملیاتی را نیز تحت الشعاع قرار می دهد. بنابراین، مساله ی طراحی زنجیره ی تامین، یک مساله ی بسیار مهم برای کاهش هزینه ها می باشد.یکی از مهمترین بخش های زنجیره تامین ، طراحی شبکه می باشد.

۲-۲-۳- طراحی شبکه ی زنجیره ی تامین

طراحی شبکه زنجیره تامین یکی از مسائل کلیدی در برنامه‌ریزی استراتژیک زنجیره تامین می‌باشد. یک طراحی مناسب شبکه زنجیره تامین منجر به دستیابی به یک ساختار بهینه می‌شود که این امر مدیریت موثر و رقابتی زنجیره تامین را امکان‌پذیر می‌نماید .(فیاض‌بخش, سیدکاوه و محمدرضا رزازی، ۱۳۸۶)

طراحی شبکه زنجیره تامین، عبارت است از مکان یابی گویا تسهیلات در زنجیره تامین، تعیین ظرفیت ها و نحوه انتخاب منبع برای تقاضای موجود در شبکه و انتخاب شیوه حمل و نقل به طوری که سطح مورد نیازی از خدمت رسانی به مشتری را در پایین ترین هزینه فراهم کند. طراحی شبکه زنجیره تامین شامل چندین تصمیم گیری در سطوح مختلف است. این روزها با افزایش دوره ها (پریودها) در زنجیره تامین و ظهور شبکه های توزیع جهانی به همراه افزایش رقابت در محیط تولید روبرو هستیم و این موجب می شود به اهمیت بهینه سازی این شبکه ها به منظور بهبود عملکرد آنها پی ببریم و نرخ پاسخ دهی مناسب و به هنگام آنها را نسبت به تقاضای تغییرکننده ی مصرف کنندگان (مشتریان) بالا ببریم. یک راه برای بهبود عملکرد زنجیره تامین، یکپارچه سازی تصمیمات عملیاتی و استراتژیک در یک مدل کلی است. می توان تلاش کرد تا با در نظر گرفتن همزمان چندین

تصمیم در مدل، به یک مدل جامع رسید. در طراحی شبکه زنجیره تامین، موارد ذیل در نظر گرفته می شوند:

- مکان تسهیلات
- ترکیب و وضعیت طراحی شبکه (فاصله میان تسهیلات، تقاضای کنونی و آینده، پیشنیازهای خدمت رسانی، شیوه حمل و نقل و اندازه کالای ارسالی)
- برطرف کردن تقاضای مشتریان در حالیکه هزینه های کل از جمله هزینه حمل و نقل، هزینه های ثابت افتتاح تسهیلات و کارخانه و هزینه های خرید کاهش بیابند.

شبکه های توزیع بخشی از زنجیره تامین هستند که وظیفه توزیع کالا و خدمات را، از تامین کننده به مصرف کننده دارند. شبکه ها در اندازه، محدوده پوشش دهی، حمل و نقل، پویایی جریان شبکه، کمانها و جهت آنها و ... متفاوتند. در واقع اجزای شبکه شامل مشتریان، تامین کنندگان، مراکز توزیع و کمانها هستند که باید مشخص گردند. شرایط جدید بازار و تغییر در تکنولوژی باعث شده است که شرکتهای تولیدی به سمت ایجاد شبکه ای از ارتباطات تنگاتنگ و سازماندهی شده با یکدیگر، که به زنجیره ی تأمین شهرت یافته است حرکت نمایند؛ تا فرایند عرضه ی محصول به مشتری تسهیل شود. یکی از حلقه های مهم زنجیره ی تأمین، شبکه ی توزیع میباشد. طراحی و تحلیل شبکه ی توزیع یکی از مهمترین مسائل پیش روی شرکت های توزیع کننده است. اهمیت این مسأله از آنجا ناشی میشود که هزینه های لجستیک در ردیف عمده ترین اقلام هزینه ای شرکتهای توزیع و فروش قرار می گیرد. در حالت متعارف، شبکه متشکل از تعدادی گره می باشد و قرار است تعدادی کالا از مراکزی (گرههای مبدأ) به مراکزی دیگر (گرههای مقصد) تحت پاره ای از محدودیتهای واقعی، انتقال یابند. از جمله معروفترین مسائل طراحی شبکه(NDP) می توان به مسأله فروشنده دوره گرد اشاره نمود. مشاهده می شود که تفاوت فاحشی بین مسائل طراحی شبکه و مسأله مکان یابی تسهیلات-طراحی شبکه وجود دارد. در مسائل طراحی شبکه، هدف تنها بررسی مسیرهای موجود و

تعیین مسیر بهینه میباشد که در مراحل پیشرفته تر انتخاب و ساخت مسیر نیز مد نظر قرار میگیرد. اما در مسائل مکان یابی تسهیلات-طراحی شبکه، هم مکان یابی تسهیلات و هم طراحی شبکه حمل و نقل هر دو و به صورت همزمان مدنظر قرار گرفته و بهینه سازی هر دو موضوع به صورت توامان بررسی میشود .

۲-۲-۴- طراحی شبکه توزیع اب

تاریخچه طراحی شبکه های توزیع آب با استفاده از روشهای نوین بهینه سازی دارای قدمتی ۳۰ ساله است.(۱)پیش از آن، غالبا طراحی ها بر اساس قضاوت مهندسی و یا با استفاده از روشهای مبتنی بر سعی و خطا صورت می‌گرفت. در این صورت طبیعی است که به دلیل پیچیدگی و گستردگی فضای تصمیم مسائل مربوط به شبکه های توزیع آب، عدم بهینگی این طراحی ها کاملا قابل انتظار بود. از این رو بهبود روشهای طراحی و به کارگیری روشهای بهینه سازی اجتناب ناپذیر بود.

تاریخ آبرسانی از زمانی آغاز شد که بشر، زندگی در شهرها را انتخاب نمود. چینی ها، هندیان، بابلی ها و مصریان، نخستین ملت هایی بودند که در زمینه آبرسا نی آثاری از خود به جای گذاشتند . در ایران نیز آبرسانی شهرها نخستین بار در سال۱۳۰۱ مورد بررسی قرار گرفته و قسمتی از شهرهای آبادان، مشهد و بیرجند نیزلوله‌کشی شد. با گذشت زمان، به دلایل مختلفی همچون رشد شهرنشینی، افزایش هزینه‌های تأمین آب و افزایش بیش از حد از جمعیت و از طرفی، محدودیت منابع آب، استفاده بهینه از منابع موجود مورد توجه قرار گرفت .نشت، یکی از عوامل اصلی هدر رفت آب در شبکه های توزیع آب است . به طور کلی عامل اصلی انتقال آب در شبکه ها، اختلاف هد فشاری بین دو نقطه است .اما فشار بیشتر از حد استاندارد در نقاط مختلف شبکه باعث نشت آب می شود .بسیاری از شبکه های توزیع آب در معرض کمبود بحران منابع

آبی، محدودیت هـای اقتصـادی جهـت بهره‌برداری بهینه و کهنگی و فرسودگی اجزای خود قرار داشـته و فرسودگی آنها باعث ایجاد شکسـت مکـانیکی و هیـدرولیکی در اجزای شبکه و در نتیجه افزایش نشـت مـی شـود .لـذا، مـدیریت مصرف در شبکه توزیع های آب شهری، از مهم‌ترین راهکارهـای مبارزه با تلفات آب و کاهش هدر رفت ایـن سـرمایه ملـی اسـت. انتخـاب صـحیح محـل احـداث مخـازن ذخیـره، اجـرای طـرح ناحیه بندی فشار، کنترل پمپاژ، کنترل سطح آب در مخازن ذخیـره، احداث حوضچه‌های تعدیل فشـار و اسـتفاده از شـیرهای کنتـرل جریان و فشار، از جمله ابزارهای مناسب جهت مدیریت فشـار در شبکه های توزیع آب است .(۳۰)

۲-۲-۵- شبکه آبرسانی

اجزای اصلی تشکیل دهنده شبکه آبرسانی شامل مخازن ، لوله ها ، شیرها و پمپ ها می باشد و مجموعه ای وسیع از یک سری لوله است که به وسیله اتصالاتی نظیر سه راهی،زانویی،تبدیل و... به هم متصل می شوند،به طوری که با ورود آب از یک نقطه،به نقاط دیگر ، آب قابل برداشت باشد.

در طراحی شبکه های آبرسانی که سهم عمده ای از سامانه های آبی را به خود اختصاص داده ، باید کلیه ضوابط و معیارهای فنی به صورت صحیح و بادقت بسیار مورد استفاده قرار گیرند .چرا که هرگونه اشتباهی در طراحی اولیه منجر به صرف هزینه های هنگفت پس از اجرا خواهد بود.

طراحی یک شبکه آبرسانی مستلزم انتخاب قطر مناسب جهت هر یک از لوله های شبکه است.این انتخاب باید به گونه ای باشد که کلیه پارامتر های مهم شبکه از قبیل فشار،سرعت و ...در محدوده مشخص برآورده گردند.

سامانه ها وتاسیسات اصلی آبرسانی به شرح ذیل می باشد.

۱. آبگیرها چاه ، چشمه ها ، سدها ،رودخانه ها یا دریاچه ها و تاسیسات مربوط به برداشت آب از آن ها.
۲. تصفیه خانه ها تاسیسات تصفیه آب شامل استخرهای ته نشینی ، صافی ها ، دستگاههای هوا رسانی و گند زدایی آب.
۳. مخازن ذخیره آب و ایجاد فشار در شبکه ، نظیر منبع های هم سطح زمین و منبع های بلند.
۴. خطوط انتقال و توزیع آب ، لوله های اصلی و فرعی ، شیرها ی قطع و وصل وکنترلی و قطعه های اتصالی از قبیل زانویی ها و سه راهی ها.
۵. بخش های مربوط به انشعاب های مصرف کنندگان.

۲-۲-۶- تلفات آب[۲] :

اختلاف بین میزان آب تولید شده وکلیه مصارف فوق الذکر که از طریق تلمبه خانه ها، مخازن، لوله های اصلی ، لوله های فرعی و اتصالات ، به صورت غیر قابل استفاده به خارج نشت پیدا می کند ، تلفات آب نامیده می شود .میانگین روزانه تلفات آب در طول یک سال به ازای هر نفر از جمعیت (یا منطقه ای از شهر)، متوسط تلفات سرانه آب نامیده می شود. این تلفات شامل هدر رفت آب در خطوط انتقال و تصفیه خانه ها نمی گردد.

۲-۲-۷- عدم قطعیت

در حالت کلی، رویکردهای مختلف عدم قطعیت را می توان در پنج دسته احتمالی، فازی، تحلیل حساسیت، واکنشی و استوار دسته بندی کرد. در اولین حالت بعضی از پارامترها به صورت احتمالی در نظر گرفته می شوند. اگر داده غیر قطعی از طبیعت تصادفی برخوردار بود و توانستیم توزیع احتمال

[۲] Loss of Water

مربوط به داده را کشف کنیم و حاضر به پذیرش هزینه خطای احتمالی در محدودیتها شدیم این روش کاربرد خواهد داشت. با توجه به شروط مطرح شده می توان دریافت فضای حل ما محدود میشود. در موارد دیگر زمانیکه توزیع احتمال برای داده غیر قطعی مبهم باشد رویکرد دیگری که میتوان استفاده کرد تئوری فازی میباشد. در مبحث تحلیل حساسیت، به سوالاتی از قبیل "پارامترها در چه محدودهای تغییر کنند تا جواب فعلی بهینه باقی بماند؟" پاسخ میدهد. در این روش هدف آن است که با تغییر پارامتر غیر قطعی، نتایج حاصل از مدل مشاهده گردد. اما تغییر قابل کنترل نیست و فقط مشاهده می شود. در رویکرد واکنشی، با وقوع تغییر بهینه سازی مجددا انجام می شود. لذا متحمل هزینه ها و پیامدهای تغییر خواهیم شد. معمولا مسائل دنیای واقعی با فرض غیرقابل تغییر بودن پارامترهای ورودی، مورد تحلیل قرار میگیرند. با این حال در عمل، غالبا داده های ورودی با مفروضات مدلهای ریاضی متفاوت است. لذا، این مفروضات منجر به جوابهایی میشود که از بهینگی و حتی شدنی بودن در دنیای واقعی، به دور است. تقاضا، انواع هزینه ها، ظرفیتها و ... در مسائل مکانیابی تسهیلات طراحی شبکه می توانند در حالت غیر قطعی قرار گیرند و عدم توجه به این موضوع، اغلب یکی از شکاف های تحقیقاتی موجود در این زمینه تلقی میشود؛ که سعی خواهد شد این خلاء مورد بررسی قرار گیرد. در ارتباط با موضوع این تحقیق، بهینه سازی تحت "عدم قطعیت" بیشتر در دو دیدگاه زیر بررسی میشود:

- بهینه سازی تصادفی
- بهینه سازی استوار

در نتیجه تفاوت بحث احتمالی و استوار به این صورت است که در بهینه سازی احتمالی، پارامترهای نامعین توسط تابع توزیع احتمالی تحت کنترل بوده و مدل به دنبال ارائه راه حلی است که هزینه انتظاری تابع هدف را کمینه سازد. اما، در بهینه سازی "استوار" احتمالات نامعین بوده و پارامترهای تصادفی از طریق سناریوهای گسسته یا فواصل بازهای تخمین زده میشوند. در حالت گسسته، برای

هر پارامتر بر اساس تجارب گذشته و مطالعات و امکان سنجیهای صورت گرفته چندین عدد مختلف پیشنهاد می شود که به هر یک از آنها سناریو اطلاق شده و در حالت پیوسته هر پارامتر غیر قطعی با یک بازه مشخص تعیین میگردد.

۲-۳- پیشینه تحقیق

۲-۳-۱- مطالعات خارجی

هیون و همکاران (۲۰۰۲) برای مدیریت حوزه آبریز سیردریا مدلی را با هدف مدیریت پایداری ارائه کردند،به طوری که بتواند تقاضای همه مصرف کنندگان را پاسخ دهد.آن‌ها دلیل اصلی مشکلات زیست محیطی در دریای آرال را ضعف مدیریتی در منابع آب حوزه‌های آبریز آمودریا وسیردریا بیان کردند.

ناکامورا (۲۰۰۳) از مدیریت حوزه آبریز رودخانه‌ی مبتنی بر اکوسیستم،برای مدیریت حوزه آبریز رودخانه یانگ‌تسه در جهت دستیابی به اهداف مورد نظر در حوزه بیشینه سازی ارزش کل اکوسیستم استفاده کرد. ناکامورا نشان داد چگونه چنین سیستمی در چارچوب یک سیاست برای این حوزه می-تواند مورد استفاده قرار گیرد.

آزوارا و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به بررسی ارزش اقتصادی آب تحت شرایط مختلف پرداختند و نشان دادند که ارزش اقتصادی آب در سطوح مزرعه و سطوح به هم پیوسته (تجمعی) نسبتاً مشابه است اما تغییرپذیری و تاثیرات توزیع هر سناریو توسط تجمعی بودن تحت تاثیر واقع شده است.

هی وهمکاران (۲۰۰۶)، به منظور تحلیل سیاست‌های جایگزین برای بهبود کارایی تخصیص آب آبیاری در مصر و مراکش از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت بهره بردند. نتایج تحقیق نشان دادکه در هر دو کشور مالیات بر محصول می‌تواند یک سیاست جایگزین برای قیمت‌گذاری آب باشد.

هاجی بیروس و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از تصمیم گیری چند معیاره،اهداف متضادی را که در تخصیص آب سد پلاستیراس یونان وجود دارد بررسی و اثرات متقابل آن‌ها را در تعیین مقدار آب لازم برای بیشینه کردن مطلوبیت مصرف کنندگان بیا کردند. آن‌ها مقدار آبی را که برای تأمین نیاز همه بخش‌ها لازم است تا در دریاچه باقی بماند،۷۸۴ متر تعیین کردند.

چونتین (۱۹۹۹) جهت مدیریت منابع آب به خصوص در مواقع سیلابی،مدل بهینه سازی چند معیاره فازی را به کار گرفت.

نارایان ستی و همکاران (۲۰۰۶)، با استفاده از برنامه‌ریزی خطی قطعی و برنامه‌ریزی خطی تحمیلی تصادفی و بر اساس تحلیل حساسیت تحت سناریوهای مختلف به بررسی الگوی بهینه کشت و تخصیص منابع آب در حوزه آب‌های زیرزمینی ساحلی در اوریسا هندوستان پرداختند. نتایج نشان داد که کل آب‌های زیرزمینی در دسترس و آب‌های برگشتی به ترتیب در منطقه برابر $۶۶۵/۸۷\times۱۰^{۳}$ و $۲۲۵/۰۳\times۱۰^{۳}$ کیلومتر مکعب است. همچنین تحلیل حساسیت عطفی مورد استفاده برای آب‌های سطحی و زیرزمینی نشان داد که ۲۰ درصد آب‌های سطحی و ۳۰ درصد آب‌های زیرزمینی در دسترس به عنوان سطح تخصیصی آب بهینه شناخته شده است.

اونات و همکاران (۲۰۰۷)، باکاربرد روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به مقایسه اثرات مکانیزم‌های حمایتی مربوط به سیاست مشترک کشاورزی اتحادیه اروپا بر تولید مزارع نمونه در منطقه‌ای از اسپانیا پرداختند. نتایج نشان داد که در مقایسه با سیاست‌های قبلی، سود ناخالص بصورت چشمگیری کاهش می‌یابد

کورتیگنانی و سورینی (۲۰۰۹)، با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت ، اثر سیاست‌های افزایش هزینه‌های آب، کاهش مقدار آب و تغییر قیمت محصول بر پذیرش تکنیک‌های کم آبیاری را درناحیه‌ای از مدیترانه بکار بستند. نتایج نشان داد که افزایش هزینه‌های آب بر خلاف دو سیاست دیگر در این زمینه تأثیرندارد.

مدلین آزورا و همکاران (۲۰۰۹)، باکاربرد روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به ارزیابی اقتصادی آب آبیاری در سه منطقه از ایالت کالیفرنیا پرداختند. تحلیل نتایج نشان داد که ارزش اقتصادی نهایی آب حداقل ۲.۶ برابر قیمتی پرداختی توسط بهره‌برداران است.

گالیگو آیالا و گومز لیمون (۲۰۰۹) با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به بررسی و تجزیه و تحلیل ابزارهای سیاسی برای کنترل کردن آلودگی نیترات در آبیاری کشاورزی در کاستیا اسپانیا پرداختند و نشان دادند که اصلاحات اخیر در سیاست‌های معمول کشاورزی منجر به کاهش اساسی در آلودگی نیترات خواهد شد و اگر این کاهش به اندازه کافی در نظر گرفته نشود سایر ابزارهای سیاسی می‌تواند این منابع آلودگی را بیشتر کاهش دهد.

۲-۳-۲- مطالعات داخلی

صبوحی و همکاران (۱۳۸۶) راه‌کارهای مدیریت منابع آبی زیرزمینی را در دشت نریمانی استان خراسان بررسی کردند.نتایج نشان داد که راه‌کار بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و سیاست مالیاتی نسبت به گزینه‌های دیگر برای رسیدن به بهره‌برداری پایدار مناسب‌تر است.

چیذری و کرامت‌زاده (۱۳۸۴) مدیریت سد بازوان شیروان را از طریق تخصیص بهینه آب بین اراضی زیر سد بررسی کردند.نتایج این مطالعه نشان داد که بالاترین و پایین‌ترین تغییر در تخصیص فعلی آب نسبت به تخصیص بهینه به ترتیب مربوط به ماه‌های تیر و فروردین است که بایستی میزان آب تخصیصی در ماه تیر به میزان ۹۵ درصد نسبت به شرایط فعلی افزایش و در ماه فروردین حدود۶۲ درصد کاهش یابد.

آماده و صدرالاشرافی (۱۳۸۰) بهینه‌سازی بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی را مطالعه کردند.نتایج نشان داد چنانچه راندمان کاربرد آب از ۶۰ به ۷۰ درصد افزایش یابد،با تعدیلاتی مشابه در برداشت آب و سطوح زیر کشت،امکان افزایش درآمد ناخالص تا ۱۷.۱ درصد وجود دارد.

بریم نژاد و یزدانی (۱۳۸۳) در مطالعه ای به تحلیل پایداری در مدیریت منابع آب بخش کشاورزی استان کرمان با استفاده از برنامه ریزی کسری پرداختند. این مقاله به صورت تئوری وتجربی کاربرد این روش برنامه‌ریزی را برای محاسبه‌ی پایداری منابع آب نشان می‌دهد و در پایان شاخص‌هایی برای پایداری محاسبه می‌شود.

هلیلی و همکاران(۱۳۸۸) در مطالعه‌ای به بررسی مدیریت منابع آب سطحی در سد مخزنی بوستان استان گلستان با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی پرداختند.کنترل و تنظیم سطح آب در مخزن سد،به طوری که بتوان آب کافی برای تأمین نیاز آبی به خصوص در ماه‌های کم آب ذخیره نمود و در عین حال حجم خالی لازم به منظور کنترل سیلاب‌ها را فراهم آورد و همچنین نیازهای اکولوژیکی پایین دست این منطقه را تأمین کرد،از اهداف این پژوهش بوده است.

صبوحی و مجرد (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای به بررسی کاربرد نظریه بازی‌ها در مدیریت منابع آب زیرزمینی حوزه آبریز اترک در استان خراسان پرداختند.در این مطالعه میزان بهره‌برداری بهینه از منابع آب زیرزمینی برای ۶ سناریوی مختلف برداشت آب،با استفاده از منحنی بهینه پارتو و چهار روش حل متضاد تعیین شد.نتایج این مطالعه نشان داد زمانی که به اهداف محیطی و اقتصادی وزن یکسانی داده شود، بهترین سناریوی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بین ۶۴ تا ۱۱۷ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. در نهایت تصمیم گیری بهینه در بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی وابسته به اهمیت وزن‌های دوگروه هدف می‌باشد.

یزدان پناه و همکاران(۱۳۸۶) در مطالعه‌ای به تحلیل مدیریت منابع آب حوزه آبریز منطقه ازغند با استفاده از مدلWEAP پرداختند. این مطالعه نشان داد که با تغییر الگوی کشت و یا کاهش سطح زیر کشت اراضی کشاورزی،می‌توان به شرایط تعادل آب زیرزمینی دست یافت. همچنین با سیستم-های نوین آبیاری تحت فشار در صورت کاهش سطح زیر کشت،تا حدودی می‌توان ذخیره آب زیرزمینی را افزایش داد. همچنین در این مطالعه تأثیر افزایش نرخ رشد جمعیت در سطح حوزه آبریز

بر وضعیت منبع آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت و این نتیجه به دست آمد که نرخ رشد جمعیت تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر وضعیت میزان تقاضا و تغییرات افت در سطح حوزه آبریز ندارد.

موسوی و فرقانی (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای به بررسی ارزیابی سیاست‌های آب کشاورزی از منابع آب زیرزمینی در شهرستان اقلید با مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت[۳] (PMP) پرداختند. در این مطالعه دو سناریو در رابطه با قیمت و مقدار آب مصرفی جهت مدیریت تقاضای آب کشاورزی اعمال می‌شود . نتایج نشان می‌دهد که با اتخاذ سیاست در سطح ۱۰ درصد کاهش در موجودی آب مصرفی و با دو برابر نمودن قیمت آب،الگوی کشت بهینه نسبت به حالت مبنا تغییر چندانی نمی‌کند. بنابراین با مدیریت بهینه تقاضای آب می‌توان از اتلاف و هدرروی آن جلوگیری کرد.

محسنی و زیبایی (۱۳۸۸) پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا در سطح مزارع نماینده دشت نمدان با استفاده از الگوی PMP به منظور غلبه بر خصیصه تجویزی مدل‌های بهینه سازی ارتقاء یافته مورد بررسی قرار داده‌اند. بر اساس نتایج این مطالعه پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا عبارت است ازکاهش سطح زیر کشت گندم و لوبیا و افزایش درآمد انتظاری مزارع نمونه. ولی چون همزمان واریانس سود نیز افزایش می‌یابد،اثر خالص این سیاست بر مطلوبیت مزارع نمونه به طور کامل مشخص نیست. همچنین نتایج نشان داد که با ورود کلزا به الگوی کشت،مصرف سموم شیمیایی افزایش خواهد یافت.اما اثر سیاست بر مصرف آب در مزارع نمونه متفاوت است و به سیاست جایگزینی گندم با کلزا نمی‌توان به عنوان یک سیاست مدیریت تقاضای آب نگاه کرد.

صیامی و پیکانی (۱۳۸۷)، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی چندبخشی به تعیین الگوی بهینه کشت زراعت تلفیقی متعارف و گلخانه‌ای پرداختند. نتایج نشان داد که تخصیص بهینه منابع، برای هر یک از فعالیت‌های گلخانه‌ای و زراعی در مقایسه با شرایط موجود (مدل‌های کالیبره) سودآوری را بین ۲۴ تا ۸۱ درصد افزایش می‌دهد. همچنین وقتی که فعالیت‌های گلخانه‌ای و تولید زراعی متعارف به شکل چند بخشی برای هر یک از واحدهای زراعی مورد توجه قرارگیرد، سود در مقایسه با مدل‌های

3: Positive Mathematical Programming

کالیبره ۲۳ درصد افزایش می‌یابد.

محمدیان و همکاران (۱۳۸۸)، بر اساس روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی به انتخاب الگوی کشت بالقوه محصولات زراعی در دشت تربت جام پرداختند. نتایج نشان داد که که اولویت‌های ذهنی کشاورزان به ترتیب درآمد خالص (سود)، میزان آب مصرفی، هزینه‌های تولید و اشتغال نیروی کار می‌باشد. همچنین در الگوی کشت منتخب، میزان آب مصرفی به میزان ۸/۸۴ درصدکاهش، درآمد خالص به میزان ۱/۰۶ درصد افزایش، هزینه‌های تولیدی به میزان ۱۱/۷ درصد افزایش و سطح اشتغال بدون تغییر باقی می‌ماند.

دانشور و همکاران (۲۰۰۹)، الگوی کشت بهینه با هدف کاهش مخاطرات محیطی را برای کشاورزی ایران تعیین کردند. در این مطالعه آنان از برنامه‌ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه استفاده کردند و نتیجه گرفتند نسبت خالص بازدهی درون مصرفی نهاده‌ها و نسبت مصرف نهاده‌ها در مزرعه با استفاده از الگوی خروجی برنامه‌ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه بهبود می یابد.

بخشی و همکاران (۱۳۸۹)، با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به بررسی آثار حذف یارانه‌ی کودهای شیمیایی و اعمال سیاست پرداخت مستقیم بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها در شهرستان سبزوار پرداختند. یافته‌های پژوهش نشان داد که حذف کامل یارانه‌ی کود سبب کاهش مصرف کودهای شیمیایی به میزان ۱۰۲/۸۵، ۱۱۱/۸۹ و ۱۲۵/۳۹ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در گروه‌های اول، دوم و سوم کشاورزان می‌شود و میزان کاهش سطح کل زیر کشت در گروه‌های یاد شده برابر با ۵/۸۵، ۴/۷۱ و ۶/۰۸ درصد است. همچنین ترکیب سیاست پرداخت مستقیم با سیاست حذف یارانه‌ی نهاده‌ی کود، در کنار کاهش مقدار مصرف این نهاده، تقویت انگیزه‌ی تولید محصولاتی مانند گندم، جو و پنبه را همراه خواهد داشت و سطح زیرکشت محصولات گفته شده در گروه‌های مختلف کشاورزان بین ۱/۵ تا ۵ درصد افزایش خواهد یافت.

بخشی و همکاران (۱۳۹۰)، کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به منظور تحلیل اثرات

سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب در دشت مشهد پرداختند. نتایج نشان داد که سیاست قیمت-گذاری آب و مالیات بر محصول در مقایسه با سیاست مالیات بر نهاده مکمل، مؤثرتر و مناسب‌تر می-باشند. دو سیاست مالیات بر نهاده و محصول در نرخ‌های معینی می‌توانند به عنوان جایگزین سیاست قیمت‌گذاری آب بکار روند.

کهنسال و فیروز زارع (۱۳۸۷)، به تعیین الگوی بهینه کشت همسو با کشاورزی پایدار با استفاده از برنامه‌ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ در خراسان شمالی پرداختند و نشان دادند که در سطح بهره‌برداری‌های بزرگ الگوی حاصل برنامه‌ریزی خطی ساده بسیار به الگوی کشت فعلی منطقه نزدیک است، در حالی‌که الگوی حاصل برنامه‌ریزی فازی کسری برای دستیابی به پایداری با الگوی حاصل برنامه‌ریزی خطی ساده و الگوی کشت فعلی منطقه اختلاف چشمگیری دارد، به گونه‌ای که با ملاک قرار دادن برنامه‌ریزی فازی کسری از تنوع کشت کاسته می-شود و الگوی کشت در اراضی آبی بزرگ مقیاس استان به سمت گندم و در اراضی دیم به سمت گندم و عدس تغییر می‌یابد در حالی‌که برای بهره‌برداری‌های کوچک مقیاس الگوی کشت فعلی برای همسویی با اهداف پایداری کمتر دستخوش تغییر می‌شود، به گونه‌ای که الگوی کشت اراضی آبی در برنامه‌ریزی فازی کسری به سمت محصولات گندم، جو و پنبه و در اراضی دیم به سمت گندم، جو و عدس تغییر می‌یابد.

عابدی و همکاران (۱۳۸۸)، در مطالعه‌ای به تعیین مزیت نسبی ذرت دانه‌ای در الگوی بهینه کشت استان فارس در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ پرداختند. نتایج بدست آمده از برآورد شاخص‌های مزیت نسبی نشان داد ، با وجود اینکه ذرت دانه‌ای در همه‌ی شهرستان‌های مورد مطالعه‌ی استان فارس دارای مزیت نسبی است، تنها در شهرستان نیریز سطح زیرکشت محصول ذرت دانه‌ای در الگوی بهینه-ی کشت، افزایش می‌یابد. همچنین مقایسه‌ی الگوی بهینه‌ی کشت ناشی از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی با رتبه‌بندی محصولات بر اساس شاخص‌های مزیت نسبی بیانگر آن بود که محدودیت و میزان

دسترسی به منابع، منجر به انتقال مزیت نسبی در تولید، از محصولی به محصول دیگر می‌شود. عامل-هایی همچون سیاست‌های حمایتی، تناوب زراعی و محدودیت منابع نیز می‌تواند در مزیت نسبی، ترکیب و مقدار بهینه‌ی کشت، کارآمد باشند.

بنی اسدی و زارع مهرجردی (۱۳۸۹)، به بررسی تاثیر الگوی کشت بهینه بر فقر روستایی در ارزوییه شهرستان بافت کرمان پرداختند و نشان دادند که استفاده از الگوی بهینه کشت بر کاهش فقر موثر است به گونه‌ای که ۱۲/۵ درصد از روستاییان با استفاده از الگوی بهینه‌ی کشت بالای خط فقر قرار می‌گیرند.

راعی و صبوحی صابونی (۱۳۸۹)، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی، برنامه‌ریزی زراعی را در منطقه کشک‌سرای شهرستان مرند مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در مقایسه با وضعیت موجود، از بین سناریوهای تک هدفه و ترکیبی، سناریو حداقل کردن هزینه‌ها بهترین سناریو است. در ساختار اولویت‌بندی، سناریوی ۱۰ به ترتیب با اولویت حداکثرسازی سود، حداقل‌سازی هزینه‌ها، اهداف تولیدی با توجه به حداقل‌سازی هزینه‌ها و تحقق اهداف تولیدی و سناریوی ۱۳ به ترتیب با اولویت حداکثرسازی سود، تحقق اهداف منابع تولیدی، حداقل‌سازی هزینه‌ها و تحقق اهداف تولیدی، کمترین فاصله اقلیدسی را نشان داده و اهداف فازی مورد نظر را تامین کردند. افزون بر آن، در اکثر سناریوها، گندم دیم وآبی و جو دیم بیشترین و جو آبی کمترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص دادند.

۲-۴- جمع بندی

نیاز کشور به طراحی شبکه های آبرسانی و هزینه بری فراوان پروژه های انتقال آب لـزوم بـه کـار بـردن روش‌های نو و به صرفه برای طراحی و بهینه سازی شبکه های آبرسانی را در پی دارد. در چند دهـه اخیـر بـه کارگیری روش های نوین بهینه سازی در طراحی شـبکه هـا ی آبرسـانی مـورد توجـه متخصصـین و محققـین بسیاری واقع شده است. شبکه های توزیع آب، اعم شبکه های

آبیاری و شبکه های آبرسانی شـهری و روستایی علی رغم اینکه سبب صرفه جویی قابل توجه در مصرف آب شده اند ، به دلیـل افـزایش روز افـزون قیمت لوله و اتصالات مربوطه از یک سو باعث افزایش سرمایه گذاری اولیه احداث شبکه هـا ی توزیـع آب و از سوی دیگر افزایش هزینه تأمین انرژی برق ایستگاه پمپاژ شده است؛ لذا ضـرورت بهـره گیـری از روش هـای نوین بهینه سازی به منظور ارائه طرحهایی بـا کـارایی بهتـر و هزینـه هـای کمتـر و همچنـین بـه کـارگیری الگوریتم های بهینه سازی مناسب تر و با قابلیت های گسترده غیرقابل انکار و از عوامل اصـلی محـرک در ایـن کار تحقیقاتی بوده است. هدف از این پژوهش بهینه سازی ساختار شبکه توزیع اب تحت شرایط عدم اطمینان و به تبع آن کاهش هزینه های شبکه توزیع آب می باشد.

جدول ۱-۲-مطالعات انجام شده

منابع	چند دوره	اب باران	اب لوله کشی	ادغام اب	تک کاربره بودن	عدم قطعیت	استفاده بهینه از اب	ابیاری از مخازن	استفاده مجدد از اب	تصفیه اب	شبکه فاضلاب
اندرسون (۲۰۰۳)									•		
لازاروا و بهری (۲۰۰۴)									•		
قیمیر و جانستون (۲۰۱۳)		•									
گئل و کومار (۲۰۰۵)		•									
هاتیبو و همکاران (۲۰۰۶)		•									
هی و همکاران (۲۰۰۷)		•									
جیانگ و همکاران (۲۰۱۳)		•	•								
اویس و هاچمن (۲۰۰۶)		•									
موگس و همکاران (۲۰۱۱)		•									
بیازین و همکاران (۲۰۱۲)		•									
بورک و همکاران (۱۹۹۹)							•				
تئوچاریس و همکاران (۲۰۰۶)			•								
لوپز و همکاران (۲۰۱۴)											•
چانگ و همکاران (۱۹۹۶)- شووالت (۱۹۹۷)									•		
شیچ و همکارن (۱۹۹۶)- شارزند- مکانال (۱۹۹۳)									•		
پتروزلی(۱۹۸۹)-وو و همکاران (۱۹۹۸)									•		
بلاقضیض و همکاران (۲۰۱۴)		•									
ژیاوو و همکاران (۲۰۰۷)										•	
بین و همکاران (۲۰۱۲)									•		
موساتی و همکاران (۲۰۰۲)-وانگ و اسمیس (۱۹۹۴)										•	•
لی و گاوو (۲۰۱۴)	•					•	•				

منابع	چند دوره	اب باران	اب لوله کشی	ادغام اب	تک کاربره بودن	عدم قطعیت	استفاده بهینه از اب	ابیاری از مخازن	استفاده مجدد از اب	تصفیه اب	شبکه فاضلاب
اویس و هاچمن (۲۰۰۶)، موگس و همکاران (۲۰۱۱) بیازین و همکاران (۲۰۱۲)		•									
گارگ و ددیچ (۲۰۱۴) – نادیموتو و همکاران (۱۹۹۹) –پریرا (۱۹۹۹) –راوو و همکاران (۱۹۸۸)		•									
بیشنو و همکاران (۲۰۱۴)- ناپول-ریورا و همکاران (۲۰۱۳)- رجاس-تورس و همکاران (۲۰۱۴)							•				
آلوا آرگائز و همکاران (۱۹۹۹)-کاروپیا و گروسمن (۲۰۰۸)- پونس-ارتگا و همکاران (۲۰۱۰)-کواگلیا و همکاران (۲۰۱۳)-سیویراپان و همکاران (۲۰۱۴)-تاکاما و همکاران (۱۹۸۰)					•		•				
باگاجویچ(۲۰۰۰) –ال هالاگی و دان (۲۰۰۳) و فو (۲۰۰۹)			•								
النوری و همکاران (۲۰۱۴)- چن و همکاران (۲۰۱۰)-لو (۱۹۹۷)-روبو-کاسترو (۲۰۱۱)و(۲۰۱۲)				•							
مطالعه حاضر	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

فصل سوم:

روش تحقیق

۳-۱- مقدمه

تحقیقات علمی دارای فلسفه ای روشن و بدیهی است. زیرا نیاز بشر به تحقیقات علمی امری بدیهی است. نیاز بشر به تحقیقات علمی به دلیل نیاز فطری انسان به پاسخگویی به برخی نیازهای حیاتی و همچنین برای گسترش دایره معلومات بشری است. هر تحقیق علـمی بنا بر هدف و مـاهیت تحقیق با روش های مختلفی انجام می گیرد.

هدف از این فصل تبیین روش تحقیقی است که در اینجا برای یافتن پاسخ سوالات تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

۳-۲- روش تحقیق

بر اساس هدف، تحقیقات علمی را می توان به سه گروه بنیادی ، کاربردی و عملی تقسیم کرد.

این تحقیق از آنجا که با استفاده از زمینه و بستر شناختی و معلوماتی که از طریق تحقیقات بنیادی که درباره این موضوع انجام شده است صورت گرفته، در زمره تحقیقات کاربردی می باشد. یکی از ویژگی های تحقیقات کاربردی رفع نیازهای بشر و بهبود و بهینه سازی ابزارها، روش ها و الگو ها در جهت رفاه و آسایش و ارتقای سطح زندگی انسان است. در این راستـا ما به دنبال این هستیم که بتوانیم از میان روش های مختلفی که در زمینه انتخاب تامین کننده لجستیک معکوس است، روشی منطقی را تعیین کرده و آن را تبیین نماییم.

بر اساس ماهیت و روش، تحقیق از نوع توصیفی می باشد؛ زیرا در این تحقیق به دنبال این هستیم که وضع موجود را بررسی کرده و به توصیف منظم و نظام دار آن می پردازیم و ویژگی ها و صفات آن را مطالعه و در صورت لزوم ارتباط بین متغیر ها را بررسی می نماید.(حافظ نیا،۱۳۸۶)

این تحقیق توصیفی جنبه کاربردی دارد به این معنا که از نتایج آن می توانیم در تصمیم گیری ها، سیاست گذاری ها و همچنین برنامه ریزی های شرکت برای انتخاب یک تامین کننده لجستیک معکوس از بین گزینه های موجود استفاده نمائیم.

در این تحقیق به منظور توصیف عینی و کیفی، محتوای مفاهیم به صورت نظام دار انجام می شود و قلمروی آن را متن های مکتوب شفاهی و تصویری در مورد موضوع تشکیل می دهد. پس از اینکه تجزیه و تحلیل مطالب صورت پذیرفت و توصیف انجام گرفت، به گردآوری اطلاعات درباره سوالات تحقیق می پردازیم.

از دیدگاه ماهیت تحقیق، این تحقیق را می‌توان در زمره پژوهش‌های کمی دانست. دلایل اصلی این مطلب را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- ❖ مفاهیم اصلی تحقیق را می‌توان به‌صورت مجموعه‌ای از متغیرها و پارامترهای مشخص نشان داد.
- ❖ داده‌های موردنیاز برای محاسبه پارامترها به شکل عددی قابل جمع‌آوری هستند.
- ❖ فرایندهای خروجی تحقیق به‌صورت استاندارد و تکرارپذیر قابل انجام هستند.
- ❖ تحلیل‌ها و نتیجه‌گیری‌های تحقیق در قالب مفاهیم ریاضی قابل‌بیان هستند.

با توجه به کمی بودن ماهیت این تحقیق، استفاده از روش‌های تحقیق کمی برای انجام این تحقیق امری ضروری است. همچنین رویکرد اصلی این تحقیق رویکرد کاربردی است چراکه هدف اصلی تحقیق ایجاد ارتباط بین مفاهیم نظری تحقیق در عملیات با مسائل کاربردی در دنیای صنعت است.

روش تحقیقات انجام‌شده در زمینه مسائل طراحی شبکه زنجیره تأمین از دیدگاه روش‌شناختی را می‌توان به دو دسته کلی روش‌های تحقیق غیرتجربی[۴] شامل فن‌های تحقیق مفهومی[۵]، اثبات قضایا[۶]،

[4] Non-Emperical Research
[5] Conceptual Research
[6] Theorem Proof

و شبیه‌سازی[۷]، و نیز روش‌های تحقیق در مرز روش‌های تحقیق علمی/تفسیرگرا[۸] شامل فن مطالعه موردی[۹] تقسیم نمود. بااین‌حال مهم‌ترین روش تحقیق مورداستفاده برای حل مسائل طراحی شبکه زنجیره تأمین را می‌توان روش تحقیق مفهومی و یکی از ابزارهای مشهور آن یعنی تحقیق در عملیات[۱۰] دانست. دلیل این امر را می‌توان به رویکرد اصلی تحقیقات طراحی شبکه زنجیره تأمین یعنی مدل‌سازی مجرد در قابل مدل‌های ریاضی بهینه سازی دانست. این مدل‌ها علی‌رغم آن‌که بر پایه محیط، فرایندها، و نیز شرایط واقعی بنا نهاده شده‌اند، اما به محض ساخته شدن کاملاً از داده‌های دنیای واقعی جدا می‌شوند و تنها بر داده‌های ترکیبی[۱۱] (ترکیب مجموعه‌ای از داده‌های واقعی و داده‌های شبیه‌سازی) و نیز تفکر مفهومی محقق در مورد نحوه مجرد سازی سیستم تکیه‌دارند (البدوی، ۱۳۸۹). با توجه به مطالب طرح شده و ماهیت طرح تحقیق که نیازمند جداسازی مدل موردمطالعه از دنیای واقعی است، فن تحقیق اصلی مدنظر برای این تحقیق فن تحقیق در عملیات است.

از دیدگاه روش‌شناختی، فن تحقیق در عملیات دارای دو هدف تشریح و تغییر است (البدوی، ۱۳۸۹). هدف تشریح را می‌توان با دو سؤال زیر بیان نمود:

- وضعیت معماری کنونی سیستم چه هزینه‌ها و شرایطی را بر سیستم تحمیل می‌کند؟
- با توجه به وضعیت معماری کنونی سیستم و اطلاعات در دست، چه راه‌کاری می‌تواند معیارهای عملکرد مدنظر مدیریت را بهینه نماید؟

همچنین هدف تغییر تحقیق در عملیات سعی دارد با کمک دیگر روش‌های تحقیق کاربردی در مهندسی صنایع، امکان ارائه راه‌کارهای بهبود سیستم را بر مبنای تغییر و تحول در سیستم، فراهم آورد. در این تحقیق با توجه به تمرکز بر توسعه مدل‌های کمی در تحقیق در عملیات، تمرکز بر هدف

[7] Simulation
[8] Research Techniques at Scientific/interpretivist Boundary
[9] Case Study
[10] Operations Research
[11] Synthetic

تشریح تحقیق در عملیات خواهد بود. با توجه به مطالب مطرح‌شده فوق، فرایند کلی پیشنهادی برای این حل هر یک از مسائل این تحقیق را می‌توان در گام‌های زیر خلاصه نمود:

شناخت دقیق مسئله تحقیق در دنیای واقعی: با توجه به اینکه تعریف مسئله تحقیق این طرح تحقیق بر اساس پیشینه تحقیق انجام‌شده است، در گام اول تحقیق باید با مراجعه به دنیای صنعت به بررسی مشابهت بین مفروضات تحقیق و خصیصه‌های دنیای واقعی برقرار نمود. این امر موجب می‌شود مسئله تحقیق تا حد ممکن واقعی‌تر شده و درنتیجه مسئله تحقیق تا حد ممکن کاربردی‌تر گردد.

شناخت و تعریف مسئله: در این گام بر اساس نتایج مرحله قبل و نیز نتایج بررسی پیشینه تحقیق، یک تعریف جامع و دقیق از محدوده سیستم موردبررسی و اجزای آن ارائه می‌شود. بر اساس این تعریف، می‌توان مفروضات مسئله تحقیق را مشخص نمود.

مدل‌سازی مسئله: بر اساس مفروضات به‌دست‌آمده در گام قبلی، در این گام یک مدل ریاضی ارائه می‌گردد. با توجه به ماهیت مسئله تحقیق، در راستای مدل‌سازی باید از مفاهیم فرایندهای تصادفی و فن‌های مدل‌سازی مربوط به برنامه‌ریزی عدد صحیح، بهینه‌سازی تصادفی، بهینه‌سازی استوار، و بهینه‌سازی غیرخطی استفاده نمود.

انتخاب و طراحی روش حل: در این گام، بر اساس خصوصیات مدل ریاضی ارائه‌شده، یک یا چندین روش حل کارا و قدرتمند جهت حل مسئله در ابعاد واقعی ارائه می‌گردد. با توجه به اینکه، مدل ریاضی توسعه داده‌شده بر اساس فرایندهای تصادفی، برنامه‌ریزی عدد صحیح، بهینه‌سازی تصادفی، بهینه‌سازی استوار، و بهینه‌سازی غیرخطی بنانهاده شده است، روش‌های حل موردنیاز برای حل مسئله تحقیق نیز از روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری (به دلیل پیچیدگی‌های زیاد حل مسئله) استفاده شود.

حل مسئله: در این گام بر مبنای روش حل طراحی‌شده در مرحله قبل، مسئله تحقیق حل‌شده و عیوب و اشکالات احتمالی روش حل طراحی‌شده رفع می‌گردد.

طراحی/انتخاب مسائل نمونه تصادفی و جمع‌آوری داده واقعی: در این گام، مسائل نمونه تصادفی (بر مبنای مسائل نمونه ارائه‌شده در ادبیات موضوع و طراحی تصادفی پارامترهای جدید مسئله تحقیق) و نیز در صورت امکان داده‌های واقعی برای اعتبارسنجی روش حل پیشنهادی انتخاب و جمع‌آوری می‌شوند.

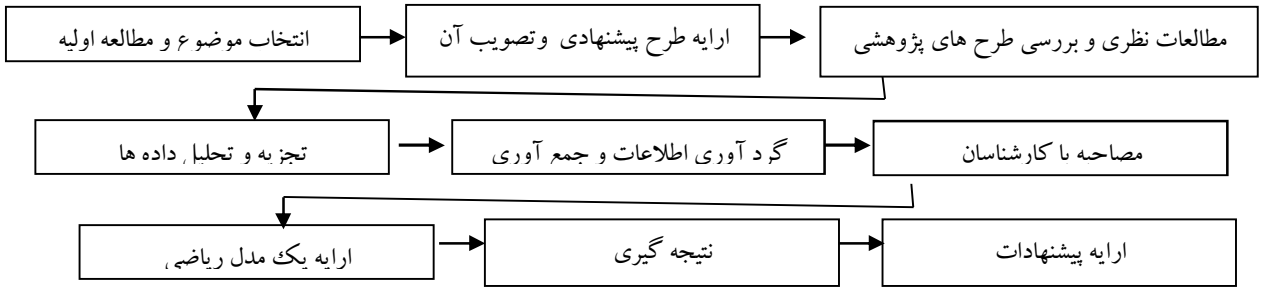
اعتبارسنجی: در این گام، با استفاده از داده‌های مرحله قبل، اعتبار عملکرد روش حل پیشنهادی با استفاده از مقایسه با دیگر روش‌های حل دیگر تحقیقات نزدیک به مسئله تحقیق سنجیده می‌شود، و بر اساس نتایج آن تغییرات لازم در روش حل داده می‌شود.

انتشار نتایج تحقیق در جامعه دانشگاهی: پس از مطمئن شدن از کارایی مدل و روش حل پیشنهادی تحت شرایط آزمایشگاهی، در این گام باید اقدام به انتشار نتایج تحقیق در جامعه دانشگاهی نمود تا بتوان با استفاده از نظرات، پیشنهادها، و انتقادات دیگر محققان بتوان کیفیت تحقیق را افزایش داد.

به‌طور خلاصه، در این تحقیق مسئله موردنظر مدل‌سازی ریاضی می‌شود و سپس با توجه به ماهیت مدل که از نوع برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط است، از نرم‌افزار بهینه‌سازی مناسب استفاده خواهد شد. بنابراین این تحقیق از نوع کمّی بوده و به لحاظ مورداستفاده،کاربردی است.

۳-۳- مراحل اجرای پژوهش

مراحل اجرای این تحقیق به صورت خلاصه در شکل ۱-۳ مورد اشاره قرار گرفته است:



شکل ۳-۱- مراحل اجرای تحقیق

۳-۴-روش های گرد آوری اطلاعات

گرد آوری اطلاعات مورد نیاز تحقیق یکی از مراحل اساسی آن است؛ روش های گرد آوری اطلاعات را به طور کلی می توان به دو دسته تقسیم نمود :

- روش های کتابخانه ای
- روش های میدانی

روش مورد استفاده در این تحقیق، روش کتابخانه ای است. بدین معنی که ادبیـات و سوابق مساله و موضوع تحقیق را از منابع مختلف مطالعه کرده وبرای جمع آوری برخی داده ها از نظر کارشناسان استفاده می کنیم. در زمینه این تحقیق مقالاتی به چاپ رسیده است که برای کسب آگاهی بیشتر در زمینه موضوع مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته اند. همچنین از نظرات کارشناسان و اساتید و خبرگان در این زمینه برای توضیح و توجیه بیشتر مساله وروش های کار استفاده شده است.

۳-۵-روش های تجزیه و تحلیل

مدل سازی ریاضی مبتنی بر برنامه ریزی ریاضی عدد صحیح مختلط خطی است که با رویکرد بهینه سازی سناریو محور, برای در نظر گرفتن پارامتر غیر قطعی می باشد که حل دقیق مدل توسط نرم افزار گمز انجام می شود.

۳-۶- فرمول بندی مدل :

پارامترها:

α معیار در نظر گرفتن شرایط اقتصادی

Ac منطقه محصولات کشاورزی،

$\mathrm{C}f$ هزینهٔ ثابت تجهیزات و لوازم جانبی،

Cr معیارهای آبیاری

$\mathrm{Cu}_{\mathrm{c}}^{\mathrm{sl}}$، قیمت فروش محصولات زراعی، US $ / ton

$\mathrm{Cu}_{\mathrm{w}}^{\mathrm{op}}$، قیمت فروش از آب شیرین، US $ / m3

$\mathrm{Cu}_{\mathrm{l}}^{\mathrm{op}}$ هزینه های کود تازه،

$\mathrm{Cu}_{\mathrm{e}}^{\mathrm{op}}$ هزینه برق US $ / kWh

$\mathrm{Cu}_{\mathrm{p}}^{\mathrm{op}}$ هزینه ای برای تعمیر خطوط لوله،US $ / kg

$\mathrm{Cu}_{\mathrm{s}}^{\mathrm{op}}$ هزینه برای نگهداری مخازن ذخیره US $ / kg

$\mathrm{Cu}_{\mathrm{u}}^{\mathrm{op}}$ هزینه برای نگهداری واحدهای بررسی، US $ / kg

$\mathrm{Cv}^{\mathrm{pip}}$ هزینه مختلف خطوط لوله، US $ / m3 / h

$\mathrm{Cv}^{\mathrm{pu}}$ هزینه پمپ ها، US $ / kg

$\mathrm{Cv}^{\mathrm{sw}}$ هزینه مخزن های ذخیره سازی US $ / m3

$\mathrm{Cv}^{\mathrm{tu}}$ هزینه های واحدهای تصفیه US $ / m3

D فاصله بین واحدها m

Dr عمق ریشه cm

$Fwpc$ آب رسوبی در محصولاتm ،

$Fwpst$ رسوب آب در مخازن ذخیره، m3

$Fwrc$ افزایش گرانش سطح آب،

g فاکتور تبدیل شتاب به علت گرانش،

gc ارتفاع بین اجزای فرآیند، m

He ارتفاع بین مولفه های فرایند

η بهره وری

$\mathrm{k_f}$ عامل بکاررفته برای تبدیل سالانه،

m نرخ بهره کسری در سال،٪

n تعداد سال عملیات، سال

v سرعت

P تراکم،

θ_{fc} ظرفیت مزرعه، cm3 از آب /cm3 خاک

θ_{pwp} نقطه پژمردگی دائمی، cm3 از آب /cm3 خاک

Qwc^{in} محدودیت بالای ظرفیت پمپ برای جابجایی جریان بین محصولات

$\Omega_{Fcc}^{max,pu}$ محدوده بالای ظرفیت خط لوله برای جابجایی جریان بین محصولات , ساعت/کیلوگرم

$\Omega_{Fcc}^{max,pip}$ محدوده بالایی ظرفیت پمپ برای جابجایی جریان بین محصولات، کیلوگرم

$\Omega_{Fstc}^{max,pu}$ محدوده بالایی ظرفیت خطوط لوله برای جابجایی جریان از مخازن ذخیره سازی به محصولات , ساعت/کیلوگرم

$\Omega_{Fstc}^{max,pip}$ محدوده بالایی ظرفیت پمپ برای جابجایی جریان از محصولات به مخازن ذخیره، کیلوگرم

$\Omega_{Fcst}^{max,pu}$ محدوده بالایی ظرفیت خطوط لوله برای جابجایی جریان از محصولات به مخازن ذخیره، ساعت/کیلوگرم

$\Omega_{Fcst}^{max,pip}$ محدوده بالایی ظرفیت پمپ برای جابجایی جریان از محصولات به واحدهای تصفیه

$\Omega_{Fctu}^{max,pu}$ محدوده بالایی ظرفیت خطوط لوله برای جابجایی جریان از محصولات به واحدهای تصفیه، ساعت/کیلوگرم

$\Omega^{max}_{Cfe_{i,t}}$ محدوده بالایی برای غلظت هر کود شیمیایی در تخلیه زیست محیطی، کیلوگرم کود / کل کیلوگرم،

Ω^{max}_{fst} محدوده بالایی برای ظرفیت مخازن ذخیره سازی،

Ω^{max}_{ftu} محدوده بالایی ظرفیت واحد های تصفیه،

$\Omega^{max}_{w,t}$ محدودیت هر نوع آب شیرین در دوره،

۳-۷- متغییرها

Capc هزینه سرمایه، دلار آمریکا/ سال

Cfc غلظت کود در محصولات، کیلوگرم کود/ میزان کلی

Cfe غلظت کود در تخلیه محیط زیست، کیلوگرم کود / مقدار کلی

Cfs غلظت کود در مخازن نگهداریکیلوگرم کود / مقدار کلی

Cft غلظت کود در واحد درمان، کیلوگرم کود / مقدار کلی

Copc هزینه عملیاتی،

Fc^{tot} نرخ میزان نهایی در محصول،

Fcc میزان جریان بین محصولات،

$Fcc^{capc,pu}$ ظرفیت پمپ برای جابجایی جریان بین محصولات

$Fcc^{capc,pip}$ ظرفیت خطوط لوله برای جابجایی نرخجریان بین محصولات

Fce نرخ جریان از محصولات به تخلیه محیط زیست

Fcst نرخ جریان از محصولات به مخزن ذخیره سازی

$\mathrm{Fcst}^{\mathrm{capc,pu}}$ ظرفیت پمپ برای جابجایی نرخ جریان از محصولات به مخزن ذخیره سازی،

$\mathrm{Fcst}^{\mathrm{capc,pip}}$ ظرفیت خطوط لولهبرای جابجایی نرخ جریان از محصولات به مخازن ذخیره سازی

Fctu نرخ جریان از محصولات به واحد های درمان،

$\mathrm{Fctu}^{\mathrm{capc,pu}}$ ظرفیت پمپ برای جابجایی نرخ جریان ازمحصولات به واحدهای درمان،

$\mathrm{Fctu}^{\mathrm{capc,pip}}$ ظرفیت خطوط لوله برای جابجایی نرخ جریاناز محصولات به واحد های درمان،

Fe نرخ جریان در تصفیه محیط زیست

Ffc کود جریانی در محصولات

$Ffcc$ نرخ جریان کود بین محصولات،

$Ffc\mathrm{tu}$ نرخ جریان کود از محصولات به واحد های تصفیه

Fff نرخ جریان کود تازه

$\mathrm{F}f\mathrm{rc}$ نرخ جریان کود دوباره استفاده شده

$Ff\mathrm{rt}$ نرخ جریان کود از مخزن ذخیره سازی به محصولات

$Ff\mathrm{st}$ نرخ جریان کود از مخزن ذخیره سازی به محصولات

$Ff\mathrm{tue}$ نرخ جریان کود از واحد های تصفیه به تخلیه محیط زیست

Flc هزینه های کود،

Fst^{capc} ظرفیت مخازن ذخیره سازی

Ftu^{tot} نرخ جریان نهایی در مخازن ذخیره شده

$Ftue$ نرخ جریان نهایی از مخازن به محصولات

$Fstc^{capc,pu}$ ظرفیت پمپ برای جابجایی نرخ جریان ازمخازن ذخیره سازی و محصولات،

$Fstc^{capc,pip}$ ظرفیت خطوط لوله برای جابجایی نرخ جریان از مخازن ذخیره سازی و محصولات زراعی

Ftu^{capc} ظرفیت واحدهای تصفیه

Ftu^{tot} نرخ جریان واحدهای تصفیه

$Ftue$ نرخ جریان از واحدهای تفیه به تخلیه محیط زیست

FWC هزینه آب تازه،

Fwc^{abs} جریان آب جذبی توسط محصولات (خاک و گلخانه ها)،

$Fwc_{c,t}^{ev}$ جریان اب از دست رفته از طریق تبخیر در محصولات،

Fwc جریان آب در هر محصول،

$Fwcc$ جریان آب بین محصولات،

$Fwct$ جریان آب از مخازن ذخیره به محصولات،

$Fwctu$ جریان آب از محصولات به واحد های درمان،

Fwf جریان در دسترس آب شیرین،

$Fwfs$ جریان آب تازه در هر محصول،

Fwrt استفاده مجدد از جریان آب،

Fwst جریان آب از محصولات به مخازن ذخیره سازی

Fwtue جریان آب از واحد های تصفیه به تخلیه محیط زیست،

H_Y زمان عملیاتی سالانه

$Li_{c,t}$ آب عمیق

P محصول

p^{kw} مصرف انرژی برای دستگاه های پمپاژ،

Pip هزینه لوله کشی،

Proffit سودسالانه

Pump هزینه پمپاژ،

Swc هزینه ذخیره آب ،

Tuc هزینه تصفیه

Sr فروش،

Ti زمان آبیاری،

متغییربااینری

z متغییر باینری برای تعیین وجود یا عدم وجود تجهیزات و فرایندهای تجهیزات ۰ یا ۱

۳-۸-زیرنویس

C محصول

I کود

St مخزن ذخیره سازی

T دوره

U واحد تصفیه

W نوع آب شیرین

بالانویس

Ab جذب شده

Cap سرمایه

Ev تبخیر

In ورودی

Ir آبیاری

Max محدوده بالایی

Op عملیات

Out خروجی

Pip لوله کشی

Pu پمپاژ

rem حذف

Sl فروش

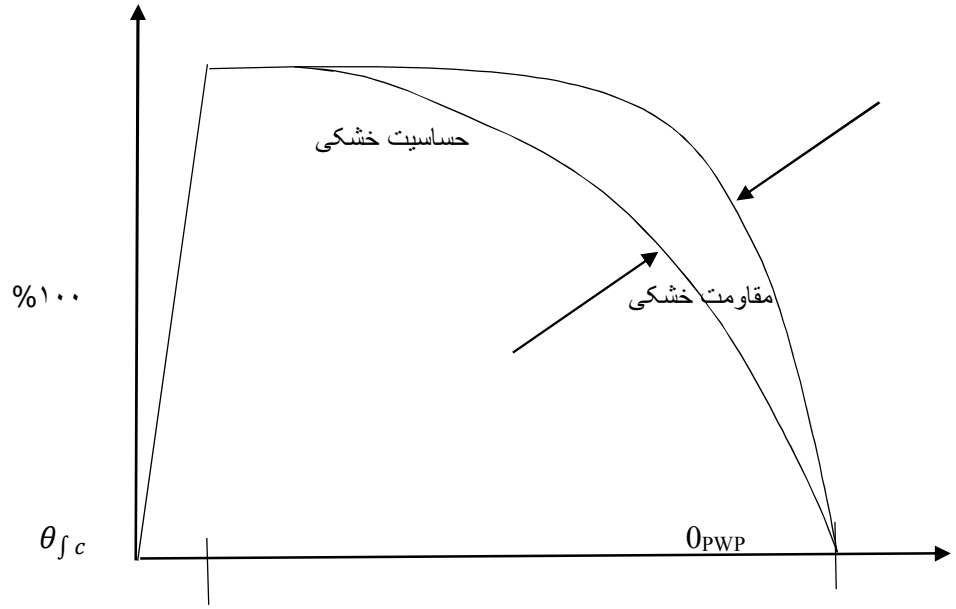
Tot مورد نهایی

Tu واحد تصفیه

مقیاس ها

Numpt تعداد دوره ها

در این رابطه، ارائه محاسباتی برای فرآیند مبادله توزیع فوق، به صورت زیر ارائه شده است و برای این منظور از زیرمجموعه های زیر استفاده می شود: w برای نوع آب شیرین، c نشان دهنده محصولات،l کود شیمیایی،s مخازن ذخیره سازی،u واحدهای تصفیه و t دوره زمانی استفاده می شود. در اینجا، آب شیرین آب خروجی از سد را نشان می دهد.



شکل۳-۲- عملکرد محصولات بعنوان عملکرد میزان رطوبت

جدول ۳-۱-ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائمی برای انواع مختلف خاک

انواع خاک	ظرفیت مزرعه (آب بر سانتی مترمکعب خاک)	نقطه پژمردگی دائمی (آب بر سانتی مترمکعب خاک)
فرانکو	۰/۲۲	۰/۱۰
شنی	۰/۱۰	۰/۰۵
خاک رس	۰/۴۵	۰/۳۱
خاک رس گلدانی	۰/۳۵	۰/۲۳
شنی گلدانی	۰/۲۰	۰/۱۲
خاک رس شن وماسه	۰/۲۰	۰/۱۰

۳-۹- توازن توده ای برای آب مورد نیاز در محصولات کشاورزی

مدیریت آبیاری از نظر کیفیت و کمیت در عملکرد کشت بسیار مهم است، زیرا میزان آب در حدود ۸۰ درصد است .به عنوان مثال، شکل ۳-۲ رابطه بین عملکرد محصول و رطوبت را نشان می دهد. ظرفیت مزرعه θ_{fc} نامیده می شود. لازم به ذکر است که محتوای رطوبت ایده آل برای هر محصول وجود دارد و زمانی که ظرفیت رطوبتی بیشتر از ظرفیت مزرعه است، خاک اشباع شده و با توجه به کمبود اکسیژن در ریشه ها، محصول فشرده می شود. در غیر این صورت، اگر مقدار رطوبت پایین تر از ظرفیت مزرعه باشد، میزان تولید محصول تحت تأثیر قرار می گیرد و مهم است که محتوای رطوبت به حداقل میزان رطوبت در دسترس نرسد، که نقطه دائمی پژمردگی است. θ_{pwp} به این دلیل است که در این نقطه، محصولات نمی توانند آب را جذب کنند و میمیرند .هر دو θ_{fc} وθ_{pwp} برای هر نوع خاک همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است. به این ترتیب، ظرفیت مزرعه در هر دوره زمانی به صورت زیر به عمق آب منتقل می شود:

$$Li_{c,t} = \theta_{fc} Dr_{c,t} Cr_c, \qquad c\epsilon C; t\epsilon T \qquad (1)$$

که در آن $Dr_{c,t}$ ، عمق ریشه ها را در هر دوره زمانی مشخص می کند و Cr معیار آبیاری است .آب مورد نیاز در هر محصول $FW_{c,t}^{in}$ به شرح زیر محاسبه می شود:

$$FW_{c,t}^{in} = \frac{Li_{c,t} Ac_c}{\eta_c^{ir}}, \qquad c\epsilon C; t\epsilon T \qquad (2)$$

جائیکه Ac_c منطقه نهایی برای محصولات و η_c^{ir} بهره وری آبیاری است.

۳-۱۰- دوره زمان آبیاری

مدت زمان آبیاری برای هر محصول$Ti_{c,t}$ بستگی به سرعت گردش آب$QW_{c,t}^{in}$ و آب مورد نیازدارد

$$Ti_{c,t} = \frac{Fw_{C,t}^{in}}{QW_{c,t}^{in}}, \qquad c\epsilon C; t\epsilon T \qquad (3)$$

جدول ۳-۲-همبستگی ها برای محاسبه بازده محصول

محصول 1	Flood irrigation	Sprinkling irrigation
ذرت	$Y = 0.506 + 0.113\cdot10^{-2}X - 0.119\cdot10^{-6}X^2 + 0.226\cdot10^{-1}$ $N - 0.382\cdot10^{-4}N^2 + 0.161\cdot10^{-5}XN$ $R^2_{aj} = 0.918$	$Y = 0.506 + 0.154\cdot10^{-2}X - 0.141\cdot10^{-6}X^2 + 0.210\cdot10^{-1}$ $N - 0.361\cdot10^{-4}N^2 + 0.140\cdot10^{-5}XN$ $R^2_{aj} = 0.995$
گندم	$Y = 0.871 + 0.951\cdot10^{-3}X - 0.145\cdot10^{-6}X^2 + 0.172\cdot10^{-1}$ $N - 0.336\cdot10^{-4}N^2 + 0.249\cdot10^{-5}XN$ $R^2_{aj} = 0.971$	$Y = 0.762 + 0.888\cdot10^{-3}X - 0.114\cdot10^{-6}X^2 + 0.185\cdot10^{-1}$ $N - 0.538\cdot10^{-4}N^2 + 0.272\cdot10^{-5}XN$ $R^2_{aj} = 0.983$
جو	$Y = 0.936 + 0.845\cdot10^{-3}X - 0.217\cdot10^{-6}X^2 + 0.176\cdot10^{-1}$ $N - 0.439\cdot10^{-4}N^2 + 0.453\cdot10^{-5}XN$ $R^2_{aj} = 0.969$	$Y = 0.891 + 0.815\cdot10^{-3}X - 0.196\cdot10^{-6}X^2 + 0.168\cdot10^{-1}$ $N - 0.499\cdot10-^{4}N^2 + 0.48823\cdot10^{-5}XN$ $R2aj = 0.982$
یونجه	$Y = 4.522 + 0.295\cdot10^{-2}X - 0.196\cdot10^{-6}X^2 + 0.296\cdot10^{-1}$ $N - 0.254\cdot10^{-3}N^2 + 0.163\cdot10^{-5}XN$ $R^2_{aj} = 0.972$	$Y = 4.266 + 0.291\cdot10^{-2}X - 0.196\cdot10^{-6}X^2 + 0.279\cdot10^{-1}$ $N - 0.274\cdot10^{-3}N^2 + 0.282\cdot10^{-5}XN$ $R^2_{aj} = 0.976$
افتابگردان	$Y = 0.325 + 0.573\cdot10^{-3}X - 0.128\cdot10^{-6}X^2 + 0.200\cdot10^{-1}$ $N - 0.656\cdot10^{-4}N^2 + 0.127\cdot10^{-5}XN$ $R^2_{aj} = 0.982$	$Y = 0.521 + 0.502\cdot10^{-3}X - 0.920\cdot10^{-7}X^2 + 0.189\cdot10^{-1}$ $N - 0.649\cdot10^{-4}N^2 + 0.174\cdot10^{-5}XN$ $R^2_{aj} = 0.980$
برنج	$Y = 1.324 + 0.444\cdot10^{-3}X - 0.210\cdot10^{-7}X^2 + 0.172\cdot10^{-1}$ $N - 0.930\cdot10^{-4}N^2 + 0.104\cdot10^{-5}XN$ $R^2_{aj} = 0.975$	

۳-۱۱- تعادل حجمی برای آب شیرین

آب ورودی تازه در هر مزرعه در طول هر دوره زمانی $FWf_{w,t}^{tot}$ برابر مقدار آب شیرین فرستاده شده به هر مزرعه $\sum_{c\epsilon C} FWfs_{w,c,t}$ است.

$$FWf_{w,t}^{tot} = \sum_{c\epsilon C} FWfs_{w,c,t}, \qquad w\epsilon W; t\epsilon T \qquad (4)$$

برای هر نوع آب شیرین $\Omega_{w,t}^{max}$ محدودیت بالایی وجود دارد، زیرا این بستگی به قابلیت دسترسی مورد زیر بستگی دارد.

$$FWf_{w,t}^{tot} = \Omega_{w,t}^{max}, \qquad w\epsilon W; t\epsilon T \qquad (5)$$

لازم به ذکر است که در یک مزرعه خاص انواع مختلفی از آب شیرین وجود دارد.

۳-۱۲- عملکرد محصول

عملکرد هر محصول P_c عملکرد کود و آب است:

$$P_c = f(water, fertilizer), \qquad c\epsilon C \qquad (6)$$

مارتینز و همکاران (۲۰۰۲) مجموعه ای از همبستگی ها (جدول ۲ را ببینید) برای محاسبه عملکرد محصولات مختلف (ذرت، گندم، جو، یونجه، آفتابگردان و برنج) گزارش دادند.

۳-۱۳- تعادل حجمی در ورودی هر محصول

آب ورودی و کود به هر مزرعه($Fwc_{c,t}^{in}$ و $FfC_{l,c.t}^{in}$)جریان ورودی $Fc_{c,t}^{tot,in}$ برای هر دوره t را تعیین می کند.

$$\mathrm{Fc}_{\mathrm{c,t}}^{\mathrm{tot,in}} = \rho \mathrm{Fwc}_{\mathrm{c,t}}^{\mathrm{in}} + \sum_{\mathrm{l}\epsilon\mathrm{L}} \mathrm{FfC}_{\mathrm{l,c.t}}^{\mathrm{in}}, \qquad \mathrm{c}\epsilon\mathrm{C};\ \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \qquad (7)$$

جایی که ρ چگالی آب است .علاوه بر این، آب در هر دوره از طریق آب شیرین $\mathrm{Fwfs}_{\mathrm{w,c,t}}$ ، آب رسوب شده $\mathrm{Fwpc}_{\mathrm{c,t}}$، افزایش مویی از جدول آب $\mathrm{Fwrc}_{\mathrm{c,t}}$ آب دوباره استفاده شده از سایر محصولات $\mathrm{Fwcc}_{\mathrm{c1,c,t}}$ و آب تجدید شده از مخازن ذخیره سازی $\mathrm{Fwst}_{\mathrm{s,c,t}}$ ایجاد می شود.

$$\mathrm{Fwc}_{\mathrm{c,t}}^{\mathrm{in}} = \sum_{\mathrm{w}\epsilon\mathrm{W}} \mathrm{Fwfs}_{\mathrm{w,c,t}} + \mathrm{Fwpc}_{\mathrm{c,t}} \qquad (8)$$

به همین ترتیب، جریان کود ازطریق کود تازه $\mathrm{Fff}_{\mathrm{l,c,t}}$ ، کود استفاده شده دوباره از سایر محصولات $\mathrm{Ffcc}_{\mathrm{l,c_1,c,t}}$ و کود تجدید شده از مخازن ذخیره سازی $\mathrm{Ffst}_{\mathrm{s,c,t}}$

$$\mathrm{Ffc}_{\mathrm{c,t}}^{\mathrm{in}} = \mathrm{Fff}_{\mathrm{l,c,t}} + \sum_{\mathrm{c1}\epsilon\mathrm{C}} \mathrm{Ffcc}_{\mathrm{l,c_1,c,t}} + \sum_{\mathrm{s}\epsilon\mathrm{S}} \mathrm{Ffst}_{\mathrm{s,c,t}}, \qquad \mathrm{l}\epsilon\mathrm{L};\ \mathrm{c}\epsilon\mathrm{C};\ \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \qquad (9)$$

بنابراین، آب و کود مصرفی در هر دوره ($\mathrm{Ff}r\mathrm{c}_{\mathrm{l,c,t}}$ و $\mathrm{Fwrt}_{\mathrm{c,t}}$) به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\mathrm{Ff}r\mathrm{c}_{\mathrm{l,c,t}} = \sum_{\mathrm{s}\epsilon\mathrm{S}} \mathrm{Ffst}_{\mathrm{l,s,c,t}} + \sum_{\mathrm{c1}\epsilon\mathrm{C}} \mathrm{Ffcc}_{\mathrm{l,c_1,c,t}}, \qquad \mathrm{l}\epsilon\mathrm{L};\ \mathrm{c}\epsilon\mathrm{C};\ \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \qquad (10)$$

$$\mathrm{Fwrt}_{\mathrm{c,t}} = \sum_{\mathrm{s}\epsilon\mathrm{S}} \mathrm{Fwst}_{\mathrm{s,c,t}} + \sum_{\mathrm{c1}\epsilon\mathrm{C}} \mathrm{Fwcc}_{\mathrm{c1,c,t}}, \qquad \mathrm{c}\epsilon\mathrm{C};\ \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \qquad (11)$$

در نهایت، معادله بعدی برای تعیین غلظت کود ورودی در هر محصول و دوره $\mathrm{Cfc}_{\mathrm{l.c,t}}^{\mathrm{in}}$ استفاده شده است.

$$Cfc_{l.c,t}^{in} = \frac{Ffc_{l.c,t}^{in}}{Fc_{C.t}^{tot,in}} \qquad l\epsilon L;\ c \qquad (12)$$

در معادلات فوق c1 نام مستعار c استفاده شده برای مدل سازی جریان بین محصولات کشاورزی است.

۳-۱۴- تعادل حجمی در خروجی هر محصول

میزان خروجی هر محصول در هر دوره زمانی $Fc_{C.t}^{tot,out}$ از طریق آب و کود های که در محصولات ($Fwc_{c.t}^{out}$ و $Ffc_{l.c,t}^{out}$) استفاده نشدند، تشکیل شده است:

$$Fc_{C.t}^{tot,out} = \rho Fwc_{c.t}^{out} + \sum_{l\epsilon L} Ffc_{l.c,t}^{out}, \qquad c\epsilon C;\ t\epsilon T \qquad (13)$$

که در آن آب خروجی برابر با آب ورودی منفی منهای آب جذب شده توسط محصول $Fwc_{c,t}^{ab}$ و آب از دست رفته توسط تبخیر $Fwc_{c,t}^{ev}$ است. اینجا آب جذب شده به آب تصفیه شده در خاک و همچنین آب نگهداری شده در ویژگی مویی گیاه اشاره شده است.

$$Fwc_{c.t}^{out} = Fwc_{c,t}^{in} - Fwc_{c,t}^{ab} - Fwc_{c,t}^{ev}, \qquad c\epsilon C;\ t\epsilon T \qquad (14)$$

آب جذب شده و از دست رفته مربوط به راندمان برای ذخیره و استفاده(η_c^{st} و η_c^{cu}) است.

$$Fwc_{c,t}^{ab} = \eta_c^{st} Li_{c,t} A_c, \qquad c\epsilon C;\ t\epsilon T \qquad (15)$$

$$Fwc_{c,t}^{ev} = \eta_c^{cu} Li_{c,t} A_c, \qquad c\epsilon C;\ t\epsilon T \qquad (16)$$

جایی که $Li_{c,t}A_c$ عمق آب برای کل منطقه محصول است .علاوه بر این، کود خروجی تفاوت بین کود ورودی و مورد جذب شده از طریق محصول $Ffc_{l.c,t}^{ab}$ است.

$$Ffc_{l.c,t}^{out} = Ffc_{l.c,t}^{in} - Ffc_{l.c,t}^{ab}, \qquad l\epsilon L;\ c\epsilon C;\ t\epsilon T \qquad (17)$$

در این جا، کود جذب شده از طریق کارایی جذب کودهای $\eta_{l,c}^{abs}$ هر محصول تعیین می شود:

$$\mathrm{Ffc}_{\mathrm{l.c,t}}^{\mathrm{ab}} = \eta_{\mathrm{l,c}}^{\mathrm{abs}} \mathrm{Ffc}_{\mathrm{l.c,t}}^{\mathrm{in}}, \qquad \mathrm{l}\epsilon\mathrm{L};\ \mathrm{c}\epsilon\mathrm{C};\ \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \tag{18}$$

جریان خروجی از هر محصول می تواند به محیط های دیگر $\mathrm{Fce}_{\mathrm{c,t}}$ ، به سایر محصولات $\mathrm{Fcc}_{\mathrm{c,c_1,t}}$ ، به واحدهای تصفیه جهت مقابله با محدودیت های محیطی $\mathrm{Fctu}_{\mathrm{c,u,t}}$ و / یا مخازن ذخیره سازی $\mathrm{Fcst}_{\mathrm{c,s,t}}$:

$$\mathrm{fc}_{\mathrm{l.c,t}}^{\mathrm{tot,out}} = \mathrm{Fce}_{\mathrm{c,t}} + \sum_{\mathrm{c_1}\epsilon\mathrm{C}} \mathrm{Fcc}_{\mathrm{c,c_1,t}} + \sum_{\mathrm{s}\epsilon\mathrm{S}} \mathrm{Fcst}_{\mathrm{c,s,t}} + \sum_{\mathrm{u}\epsilon\mathrm{U}} \mathrm{Fctu}_{\mathrm{c,u,t}} \qquad \mathrm{c}\epsilon\mathrm{C};\ \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \tag{19}$$

لازم است بدانید که غلظت کود خروجی از هر محصول در هر دوره زمانی مورد نیاز است $\mathrm{Cfc}_{\mathrm{l.c,t}}^{\mathrm{out}}$:

$$\mathrm{Cfc}_{\mathrm{l.c,t}}^{\mathrm{out}} = \frac{\mathrm{Ffc}_{\mathrm{l.c,t}}^{\mathrm{out}}}{\mathrm{Fc}_{\mathrm{C.t}}^{\mathrm{tot,out}}} \qquad \mathrm{l}\epsilon\mathrm{L};\ \mathrm{c}\epsilon\mathrm{C};\ \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \tag{20}$$

و غلظت کود خروجی مورد استفاده برای تعیین کود شیمیایی است که بین محصولات کشاورزی رد و بدل می شود:

$$\mathrm{Ffcc}_{\mathrm{c,c_1,t}} = \mathrm{Cfc}_{\mathrm{l.c,t}}^{\mathrm{out}} \mathrm{Fcc}_{\mathrm{c,c_1,t}}, \qquad \mathrm{l}\epsilon\mathrm{L};\ \mathrm{c}\epsilon\mathrm{C};\ \mathrm{c_1}\epsilon\mathrm{C};\ \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \tag{21}$$

با در نظر گرفتن میزان جریان کود در بین محصولات، می توان آب را در این جریان به صورت زیر تعیین نمود:

$$\mathrm{Ffcc}_{\mathrm{c,c_1,t}} = \rho \mathrm{Fwcc}_{\mathrm{c,c1,t}} + \sum_{\mathrm{c_1}\epsilon\mathrm{C}} \mathrm{Ffcc}_{\mathrm{l,c1,c,t}}, \qquad \mathrm{l}\epsilon\mathrm{L};\ \mathrm{c}\epsilon\mathrm{C};\ \mathrm{c_1}\epsilon\mathrm{C};\ \mathrm{t} \tag{22}$$

۳-۱۵- تعادل حجمی در مخازن ذخیره

تعادل حجمی برای هر مخزن ذخیره سازی بصورت زیر مطرح شده است:

$$\mathrm{Fst}_{s,t}^{tot} = \mathrm{Fst}_{s,t-1}^{tot} + \sum_{c\epsilon C} \mathrm{Fcst}_{c,s,t} - \sum_{c\epsilon C} \mathrm{Fstc}_{c,s,t} + \rho \mathrm{Fwpst}_{s,t}, \qquad s\epsilon S; t\epsilon T \quad (23)$$

$\mathrm{Fst}_{s,t}^{tot}$ جریان ورودی کل به هر مخزن ذخیره در طول دوره t است.، $\mathrm{Fst}_{s,t-1}^{tot}$ مجموع جریان ورودی هر مخزن ذخیره سازی در دوره t-1 است. $\mathrm{Fcst}_{c,s,t}$ جریان ارسال شده از هر محصول به هر مخزن ذخیره در دوره t است، $\mathrm{Fstc}_{c,s,t}$ جریان تجدید شده از مخازن ذخیره سازی به هر محصول در دوره t است. $\mathrm{Fwpst}_{s,t}$ آب رسوب شده در مخازن ذخیره در دوره t است .آب ذخیره شده قبل از اولین دوره زمان بصورت صفر تنظیم شده است.

$$\mathrm{Fst}_{s,t=0}^{tot} = 0, \qquad s\epsilon S \qquad (24)$$

لازم به ذکر است که مخازن ذخیره سازی توسط آب و کود تشکیل شده است .در این رابطه، عبارت بعدی به محاسبه کود در هر مخزن ذخیره سازی برای هر دوره زمانی اجازه می دهد:

$$\mathrm{Cfs}_{l.s.t}\mathrm{Fst}_{s,t}^{tot} = \mathrm{Cfs}_{l.s.t-1}\mathrm{Fst}_{s,t-1}^{tot} + \sum_{c\epsilon C} \mathrm{Cfc}_{l.c.t}^{out}\mathrm{Fcst}_{c,s,t} - \sum_{c\epsilon C} \mathrm{Cfs}_{l,s,t}\,\mathrm{Fstc}_{s,c,t}, \qquad s\epsilon S; t\epsilon T; l\epsilon L \qquad (25)$$

$\mathrm{Cfs}_{l.s.t}$ غلظت کودهای موجود در مخازن نگهداری در هر دوره زمانی است. رابطه زیر برای تعیین آب در مخازن ذخیره در هر دوره زمانی مورد نیاز است:

$$\mathrm{Fst}^{\mathrm{tot}}_{\mathrm{s,t}} - \sum_{\mathrm{l}\epsilon\mathrm{L}} \mathrm{Cfs}_{\mathrm{l,s,t}}\, \mathrm{Fst}^{\mathrm{tot}}_{\mathrm{s,t}} = \left(\mathrm{Fst}^{\mathrm{tot}}_{\mathrm{s,t-1}} - \sum_{\mathrm{l}\epsilon\mathrm{L}} \mathrm{Cfs}_{\mathrm{l,s,t}}\, \mathrm{Fst}^{\mathrm{tot}}_{\mathrm{s,t-1}} \right)$$

$$+ \left(\sum_{\mathrm{c}\epsilon\mathrm{C}} \mathrm{Fcst}_{\mathrm{c,s,t}} - \sum_{\mathrm{c}\epsilon\mathrm{C}} \sum_{\mathrm{l}\epsilon\mathrm{L}} \mathrm{Cfc}^{\mathrm{out}}_{\mathrm{l,c,t}}\, \mathrm{Fcst}_{\mathrm{c,s,t}} \right)$$

$$- \left(\sum_{\mathrm{c}\epsilon\mathrm{C}} \mathrm{Fstc}_{\mathrm{c,s,t}} - \sum_{\mathrm{c}\epsilon\mathrm{C}} \sum_{\mathrm{l}\epsilon\mathrm{L}} \mathrm{Cfs}_{\mathrm{l,s,t}}\, \mathrm{Fstc}_{\mathrm{s,c,t}} \right) + \rho \mathrm{Fwpst}_{\mathrm{s,t}}, \quad \mathrm{s}\epsilon\mathrm{S};\, \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \quad (26)$$

در معادله (۲۵) و (۲۶)، عبارت سمت چپ، نشان دهنده کود و آب در مخازن ذخیره در طول دوره t است، اولین عبارت سمت راست، نشان دهنده گونه ها در دوره t - 1 ، عبارت دوم سمت راست کود $\mathrm{Ffst}_{\mathrm{l,s,c,t}}$ و آب $\mathrm{Fwst}_{\mathrm{s,c,t}}$ است که از محصولات به مخزن ذخیره سازی در مدت زمان t ارسال می شود و مورد آخر کود $\mathrm{Ff}r\mathrm{t}_{\mathrm{l,s,c,t}}$ و آب $\mathrm{Fw}c\mathrm{t}_{\mathrm{s,c,t}}$ را نشان می دهد که از مخازن ذخیره سازی در طی دوره t به محصولات می رسد. از این رو متغیرهای زیر محاسبه می شوند:

$$\mathrm{Ffst}_{\mathrm{l,s,c,t}} = \mathrm{Cfs}_{\mathrm{l.s.t}} \mathrm{Fcst}_{\mathrm{l,s,c,t}}, \quad \mathrm{l}\epsilon\mathrm{L};\, \mathrm{s}\epsilon\mathrm{S};\, \mathrm{c}\epsilon\mathrm{C};\, ;\, \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \quad (27)$$

$$\rho\mathrm{Fwst}_{\mathrm{s,c,t}} = \mathrm{Fcst}_{\mathrm{s,c,t}} - \sum_{\mathrm{l}\epsilon\mathrm{L}} \mathrm{Cfs}_{\mathrm{l,s,t}}\, \mathrm{Fstc}_{\mathrm{s,c,t}} \quad \mathrm{s}\epsilon\mathrm{S};\, \mathrm{c}\epsilon\mathrm{C};\, ;\, \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \quad (28)$$

$$\mathrm{Ff}r\mathrm{t}_{\mathrm{l,s,c,t}} = \mathrm{Cfc}^{\mathrm{out}}_{\mathrm{l.c.t}} \mathrm{Fstc}_{\mathrm{c,s,t}}, \quad \mathrm{l}\epsilon\mathrm{L};\, \mathrm{c}\epsilon\mathrm{C};\, \mathrm{s}\epsilon\mathrm{S};\, \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \quad (29)$$

$$\rho\mathrm{Fw}c\mathrm{t}_{\mathrm{s,c,t}} = \mathrm{Fstc}_{\mathrm{c,s,t}} - \sum_{\mathrm{l}\epsilon\mathrm{L}} \mathrm{Cfc}^{\mathrm{out}}_{\mathrm{l,c,t}}\, \mathrm{Fstc}_{\mathrm{c,s,t}}, \quad \mathrm{c}\epsilon\mathrm{C};\, \mathrm{s}\epsilon\mathrm{S};\, \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \quad (30)$$

در این رابطه، جریان مجدد نهایی از مخزن ذخیره سازی به محصولات $\mathrm{Fstc}_{\mathrm{s,c,t}}$ و جریان کلی $\mathrm{Fcst}_{\mathrm{c,s,t}}$ از محصول به مخزن ذخیره سازی به شرح زیر تعیین می شود:

$$\mathrm{Fstc}_{\mathrm{s,c,t}} = \rho\mathrm{Fwct}_{\mathrm{s,c,t}} + \sum_{\mathrm{l}\epsilon\mathrm{L}} \mathrm{Ffrt}_{\mathrm{l,s,c,t}}, \quad \mathrm{s}\epsilon\mathrm{S};\, \mathrm{c}\epsilon\mathrm{C};\, ;\, \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \quad (31)$$

$$\mathrm{Fcst}_{c,s,t} = \rho \mathrm{Fwct}_{c,s,t} + \sum_{l \epsilon L} \mathrm{Ffrt}_{l,c,s,t}\,, \quad s \epsilon S; c \epsilon C; ; t \epsilon T \qquad (32)$$

۳-۱۶- تعادل حجمی در واحدهای تصفیه

لازم است برای نصب واحدهای تصفیه به منظور برآورده ساختن محدودیت های محیطی (نگاه کنید به شکل ۱)، جریان ورودی به هر واحد تصفیه در هر دوره زمانی $\mathrm{Ftu}_{u,t}^{tot}$ برابر با جریان های جداگانه از محصولات $\mathrm{Fctu}_{c,u,t}$ است و جریان خروجی به تخلیه زیست محیطی ارسال می شود. $\mathrm{Ftue}_{u,t}$ بنابراین، تعادل حجمی در هر واحد تصفیه به شرح زیر است:

$$\mathrm{Ftu}_{u,t}^{tot} = \sum_{c \epsilon C} \mathrm{Fctu}_{c,u,t} - \mathrm{Ftue}_{u,t}\,, \qquad u \epsilon U; t \epsilon T \qquad (33)$$

و تعادل مولفه برای کود بصورت زیر ارائه شده است:

$$\mathrm{Cft}_{l,u,t}^{in}\mathrm{Ftu}_{u,t} = \sum_{c \epsilon C} \mathrm{Cfc}_{l,c,t}^{out}\,\mathrm{Fctu}_{c,u,t} - \mathrm{Cfc}_{l,c,t}^{out}\mathrm{Ftue}_{u,t}, \qquad l \epsilon L; u \epsilon U; t \epsilon T \qquad (34)$$

$$\mathrm{Ftu}_{u,t} - \mathrm{Cft}_{l,u,t}^{in}\mathrm{Ftu}_{u,t} = \left(\sum_{c \epsilon C} \mathrm{Fctu}_{c,u,t} - \sum_{c \epsilon C} \mathrm{Cfc}_{l,c,t}^{out}\,\mathrm{Fctu}_{c,u,t}\right) - \left(\mathrm{Ftue}_{u,t} - \mathrm{Cft}_{l,u,t}^{out}\mathrm{Ftue}_{u,t}\right), \qquad l \epsilon L; u \epsilon U; t \epsilon T \qquad (35)$$

به طور مشابه به مقادیر (۲۵) و (۲۶)، از شرایط مقادیر (۳۴) و (۳۵) امکان تعیین مقدار کود و جریان آب($\mathrm{Ffctu}_{l,c,u,t}$ و $\mathrm{Fwctu}_{c,u,t}$) که از محصولات به هر واحد درمان منتقل می شود و کود و آب در جریان های جداگانه از واحدهای تصفیه به تخلیه زیست محیطی($\mathrm{Fftue}_{l,u,t}$ و $\mathrm{Fwtue}_{u,t}$) وجود دارد.

$$\mathrm{Ffctu}_{l,c,u,t} = \mathrm{Cfc}_{l,c,t}^{out}\mathrm{Fctu}_{c,u,t}, \quad l\epsilon L; c\epsilon C; u\epsilon U; t\epsilon T \tag{36}$$

$$\rho\mathrm{Fwctu}_{c,u,t} = \mathrm{Fctu}_{c,u,t} - \sum_{l\epsilon L} \mathrm{Cfc}_{l,c,t}^{out}\mathrm{Fctu}_{c,u,t}, \quad c\epsilon C; u\epsilon U; t\epsilon T \tag{37}$$

$$\mathrm{Fftue}_{l,u,t} = \mathrm{Cfc}_{l,c,t}^{out}\mathrm{Ftue}_{u,t}, \quad l\epsilon L; u\epsilon U; t\epsilon T \tag{38}$$

$$\rho\mathrm{Fwtue}_{u,t} = \mathrm{FTue}_{u,t} - \sum_{l\epsilon L} \mathrm{Cft}_{l,u,t}^{out}\,\mathrm{Ftue}_{u,t}, \quad u\epsilon U; t\epsilon T \tag{39}$$

بنابراین، جریان کل جریان که از محصولات به واحد های تصفیه ارسال می شود $\mathrm{Fctu}_{c,u,t}$ و جریان کل جدا شده از واحدهای تصفیه به تخلیه محیط زیست $\mathrm{Ftue}_{u,t}$ از روابط ریاضی بعدی محاسبه می شود:

$$\mathrm{Fctu}_{c,u,t} = \sum_{l\epsilon L} \mathrm{Ffctu}_{l,c,u,t} + \rho\mathrm{Fwctu}_{c,u,t}, \quad c\epsilon C; u\epsilon U; t\epsilon T \tag{40}$$

$$\mathrm{Ftue}_{u,t} = \sum_{l\epsilon L} \mathrm{Fftue}_{l,u,t} + \rho\mathrm{Fwtue}_{u,t}, \quad u\epsilon U; t\epsilon T \tag{41}$$

غلظت کود خروجی در واحدهای تصفیه با استفاده از کارایی هر یک از واحد های تصفیه برای حذف هر کود تعیین می شود $\eta_{l,u}^{rem}$

$$\mathrm{Cft}_{l,u,t}^{out} = \mathrm{Cft}_{l,u,t}^{in}\left(1 - \eta_{l,u}^{rem}\right), \quad l\epsilon L; u\epsilon U; t\epsilon T \tag{42}$$

۳-۱۷- تعادل حجمی در تخلیه محیط زیست

تخلیه زیست محیطی در هر دوره زمانی Fe_t بوسیله جریان خروجی جدا شده از محصولات تا تخلیه محیط زیست $\mathrm{Fce}_{c,t}$ و جریان از واحدهای تصفیه $\mathrm{Ftue}_{u,t}$تشکیل شده است:

$$\mathrm{Fe}_t = \sum_{c\epsilon C} \mathrm{Fce}_{c,t} + \sum_{u\epsilon U} \mathrm{Ftue}_{u,t}, \quad t\epsilon T \tag{43}$$

تعادل مولفه مربوطه به شرح زیر بیان شده است:

$$\mathrm{Cfe_{l,t}Fe_t} = \sum_{c\epsilon C} \mathrm{Cfc^{out}_{l,c,t}\,Fce_{c,t}} + \sum_{u\epsilon U} \mathrm{Cft^{out}_{l,u,t}\,Ftue_{u,t}}, \qquad l\epsilon L;\, t\epsilon T \qquad (44)$$

برای دستیابی به محدودیت های محیطی مربوط به کود، رابطه زیر لازم است

$$\mathrm{Cfe_{l,t}} \le \Omega^{\max}_{\mathrm{Cfe_{l,t}}}, \qquad l\epsilon L;\, t\epsilon T \qquad (45)$$

جایی که $\Omega^{\max}_{\mathrm{Cfe_{l,t}}}$ محدودیت بالایی برای غلظت هر کود در تخلیه زیست محیطی است.

۳-۱۸- تابع هدف

تابع هدف این است که به حداکثر رساندن سود سالانه(Proffit) ، که توسط فروش (Sr) منهای هزینه های عملیاتی (Copc) و سرمایه (Capc) تشکیل شده است

$$\mathrm{Proffit} = \mathrm{Sr} - \mathrm{Copc} - \mathrm{Capc} \qquad (46)$$

جایی که هزینه های عملیاتی و سرمایه به شرح زیر محاسبه می شود:

$$\mathrm{Copc} = \mathrm{Fwc} + \mathrm{Flc} + \mathrm{Pump^{op}} + \mathrm{Pip^{op}} + \mathrm{Swc^{op}} + \mathrm{Tuc^{op}} \qquad (47)$$

$$\mathrm{Copc} = \mathrm{Pump^{cap}} + \mathrm{Pip^{cap}} + \mathrm{Swc^{cap}} + \mathrm{Tuc^{cap}} \qquad (48)$$

در معادلات فوق، Fwcهزینه آب تازه است، Flcهزینه کود است، $\mathrm{Pump^{op}}$ هزینه عملیاتی برای پمپ، $\mathrm{Pip^{op}}$ هزینه عملیات لوله (به عنوان مثال نگهداری لوله)، $\mathrm{Swc^{op}}$ هزینه ذخیره سازی آب ، $\mathrm{Tuc^{op}}$ هزینه عملیاتی تصفیه ، $\mathrm{Pump^{cap}}$ هزینه سرمایه برای پمپ ها، $\mathrm{Pip^{cap}}$ هزینه سرمایه برای لوله ها، $\mathrm{Swc^{cap}}$ هزینه سرمایه برای ذخیره سازی، $\mathrm{Tuc^{cap}}$ هزینه سرمایه برای واحدهای تصفیه است. سپس، فروش به شرح زیر تعیین می شود:

$$\mathrm{Sr} = \sum_{c\epsilon C} \mathrm{Cu^{sl}_c\,P_c} \qquad (49)$$

جایی که Cu_c^{sl} واحد فروش قیمت محصولات است. در حالی که اصطلاحات ریاضیات برای محاسبه (Fwc وFlc و $Pump^{op}$ و Pip^{op} و Swc^{op}) و Tuc^{op} به صورت زیر استفاده می شود:

$$Fwc = \sum_{w\epsilon W}\sum_{c\epsilon C}\sum_{t\epsilon T} Cu_{w,t}^{op} Fwfs_{w,c,t} \quad (50)$$

$$Flc = \sum_{l\epsilon L}\sum_{c\epsilon C}\sum_{t\epsilon T} Cu_{l,t}^{op} Fff_{l,c,t} \quad (51)$$

$$Pump^{op} = H_Y \sum_{\substack{c\epsilon C\\ s\epsilon S\\ t\epsilon T}} Cu_{e,t}^{op} p_{c,s,t}^{kw} + H_Y \sum_{\substack{s\epsilon S\\ c\epsilon C\\ t\epsilon T}} Cu_{e,t}^{op} p_{s,c,t}^{kw} + H_Y \sum_{\substack{c\epsilon C\\ c_1\epsilon C\\ t\epsilon T}} Cu_{e,t}^{op} p_{c,c_1,t}^{kw} + H_Y \sum_{\substack{c\epsilon C\\ u\epsilon U\\ t\epsilon T}} Cu_{e,t}^{op} p_{c,c_1,t}^{kw} \quad (52)$$

$$Pip^{op} = H_Y \sum_{\substack{c\epsilon C\\ s\epsilon S\\ t\epsilon T}} Cu_{p,t}^{op} Fcst_{c,s,t} + H_Y \sum_{\substack{s\epsilon S\\ c\epsilon C\\ t\epsilon T}} Cu_{p,t}^{op} Fsct_{s,c,t} + H_Y \sum_{\substack{c,c_1\epsilon C\\ t\epsilon T}} Cu_{p,t}^{op} Fcc_{c,c_1,t} + H_Y \sum_{\substack{c\epsilon C\\ u\epsilon U\\ t\epsilon T}} Cu_{p,t}^{op} Fctu_{c,u,t} \quad (53)$$

$$Swc^{op} = H_Y \sum_{\substack{s\epsilon S\\ t\epsilon T}} Cu_{s,t}^{op} Fst_{s,t}^{tot} \quad (54)$$

$$Tuc^{op} = H_Y \sum_{\substack{u\epsilon U\\ t\epsilon T}} Cu_{u,t}^{op} Ftu_{u,t}^{tot} \quad (55)$$

H_Y در زمان عملیاتی سالانه، Cu هزینه واحد برای مواد مختلف (آب شیرین، کود و برق) و نگهداری (خطوط لوله، مخازن ذخیره و واحدهای تصفیه)، P^{kw} مصرف انرژی برای پمپ مورد استفاده برای حمل و نقل آب بین مولفه های فرآیند (محصولات، مخازن ذخیره سازی و واحدهای تصفیه) است. H_Y و $P^{kw}_{c.s,t}$ و $P^{kw}_{s,c,t}$ و $P^{kw}_{c,c_1,t}$ ، همچنین $P^{kw}_{c.u,t}$ توسط روابط زیر تعیین شده است:

$$H_Y = \sum_{\substack{c\epsilon C \\ t\epsilon T}} \frac{Ti_{c,t}}{NUMPT} \qquad (56)$$

$$P^{kw}_{c.s,t} = 1 \times 10^{-3} \frac{g}{gc} \left[\frac{(Fcst_{c,s,t}/3600 Ti_{c,t})(He_{c.s} + 3.048)}{\eta^{pu}_{c,s}} \right] \qquad (57)$$

$$P^{kw}_{s,c,t} = 1 \times 10^{-3} \frac{g}{gc} \left[\frac{(Fcst_{s,c,t}/3600 Ti_{c,t})(He_{s,c} + 3.048)}{\eta^{pu}_{s,c}} \right] \qquad (58)$$

$$P^{kw}_{c,c_1,t} = 1 \times 10^{-3} \frac{g}{gc} \left[\frac{(Fcc_{c,c_1,t}/3600 Ti_{c,t})(He_{c.c_1} + 3.048)}{\eta^{pu}_{c,c_1}} \right] \qquad (59)$$

$$P^{kw}_{c.u,t} = 1 \times 10^{-3} \frac{g}{gc} \left[\frac{(Fctu_{c,u,t}/3600 Ti_{c,t})(He_{c.u} + 3.048)}{\eta^{pu}_{c,u}} \right] \qquad (60)$$

NUMPT یک مقیاس است که برای نشان دادن تعداد دوره های زمانی مورد استفاده قرار گرفته است. η^{pu} راندمان پمپ برای ارسال آب بین مولفه های فرایند است. He ارتفاع معادل بین مولفه های فرایند است، gشتاب به دلیل گرانش و gc عامل تبدیل مرتبط با شتاب به دلیل گرانش است.

بنابراین، لازم است شرایط $Pump^{cap}$ ، Pip^{cap}, Swc^{cap} و Tuc^{cap} به شرح زیر محاسبه شود:

$$\mathrm{Pump}^{\mathrm{cap}}$$

$$= \mathrm{K_F}\left[\sum_{\substack{c\epsilon C\\ s\epsilon S}} z_{c,s}^{pu}\mathrm{Cf}_{c,s}^{pu} + \sum_{\substack{c\epsilon C\\ s\epsilon S}} \mathrm{Cv}_{c,s}^{pu}\,(\mathrm{Fcst}_{c,s}^{capc,pu})^{\alpha}\right.$$

$$+ \sum_{\substack{s\epsilon S\\ c\epsilon C}} z_{s,c}^{pu}\mathrm{Cf}_{s,c}^{pu} + \sum_{\substack{s\epsilon S\\ c\epsilon C}} \mathrm{Cv}_{s,c}^{pu}(\mathrm{Fsct}_{s,c}^{capc,pu})^{\alpha}$$

$$+ \sum_{\substack{c\epsilon C\\ c_1\epsilon c}} z_{c,c_1}^{pu}\mathrm{Cf}_{c,c_1}^{pu} + \sum_{\substack{c\epsilon C\\ c_1\epsilon c}} \mathrm{Cv}_{c,c_1}^{pu}(\mathrm{Fcc}_{c,c_1}^{capc,pu})^{\alpha} + \sum_{\substack{c\epsilon C\\ u\epsilon U}} z_{c,u}^{pu}\mathrm{Cf}_{c,u}^{pu}$$

$$\left.+ \sum_{\substack{c\epsilon C\\ u\epsilon U}} \mathrm{Cv}_{c,u}^{pu}(\mathrm{Fctu}_{c,u}^{capc,pu})^{\alpha}\right] \qquad (61)$$

$$\mathrm{Pip}^{\mathrm{cap}}$$

$$= \mathrm{K_F}\left[\sum_{\substack{c\epsilon C\\ s\epsilon S}} z_{c,s}^{pip}\mathrm{Cf}_{c,s}^{pip} + \sum_{\substack{c\epsilon C\\ s\epsilon S}} \mathrm{Cv}_{c,s}^{pip}\,\frac{\mathrm{Fcst}_{c,s}^{capc,pip}\mathrm{D}_{c,s}^{1}}{3600\mathrm{pv}_{c,s}}\right.$$

$$+ \sum_{\substack{s\epsilon S\\ c\epsilon C}} z_{s,c}^{pip}\mathrm{Cf}_{s,c}^{pip} + \sum_{\substack{s\epsilon S\\ c\epsilon C}} \mathrm{Cv}_{s,c}^{pip}\,\frac{\mathrm{Fcst}_{s,c}^{capc,pip}\mathrm{D}_{s,c}^{2}}{3600\mathrm{pv}_{s,c}}$$

$$+ \sum_{\substack{c\epsilon C\\ c_1\epsilon c}} z_{c,c_1}^{pip}\mathrm{Cf}_{c,c_1}^{pip} + \sum_{\substack{c\epsilon C\\ c_1\epsilon c}} \mathrm{Cv}_{c,c_1}^{pip}\,\frac{\mathrm{Fcc}_{c,c_1}^{capc,pip}\mathrm{D}_{c,c_1}^{3}}{3600\mathrm{pv}_{c,c_1}} + \sum_{\substack{c\epsilon C\\ u\epsilon U}} z_{c,u}^{pip}\mathrm{Cf}_{c,u}^{pip}$$

$$\left.+ \sum_{\substack{c\epsilon C\\ u\epsilon U}} \mathrm{Cv}_{c,u}^{pip}\,\frac{\mathrm{Fctu}_{c,u}^{capc,pip}\mathrm{D}_{c,u}^{4}}{3600\mathrm{pv}_{c,u}}\right] \qquad (62)$$

$$\mathrm{Swc}^{\mathrm{cap}} = \mathrm{K_F}\left[\sum_{s\epsilon S} z_{s}^{sw}\mathrm{Cf}_{s}^{sw} + \sum_{s\epsilon S} \mathrm{Cv}_{s}^{sw}\left(\mathrm{Fst}_{s}^{capc}\right)^{\alpha}\right] \qquad (63)$$

$$\mathrm{Tuc}^{\mathrm{cap}} = \mathrm{K_F}\left[\sum_{\mathrm{u}\epsilon\mathrm{U}} \mathrm{z}_{\mathrm{u}}^{\mathrm{tu}}\mathrm{Cf}_{\mathrm{u}}^{\mathrm{tu}} + \sum_{\mathrm{u}\epsilon\mathrm{U}} \mathrm{Cv}_{\mathrm{u}}^{\mathrm{tu}}\left(\mathrm{Ftu}_{\mathrm{u}}^{\mathrm{capc}}\right)^{\alpha}\right] \qquad (64)$$

جایی که Cf هزینه ثابت واحدهای و لوازم جانبی (پمپ، مخزن ذخیره سازی، واحد های تصفیه و خطوط لوله)، Cv هزینه متغیر واحد و لوازم جانبی، D فاصله بین واحدها، z یک متغیربااینری است که برای مدل سازی واحدها و لوازم جانبی وجود دارد، V سرعت است، وα یک شاخص برای تابع هزینه های سرمایه ای است که برای اقتصاد مقیاس در نظر گرفته شده است، و$\mathrm{K_F}$ عامل مورد استفاده برای سالانه سازی تبدیل است .آخرین مقدار بستگی به نرخ بهره کسری در هر سال (m)و تعداد سالهای عملیات (n) دارد:

$$\mathrm{K_F} = \frac{\mathrm{m}(1+\mathrm{m})^{\mathrm{n}}}{(1+\mathrm{m})^{\mathrm{n}} - 1} \qquad (65)$$

در نهایت، برای مدل سازی وجود یا عدم وجود مخازن ذخیره سازی، روابط منطقی زیر لازم است

$$\frac{\mathrm{Fst}_{\mathrm{s,t}}^{\mathrm{tot}}}{\rho} \leq \mathrm{Fst}_{\mathrm{s}}^{\mathrm{capc}} \qquad \mathrm{s}\epsilon\mathrm{S};\ \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \qquad (66)$$

$$\mathrm{Fst}_{\mathrm{s}}^{\mathrm{capc}} \leq \mathrm{Z}_{\mathrm{s}}^{\mathrm{sw}}\Omega_{\mathrm{Fst}}^{\mathrm{max}}, \qquad \mathrm{s}\epsilon\mathrm{S} \qquad (67)$$

به همان شیوه، وجود واحد های فرآیند باقیمانده همچون خطوط لوله به شرح زیر تعیین می شوند:

واحدهای تصفیه

$$\frac{\mathrm{Ftu}_{\mathrm{u,t}}^{\mathrm{tot}}}{\rho} \leq \mathrm{Ftu}_{\mathrm{u}}^{\mathrm{capc}}, \qquad \mathrm{u}\epsilon\mathrm{U};\ \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T} \qquad (68)$$

$$\mathrm{Ftu}_{\mathrm{u,t}}^{\mathrm{capc}} \leq \mathrm{Z}_{\mathrm{u}}^{\mathrm{tu}}\Omega_{\mathrm{Ftu}}^{\mathrm{max}} \qquad \mathrm{u}\epsilon\mathrm{U} \qquad (69)$$

پمپ های آب و خطوط لوله برای ارسال جریان از محصولات زراعی به سایر محصولات استفاده می شود:

$$Fcc_{c,c_1,t} \leq FCC_{c,c_1}^{capc,pu} \qquad c, c_1 \epsilon C; t \epsilon T \qquad (70)$$

$$FCC_{c,c_1}^{capc,pu} \leq Z_{c,c_1}^{pu} \Omega_{Fcc}^{max,pu}, \qquad c, c_1 \epsilon C \qquad (71)$$

$$\frac{Fcc_{c,c_1,t}}{\rho Ti_{c,t}} \leq FCC_{c,c_1}^{capc,pip}, \qquad c, c_1 \epsilon C; t \epsilon T \qquad (72)$$

$$FCC_{c,c_1}^{capc,pip} \leq Z_{c,c_1}^{pip} \Omega_{Fcc}^{max,pip}, \qquad c, c_1 \epsilon C \qquad (73)$$

$$Z_{c,c_1}^{pu} = Z_{c,c_1}^{pip}, \qquad c, c_1 \epsilon C \qquad (74)$$

پمپ های آب و خطوط لوله برای ارسال جریان از مخازن ذخیره سازی به محصولات استفاده می شود:

$$Fstc_{s,c,t} \leq Fstc_{s,c}^{capc,pu}, \qquad s \epsilon S; c \epsilon C; t \epsilon T \qquad (75)$$

$$Fstc_{s,c}^{capc,pu} \leq Z_{s,c}^{pu} \Omega_{Fstc}^{max,pu}, \qquad s \epsilon S; c \epsilon C \qquad (76)$$

$$\frac{Fstc_{c,s,t}}{\rho Ti_{c,t}} \leq Fstc_{s,c}^{capc,pip}, \qquad c, c_1 \epsilon C; t \epsilon T \qquad (77)$$

$$Fstc_{s,c}^{capc,pip} \leq Z_{s,c}^{pip} \Omega_{Fstc}^{max,pip}, \qquad s \epsilon S; c \epsilon C \qquad (78)$$

$$Z_{s,c}^{pu} = Z_{s,c}^{pip}, \qquad s \epsilon S; c \epsilon C \qquad (79)$$

پمپ های آب و خطوط لوله برای ارسال جریان ازمحصولات به مخازن ذخیره سازی استفاده می شود:

$$Fcst_{c,s,t} \leq Fcst_{c,s}^{capc,pu}, \qquad c \epsilon C; s \epsilon S; t \epsilon T \qquad (80)$$

$$Fcst_{s,c}^{capc,pu} \leq Z_{c,s}^{pu} \Omega_{Fcst}^{max,pu}, \qquad c \epsilon C; s \epsilon S \qquad (81)$$

$$\frac{Fcst_{c,s,t}}{\rho Ti_{c,t}} \leq Fcst_{c,s}^{capc,pip}, \qquad c \epsilon C; s \epsilon S; t \epsilon T \qquad (82)$$

$$\mathrm{Fcst}_{c,s}^{capc,pip} \le Z_{c,s}^{pip}\Omega_{Fcst}^{max,pip}, \qquad c\epsilon C; s\epsilon S \qquad (83)$$

$$Z_{c,s}^{pu} = Z_{c,s}^{pip}, \qquad c\epsilon C; s\epsilon S \qquad (84)$$

پمپ های آب و خطوط لوله برای ارسال جریان ازمحصولات به واحدهای تصفیه استفاده می شود:

$$\mathrm{Fctu}_{c,u,t} \le \mathrm{Fctu}_{c,u}^{capc,pu}, \qquad c\epsilon C; u\epsilon U; t\epsilon T \qquad (85)$$

$$\mathrm{Fctu}_{c,u}^{capc,pu} \le Z_{c,u}^{pu}\Omega_{Fctu}^{max,pu}, \qquad c\epsilon C; u\epsilon U \qquad (86)$$

$$\frac{\mathrm{Fctu}_{c,u,t}}{\rho \mathrm{Ti}_{c,t}} \le \mathrm{Fctu}_{c,u}^{capc,pip}, \qquad c\epsilon C; u\epsilon U; t\epsilon T \qquad (87)$$

$$\mathrm{Fctu}_{c,u}^{capc,pip} \le Z_{c,u}^{pip}\Omega_{Fcst}^{max,pip}, \qquad c\epsilon C; u\epsilon U \qquad (88)$$

$$Z_{c,u}^{pu} = Z_{c,u}^{pip}, \qquad c\epsilon C; u\epsilon U \qquad (89)$$

جایی که Ω^{max} حداکثر حد مجاز برای ظرفیت فرایندهای مختلف و خطوط لوله است، $capc$ به معنای ظرفیت برای واحدهای فرایند مختلف و خطوط لوله است، و z یک متغیر باینری است. آخرین معادله برابر با موردی است که واحد فرایند مربوط و خطوط لوله برای پیکربندی بهینه انتخاب می شود. در غیر این صورت، این برابر با صفر است.

۳-۱۹- اظهارات

الف: نوآوری این دست نوشته شامل پیشنهاد یک فرمول جدید برای تصمیم گیری برای حل یک مسئله بسیار مهم است. استفاده از آب در کشاورزی یک مشکل جهانی است، زیرا این فعالیت نشان دهنده بالاترین مصرف کننده آب است. بنابراین توسعه و پیاده سازی تکنیک های یکپارچه سازی برای حل این مشکل، یک مساله جذاب است .علاوه بر این، بهینه سازی پیشنهادی برای مولکول می تواند برای تصمیم گیرندگان برای استفاده مناسب از آب در کشاورزی استفاده شود .لازم به ذکر است که در حال حاضر به هیچ وجه هیچ گونه مشارکت مشابهی گزارش نشده است.

(ب) مدل توسعه یافته به طور همزمان استفاده، استفاده مجدد و بازیافت آب و کود در کشاورزی را در نظر می گیرد .با توجه به بررسی آب مصرف شده و کودها محصول ارائه می شود.

پ) با مدل پیشنهادی، ممکن است سناریوهای مختلف نشان داده و حل شود. به عنوان مثال، کمبود آب، آب نامحدود در دسترس، با یکپارچگی یا بدون یکپارچگی مستقیم و یا غیرمستقیم.

ت) وجود یا عدم وجود واحدهای تصفیه به طور همزمان برای آبیاری محصول مدلسازی می شود .به این ترتیب، محدودیت های محیطی را می توان در نظر گرفت.

ث) افت فشار در خطوط لوله نیزشامل می شود.

ج) انواع مختلف خاک و محصولات را می توان به طور همزمان درنظر گرفت.

چ) هزینه سرمایه ای مربوط به تجهیزات و لوازم جانبی سیستم شامل هزینه های ثابت و متغیر است.

ح) بین شبکه های آب صنعتی و کشاورزی چندین تفاوت وجود دارد .ابتدا آلاینده ها بسیار متفاوت هستند و پس از آن روش های پساب تصفیه شده متفاوت است ولی دوره های مختلف فعالیت های مختلف متفاوت است .علاوه بر این، گزینه هایی برای به دست آوردن آب شیرین اضافی متفاوت است . بنابراین، در اینجا، فرمولبندی پیشنهادی برای طراحی شبکه های آب در کشاورزی مورد نیاز است، زیرا شبکه های آبرسانی صنعتی نمی توانند برای حل این مشکل استفاده شوند.

فصل چهارم:

تجزیه و تحلیل یافته های تحقیق

مقدمه

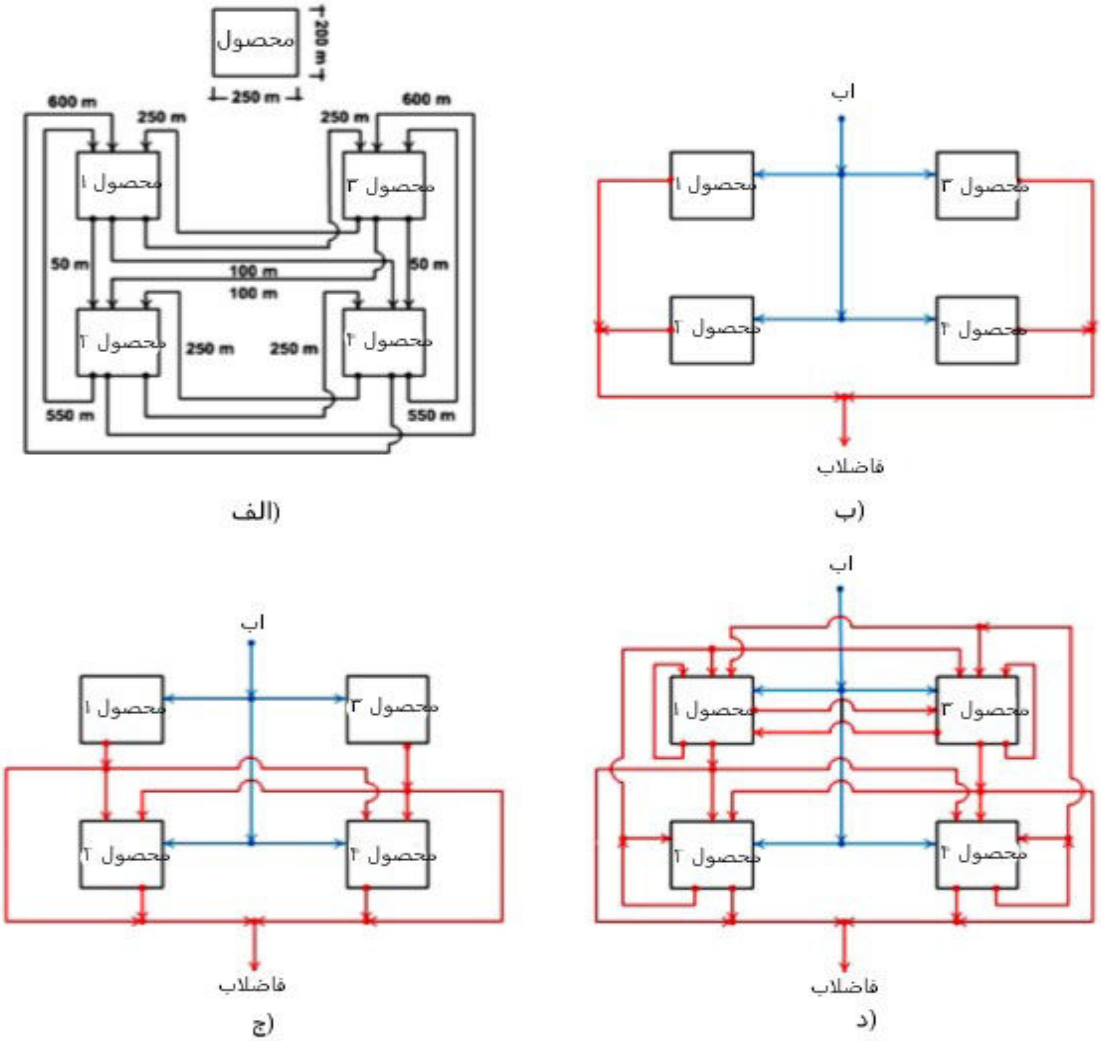
یکی از موارد مورد مطالعه در سناریوها و شرایط مختلف برای نشان دادن کاربرد فرمول بهینه سازی پیشنهاد شده پیش بینی شده است .در این مورد، چهار مزرعه برای کشت ذرت مورد بررسی قرار می گیرند که توزیع آن در شکل ۴-۱ (الف) نشان داده شده است و برای هر دوره آبیاری در نظر گرفته شده است .همبستگی های گزارش شده توسط مارتینز و همکاران (۲۰۰۲) برای سیستم های آبیاری سیلابی استفاده می شود (جدول4-2) همچنین، جدول 4-1 داده های مربوط به پارامترهای اقتصادی و عملیاتی که در راه حل این مطالعه مورد استفاده قرار می گیرند، نشان می دهد که ۱۵۰ تن ذرت به عنوان تولید حداقل برای این محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است .علاوه بر این، رسوب آب و افزایش مویگی سطح آب در نظر گرفته نشده است .در حالی که آب تعریقی تبخیری بصورت ۲.۵٪ از عمق آب بررسی شده است.

این مثال حل شده بررسی می کند که آب شیرین نامحدود برای آبیاری وجود دارد (مورد الف) و محدودیت هایی برای در دسترس بودن آب شیرین همانطور که در جدول 4-2 نشان داده شده است (مورد ب) وجود دارد .هر یک از موارد فوق در سناریوهای زیر حل می شود:

سناریو ۱ (بدون یکپارچگی): مثال بدون در نظر گرفتن یکپارچگی آب یعنی تحت طرح سنتی آبیاری حل شده است؛ که در آن فقط آب تازه و کود استفاده می شود. این مساله در شکل ۴-۱ (ب) نشان داده شده، که در آن هر گونه تعامل بین میدان های مختلف گنجانده شده است .بنابراین لازم است که تمامی متغییرهای باینری مربوط به جریان جابجایی توزیع برابر صفر ثابت شود. ($\mathrm{Z}_{\mathrm{c,c_1}}^{\mathrm{pu}}$, $\mathrm{Z}_{\mathrm{s,c}}^{\mathrm{pu}}$, $\mathrm{Z}_{\mathrm{c,s}}^{\mathrm{pu}}$, $\mathrm{Z}_{\mathrm{c},u}^{\mathrm{pu}}$)

سناریو ۲ (یکپارچگی گرانش مستقیم): این مثال با توجه به بررسی یکپارچگی مستقیم بین محصولات و بدون تجهیزات اضافی پمپاژ حل شده است. به عبارت دیگر، مخازن ذخیره سازی،

واحدهای تصفیه و تجهیزات پمپاژ در فرمول سازی تئوری سازی در نظر گرفته نمی شوند .این بدان معنی است که تبادل آب در مواردی که گرانش اجازه می دهد، کاهش می یابد .به طور خاص، در این مورد مطالعه، مبادلات ممکن است از محصول ۱ به محصول ۲ و ۴، و به طور مشابه از محصول ۳ به محصول ۲ و ۴ باشد. (نگاه کنید به شکل ۴-۱ ج) بنابراین، تمام متغیرهای دوتایی، با وجود تراوایی از مخازن نگهداری به محصولات $Z_{s,c}^{pu}$، از محصولات به مخازن ذخیره $Z_{c,s}^{pu}$, از محصولات تا واحدهای تصفیه $Z_{c,u}^{pu}$, و از محصولات زراعی به سایر محصولات Z_{c,c_1}^{pu} صفر هستند. به استثنای $Z_{1,2}^{pu}$, $Z_{1,4}^{pu}$, $Z_{3,2}^{pu}$, $Z_{3,4}^{pu}$که می تواند صفر باشد یا به نوع بهینه سازی بستگی داشته باشد.



شکل۴-۱- توزیع محصول الف و سناریوها (ب،ج،د) برای مثال

جدول ۴-۱- : پارامترهای اقتصادی و عملیاتی مثال

پارامتر	ارزش	پارامتر	ارزش	پارامتر	ارزش	پارامتر	ارزش
Qwcin c,t (m3/h)	۱۰۸	$He_{3,3}$ (m)	۱۰	$D^1_{2,1}$(m)	۴۰۰	$D^2_{3,3}$ (m)	۳۵۰
Ac (ha)	۵	$He_{3,4}$ (m)	۰	$D^1_{2,2}$(m)	۱۰۰	D23,4 (m)	۲۰۰
η_c^{st}	۱	$He_{4,1}$ (m)	۱۰	$D^1_{2,3}$(m)	۴۰۰	D24,1 (m)	۸۰۰
η_c^{cu}	۰	$He_{4,2}$ (m)	۱۰	$D^1_{2,4}$(m)	۴۰۰	D24,2 (m)	۴۵۰
$\eta_{l,c}^{abc}$	۰/۶۵	$He_{4,3}$ (m)	۱۰	$D^1_{3,1}$(m)	۴۰۰	D24,3 (m)	۶۵۰
$\eta_{l,u}^{rem}$	۰/۹۵	$He_{4,4}$ (m)	۱۰	$D^1_{3,2}$(m)	۴۰۰	D24,4 (m)	۳۵۰
Cu_c^{sl}(US$/ton)	۴۰۰	Cf^{pu} (US$)	۱۷۱۲	$D^1_{3,3}$(m)	۱۰۰	D31,1 (m)	۲۵۰
$Cu_{w,t}^{op}$(US$/m^3)	۰/۰۱۵	Cv^{pu} (US$/m^3)	۰	$D^1_{3,4}$(m)	۴۰۰	D31,2 (m)	۵۰
$Cu_{l,t}^{op}$(US$/kg)	۰/۳۱۱۳	α	۰/۸	$D^1_{4,1}$(m)	۴۰۰	D31,3 (m)	۲۵۰
$Cu_{e,t}^{op}$(US$/kWh)	۰/۰۷۶	Cf^{pip} (US$)	۲۵۰	$D^1_{4,2}$(m)	۴۰۰	D31,4 (m)	۱۰۰
$Cu_{p,t}^{op}$(US$/kg)	۰	Cv^{pip} (US$/m^3/h)	۷۲۰۰	$D^1_{4,3}$(m)	۴۰۰	D32,1 (m)	۵۵۰
$Cu_{s,t}^{op}$(US$/kg)	۰	Cf_s^{sw} (US$)	۶۱۳/۱	$D^1_{4,4}$(m)	۱۰۰	D32,2 (m)	۲۵۰
$Cu_{u,t}^{op}$(US$/kg)	۰	Cf_s^{sw} (US$/m^3)	۶۳/۳	$D^2_{1,1}$(m)	۳۵۰	D32,3 (m)	۶۰۰
η^{pu}	۰/۶۰	n (number of years)	۵	$D^2_{1,2}$(m)	۲۰۰	D32,4 (m)	۲۵۰
$He_{c,s}$ (m)	۱۰	m (fractional)	۰/۰۵	$D^2_{1,3}$(m)	۴۵۰	D33,1 (m)	۲۵۰
$He_{s,c}$ (m)	۱۰	Ω_{Fst}^{max}(m^3)	۲۰.۰۰۰	$D^2_{1,4}$(m)	۳۵۰	D33,2 (m)	۱۰۰
$He_{c,u}$ (m)	۱۰	Ω_{Ftu}^{max} (m^3)	۲۰.۰۰۰	$D^2_{2,1}$(m)	۶۵۰	D33,3 (m)	۲۵۰
$He_{1,1}$ (m)	۱۰	$\Omega^{max,pu}$(kg)	۱۵×۱۰^۳	$D^2_{2,2}$(m)	۳۵۰	D33,4 (m)	۵۰
$He_{1,2}$ (m)	۰	$\Omega^{max,pu}$ (m^3/h)	۳۰۰	$D^2_{2,3}$(m)	۸۰۰	D34,1 (m)	۶۰۰
$He_{1,3}$ (m)	۱۰	$D^1_{1,1}$(m)	۱۰۰	$D^2_{2,4}$(m)	۴۵۰	D34,2 (m)	۲۵۰
$He_{1,4}$ (m)	۰	$D^1_{1,2}$(m)	۴۰۰	$D^2_{3,1}$(m)	۴۵۰	D34,3 (m)	۵۵۰
$He_{2,1}$ (m)	۱۰	$D^1_{1,3}$(m)	۴۰۰	$D^2_{3,2}$(m)	۳۵۰	D34,4 (m)	۲۵۰
$He_{3,2}$ (m)	۰	$D^1_{1,4}$(m)	۴۰۰				

جدول ۴-۲-: قابلیت دسترسی به آب برای موارد الف و ب

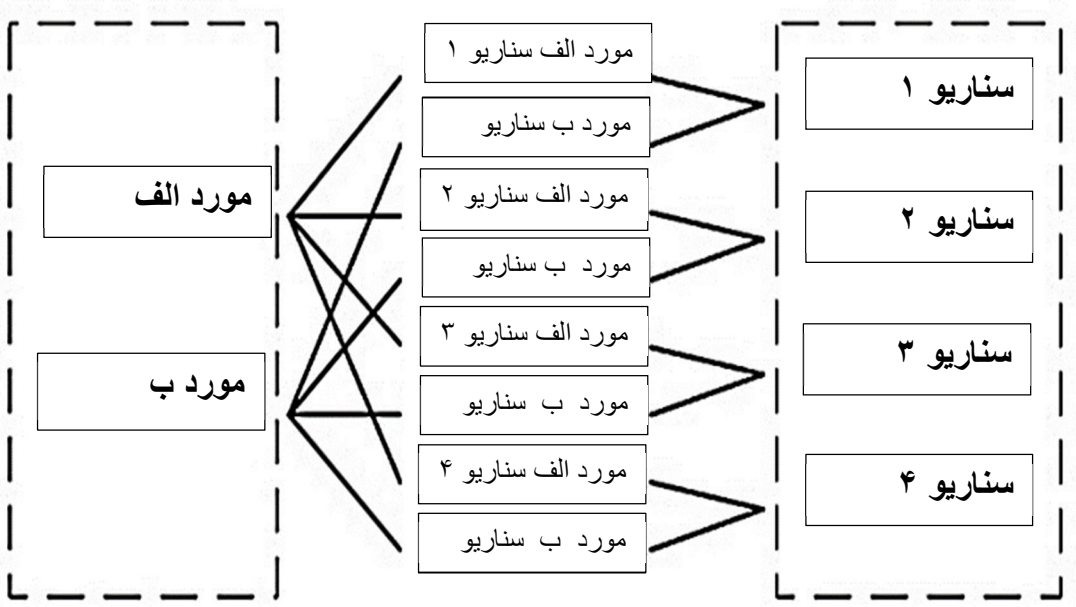
قابل دسترس بودن اب شیرین(متر مکعب)		دوره
مورد ب	مورد الف	
۶۰.۰۰۰	کافی	۱
۲۲.۰۰۰	کافی	۲
۲۰.۰۰۰	کافی	۳
۲۰.۰۰۰	کافی	۴
۲۰.۰۰۰	کافی	۵

سناریو ۳ (یکپارچگی مستقیم با پمپاژ): مثال بدون تانکر های ذخیره سازی و واحدهای تصفیه حل شده است. با این حال، دستگاه های پمپاژ گزینه های بهینه سازی فرمول بندی هستند؛ بنابراین، تبادل آب بین تمام محصولات، بدون توجه به موقعیت آنها مجاز است. به این معنا، تنظیمات ممکن است در این سناریو در شکل ۴-۱ (د) نشان داده شده باشد. پس برای مدلسازی این سناریو، متغیرهای باینری مربوط به وجود مخازن ذخیره سازی Z_u^{tu} وهمچنین واحدهای تصفیه Z_u^{tu} باید با صفر ثابت شود.

سناریو ۴ (یکپارچگی غیر مستقیم): مثال شامل تمام تنظیمات ارائه شده در ساختار پیشنهادی (شکل ۱-۱) به جز واحدهای تصفیه است. به عبارت دیگر، این سناریو وجود تبادل آب بین تمام محصولات، و بین مخازن ذخیره سازی و محصولات را فراهم می کند. از آنجا که واحد های تصفیه بررسی نشده است، پس لازم است که متغیرهای باینری مربوط به واحدهای تصفیه برابر با صفر Z_u^{tu} ثابت شود.

در نهایت، شکل ۴-۲ موقعیت مورد نظر برای راه حل های مثال ۱ را ارائه می دهد. همچنین نتایج برای مورد الف در جدول ۴-۳ ارائه شده است. توجه داشته باشید که از جدول ۴-۳ سناریوهای مورد بحث می تواند بصورت موارد: الف) اقتصادی (سود و هزینه کل سالانه)، (ب) محیط زیست (تقاضا و

تخلیه آب و کود) (ج) اجتماعی (تولید ذرت) و (د) مسائل محاسباتی (تعداد معادلات و زمان محاسباتی برای اجرا) مقایسه شود. در این معنا، جنبه های ذکر شده به شرح زیر است:



شکل ۴-۲- سناریوها برای حل مثال ۱

۴-۱- تجزیه و تحلیل مورد الف برای مثال

جدول ۴-۳- توصیف هزینه کلی سالانه مورد الف

	مورد الف : اب		
	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳و۴
سود(سال/دلار)	۵۸.۲۳۰	۶۰.۱۵۴	۶۰.۲۴۹
فروش محصولات	۶۸.۵۲۱	۶۸.۵۲۱	۶۸.۵۲۱
هزینه نهایی سالانه	۱۰.۲۹۲	۸۳۶۷	۸۲۷۲
هزینه سرمایه	۰	۱۱۹	۱۰۳۶
هزینه عملیاتی	۱۰.۲۹۲	۸۲۴۸	۷۲۳۶
هزینه آب شیرین	۳۵۲۴	۲۶۶۵	۱۸۰۶
هزینه کود	۶۷۶۷	۵۵۸۳	۴۳۹۹
هزینه پمپ	-	۰	۱۸۲۲
هزینه عملیاتی پمپاژ	-	-	۱۰۳۱

هزینه سرمایه پمپاژ	-	-	۷۹۱
هزینه لوله کشی	-	۱۱۹	۲۴۶
هزینه عملیاتی لوله کشی	-	۰	۰
هزینه سرمایه لوله کشی	-	۱۱۹	۲۴۶
هزینه ذخیره سازی آب	-	۰	۰
هزینه تصفیه	-	۰	۰
آب شیرین مورد تقاضا	۲۳۴.۹۴۵	۱۷۷.۶۷۷	۱۲۰.۴۰۹
مصرف انرژی	۰	۰	۳۱
کود تازه مورد تقاضا	۱۰.۰۰۰	۸۲۵۰	۶۵۰۰
تخلیه آب محیط زیست	۱۱۴.۵۳۶	۵۷.۲۶۸	۰
تخلیه کود محیط زیست	۳۵۰۰	۱۷۵۰	۰
تعداد محصولات	۴	۴	۴
تعداد پمپ ها	۰	۰	۲
تعداد لوله ها	۰	۲	۴
محصول در هر هکتار	۸.۶	۸.۶	۸.۶
محصول کلی	۱۷۱	۱۷۱	۱۷۱
تعداد معادلات	۳۱۹	۸۲۸	۸۵۰
متغییرهای پیوسته	۳۰۸	۶۷۷	۷۵۹
متغییر های باینری	۰	۰	۱۶
Cpu (s)	۳	۲۳	۶۶.۵

(الف) اقتصاد: با توجه به سود سالیانه به علت فروش محصولات، سناریوهای ۳ و ۴ با سود ۶۰،۲۴۹ دلار نشان دهنده بالاترین سود است، در حالی که سناریوهای ۱ و ۲ سود ۶۰،۱۵۴ دلار و ۵۸،۲۳۰ دلار را به ترتیب نشان می دهند. در این زمینه با مقایسه سناریو ۴ با توجه به سناریوهای ۱ و ۲،

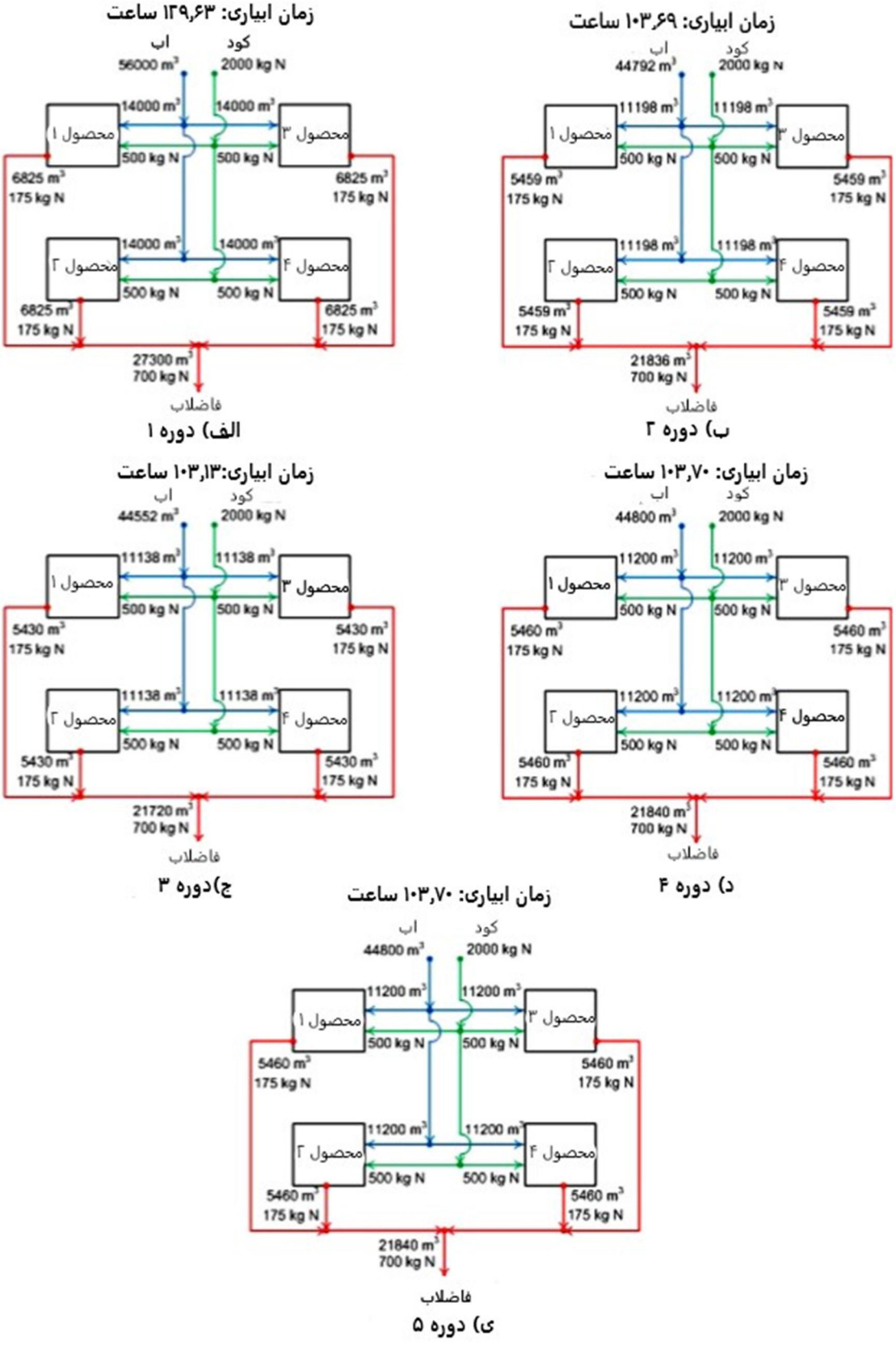
افزایش سود به ترتیب ۲۰۳۷ دلار و ۱۱۳ دلار است. این افزایش در سناریو ۲ به دلیل کاهش ۳۲٪ در هزینه آب شیرین و ۲۱٪ در هزینه کود است. همچنین، در مورد سناریوهای ۱ و ۲، صرفه جویی در سناریو ۴ مربوط به تقاضای آب شیرین و کود ۵۰٪ و ۳۵٪ به ترتیب هستند. با این حال، برای رسیدن به این پس انداز، یک سرمایه گذاری سالیانه ۱۰۳۷ دلاری برای نصب لوله ها و پمپ لازم است. بر اساس بحث فوق، ممکن است بگویند که برای این مثال بهبود در شرایط اقتصادی بدست آمده از یکپارچگی توده ای (آب و کود) اساسی نیست. با این حال، کاهش آب و کود تازه با توجه به یکپارچگی حجمی قابل توجه است.

(ب) محیط زیست: جنبه های زیست محیطی بصورت آب شیرین مصرفی و کود و همچنین تخلیه زیست محیطی مورد بحث قرار گرفته است. به این معنا، همانطور که در جدول ۴-۳ دیده می شود، سناریو ۴ اجازه می دهد ۵۰٪ از آب شیرین را با توجه به سناریو ۱ و ۳۵٪ با توجه به سناریو ۲ صرفه جویی کنید. علاوه بر این، تقاضای کود در سناریوی ۴ ، ۳۳٪ کمتر از سناریو ۱ و ۱۹٪ کمتر از سناریو ۲ است. علاوه بر این تقاضای منابع تازه، مهم است مشخص شود که از تنظیمات به دست آمده برای سناریوهای ۳ و ۴، تخلیه آب و کود به محیط زیست ۱۰۰٪ کاهش می یابد که در سناریوهای ۱ و ۲ مشاهده شد. بنابراین، آشکار است که یکپارچگی حجمی به کشف اثرات مخالف پایین تر در محیط اجازه می دهد. چون سناریوهای یکپارچه برای اثرات زیان آور محیط زیست تقاضای آب کمتر دارد، که به معنی آلودگی کم منابع طبیعی (سدها، رودخانه ها، دریاچه ها و آبهای زیر زمینی) است و با استفاده مجدد و بازیافت آب وکود ترکیب شد، به عنوان یک نتیجه تخلیه به محیط زیست کاهش می یابند و از این رو، تخریب کمترگیرنده های طبیعی (رودخانه ها، دریاچه ها، آب های زیرزمینی و اقیانوس ها) را دارد.

(ج) اجتماعی: مزایای اجتماعی ناشی از یکپارچگی آب درکشاورزی و به طور خاص در نمونه مورد مطالعه در این واقعیت است که کاهش تقاضای آب به موارد فوق فعالیت اقتصادی اجازه می دهد تا

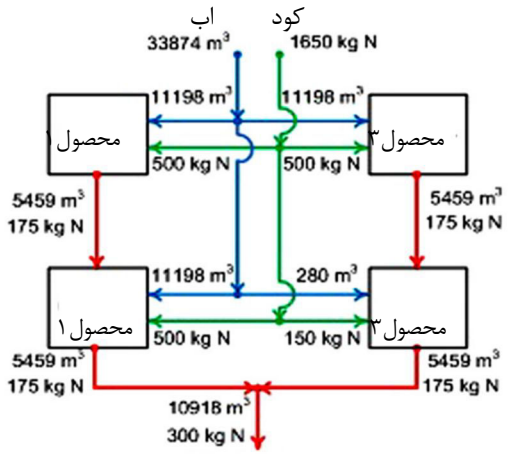
دسترسی بیشترآب برای مصرف انسان ایجاد شود؛ چون کمبود آب آشامیدنی برای مصرف انسانی مشکلی جدی از نگرانی بزرگ برای هر دو دولت و سازمان های جهانی است. علاوه بر این، با توجه به پیکربندی های متعدد ممکن برای انتخاب یک بهینه، محاسبات به طور قابل توجهی افزایش می یابد . برای مثال، از جدول ۵ امکان شناسایی آن وجود دارد که سناریو ۴ دارای ۲۱۲۰ معادله، ۱۸۰۱ متغیر مستمر و ۵۲ متغیر باینری است، در حالیکه سناریوی ۱ (بدون یکپارچگی) دارای ۳۱۹ معادله، ۳۰۸ متغیر وابسته و ۰ متغیر باینری است .راه حل سناریوی ۱ نیاز به ۳ ثانیه زمان دارد، در حالیکه سناریو ۴ نیاز به ۱۲۲.۳ ثانیه دارد.

در نهایت، پیکربندی های به دست آمده برای هر سناریوی در هر دوره زمانی در شکل های 4-3 و ۴-۴ زیر نشان داده شده است.



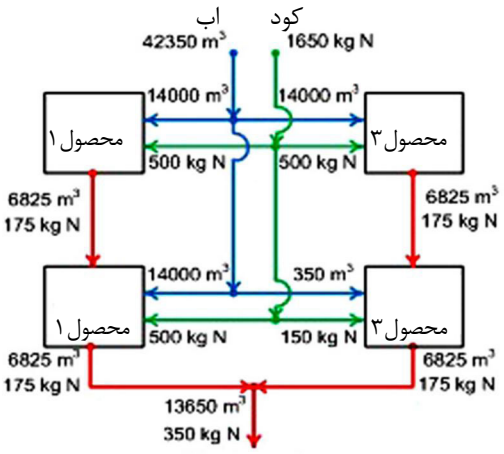
شکل ۴-۳- : پیکربندی بهینه برای سناریو ۱ مورد الف برای مثال (دوره های ۵-۱)

زمان ابیاری:۱۰۳.۶۹ ساعت



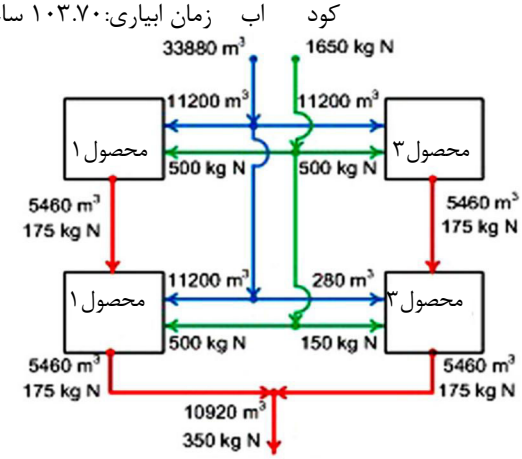
فاضلاب **دوره دوم(ب)**

زمان ابیاری:۱۲۹.۶۳ ساعت



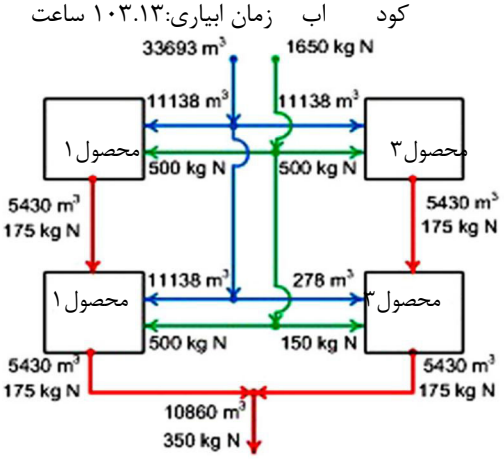
فاضلاب **دوره اول(الف)**

زمان ابیاری:۱۰۳.۷۰ ساعت

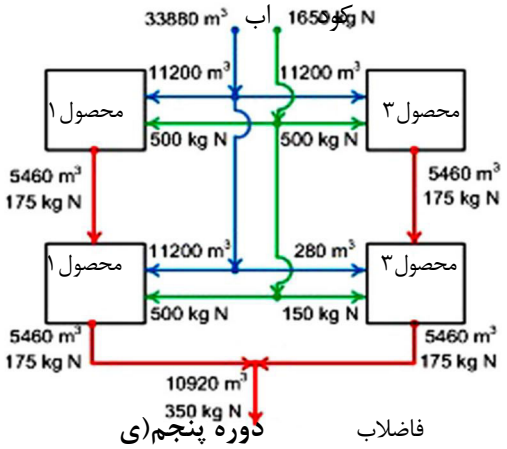


فاضلاب **دوره چهارم(د)**

زمان ابیاری:۱۰۳.۱۳ ساعت



فاضلاب **دوره سوم(ج)**



فاضلاب **دوره پنجم(ی)**

شکل ۴-۴- : پیکربندی بهینه برای سناریو ۲ مورد الف برای مثال (دوره های ۵-۱)

سناریو ۱ (مورد الف): پیکربندی برای این سناریو در شکل ۴-۳ نشان داده شده است، لازم به ذکر است که یکپارچگی حجمی به طور قابل توجهی باعث کاهش آب و کود مورد نیاز می شود. (شکل ۴-۳ الف تا ی). در این رابطه، ۱۴۰۰۰ متر مکعب آب مورد نیاز برای یک محصول در دوره اول از یک واحد ذخیره سازی مرکزی می آیند، و ۵۰۰ کیلوگرم نیتروژن مورد نیاز برای هر محصول در همان دوره نیتروژن تازه است .علاوه بر این، لازم به ذکر است که در هر دوره ۵۰۰ کیلوگرم نیتروژن به هر محصول می رسد، که نشان می دهد مصرف نیتروژن در هکتار در هر محصول برای هر دوره زمانی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن است .این توزیع عادلانه از کل نیتروژن بهینه در طول پروسه بهینه سازی تنظیم شده است .از آنجا که همبستگی عملکرد استفاده شده به عنوان عملکرد آب و نیتروژن (مارتینز و همکاران، ۲۰۰۲) بستگی دارد به ارزش کلی و به توزیع آن در طول رشد توسعه گیاه بستگی ندارد.

جدول ۴-۴- توصیف هزینه سالانه نهایی مورد الف

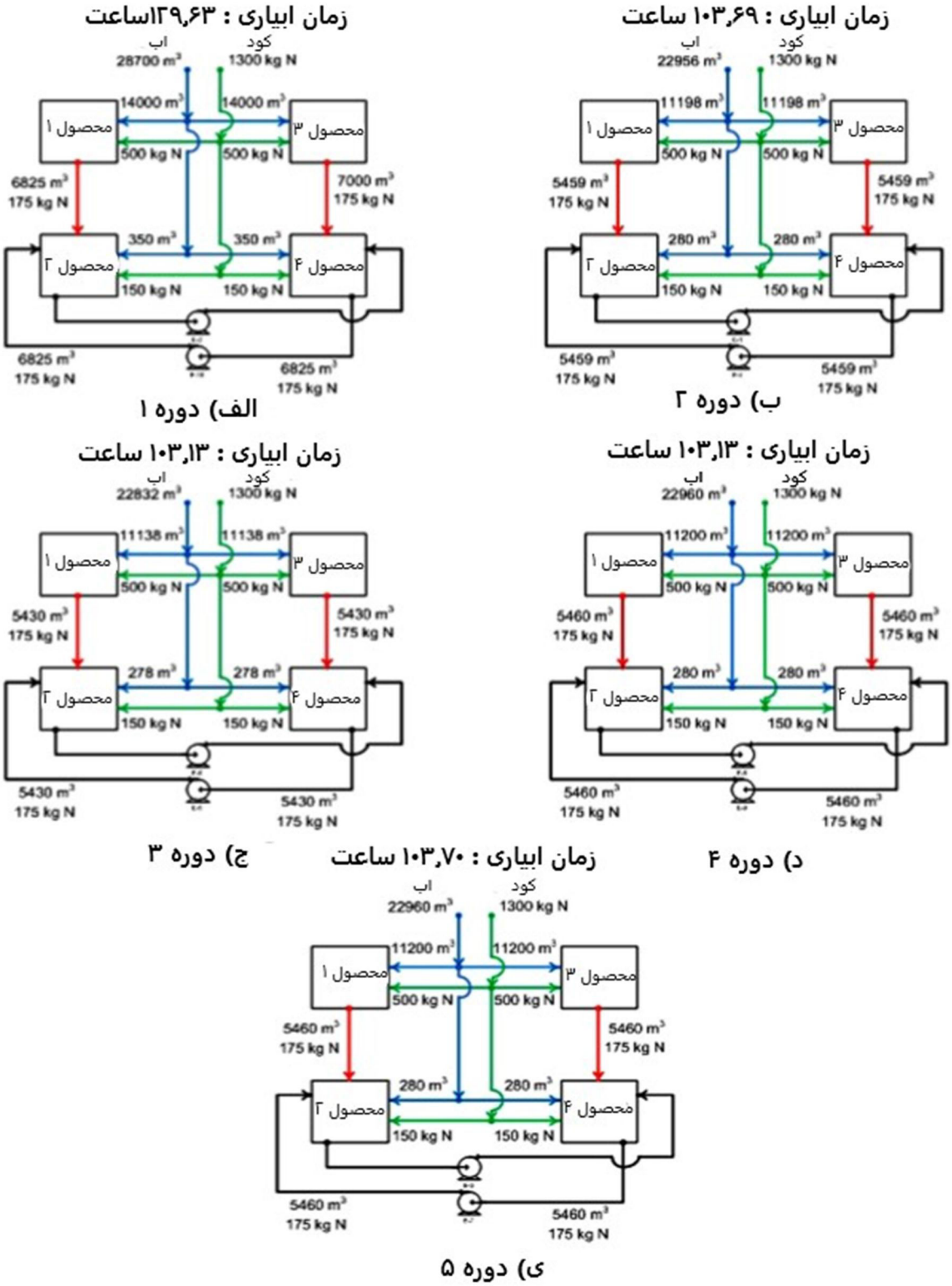
مورد اول : اب کافی				
	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴
هزینه کل سالانه(US$/year)	۱۰.۲۹۲	۸۳۶۷	۸۲۷۲	۸۲۷۲
هزینه سرمایه(US$/year)	۰	۱	۱۳	۱۳
هزینه عملیاتی(US$/year)	۱۰۰	۹۹	۸۷	۸۷
هزینه اب شیرین(US$/year)	۳۴	۳۲	۲۲	۲۲
هزینه کود(US$/year)	-	۶۷	۵۳	۳
هزینه پمپ(US$/year)	-	۰	۲۲	۲۲
هزینه لوله ها(US$/year)	-	۱	۳	۳
هزینه ذخیره سازی اب (US$/year)		۰	۰	۰
هزینه واحد تصفیه(US$/year)	-	۰	۰	۰

این وضعیت برای مصرف آب اتفاق نمی افتد، همانطور که در شکل ۴-۳ مشاهده می شود که تقاضای آن در هر دوره زمانی متفاوت است، زیرا بستگی به رشد ریشه ای دارد که توسط معادله ۱ تعریف شده است به استثنای اولین دوره زمانی که مقدار آب از بررسی توسط تولید کنندگان و مدیر اجرایی آبیاری، تعیین شد. همچنین، شکل ۴-۳ نشان می دهد که مصرف آب و کود به محیط زیست تخلیه می شود.

(ب) سناریو ۲ (مورد الف): در این سناریو تنها تبادل توسط گرانش در نظر گرفته شد و تنظیمات به دست آمده در هر دوره از زمان در شکل ۴-۴ نشان داده شده است. در اینجا، مهم این است تذکر دهیم که صرفه جویی آب شیرین و کود با توجه به سناریوی ۱ در هر دوره ۲۴-۲۵٪ و ۱۷-۱۸٪ هستند.

صرفه جویی ذکر شده بدست آمد چون در همه دوره ها جریان خروجی از محصولات ۱ و ۳ در محصول ۴ استفاده می شود که مقادیر آن در شکل ۴-۴ دیده می شود. استفاده مجدد از آب و کود، به سرمایه گذاری سالانه ۱۱۳ دلار برای لوله های مورد نیاز اشاره می کند. همانطور که در جدول ۴-۳ دیده می شود، صرفه جویی ذکر شده با افزایش ۳/۳ درصد در سودبرای سناریی ۲ منعکس شده است.

ج) سناریوهای ۳ و ۴(مورد الف): شبکه بهینه برای یکپارچه سازی آب در شرایط این سناریوها (شکل ۴-۲) در شکل۴-۵ ارائه شده است. در دوره اول، جریان فاضلاب حاصل از محصولات ۱ و ۳ در محصولات ۲ و ۴ مجددا استفاده می شوند. علاوه بر این، گردش بین محصولات ۲ و ۴ را نشان می دهد که نیاز به نصب دو پمپ و چهار لوله دارد .این نیازمند یک سرمایه گذاری سالانه اضافی از ۲۰۶۷ دلار است که برای خرید و بهره برداری از پمپ ها و لوله های مورد استفاده در این تنظیم بهینه استفاده می شود .و این پیکربندی در دوره های بعد، اما با جریان های مختلف نگهداری می شود.



شکل ۴-۵- پیکربندی بهینه برای سناریو ۳ و ۴ مورد الف برای مثال (دوره های ۵-۱)

به طور خلاصه، استفاده مجدد از آب و کود در سناریوی ۳ و ۴، موجب صرفه جویی در ۴۹٪ آب و ۳۵٪ کود با توجه به سناریو ۱ می شود. در این مورد میزان آب و کود مود نیاز در سناریوهای ۳ و ۴ به ترتیب ۳۲ و ۲۱ درصد کمتر از سناریو ۲ است. با توجه به سناریوهای ۳ و ۴، که همین پیکربندی بهینه را دارند؛ سپس، اگر آب شیرین موجود باشد که ممکن است برای پاسخگویی به نیازهای محصولات فقط این یک نوع آب باشد، پیکربندی بهینه فقط شامل استفاده مجدد از آب بین محصولات بدون ذخیره سازی آب می شود.

از سوی دیگر، جدول ۴-۴ شرح توصیف هزینه کل در طول تنظیمات تحلیل شده (شکل ۵-۷) را گزارش می دهند. اینجا، لازم است توجه داشته باشید که هزینه کوددهی دارای بیشترین تاثیر در کل هزینه سالانه (۶۶٪ در سناریو ۱، ۶۷٪ در سناریو ۲ و ۵۳٪ در سناریوهای ۳ و ۴) است.

جدول ۴-۵- توصیف هزینه کلی سالانه مورد ب

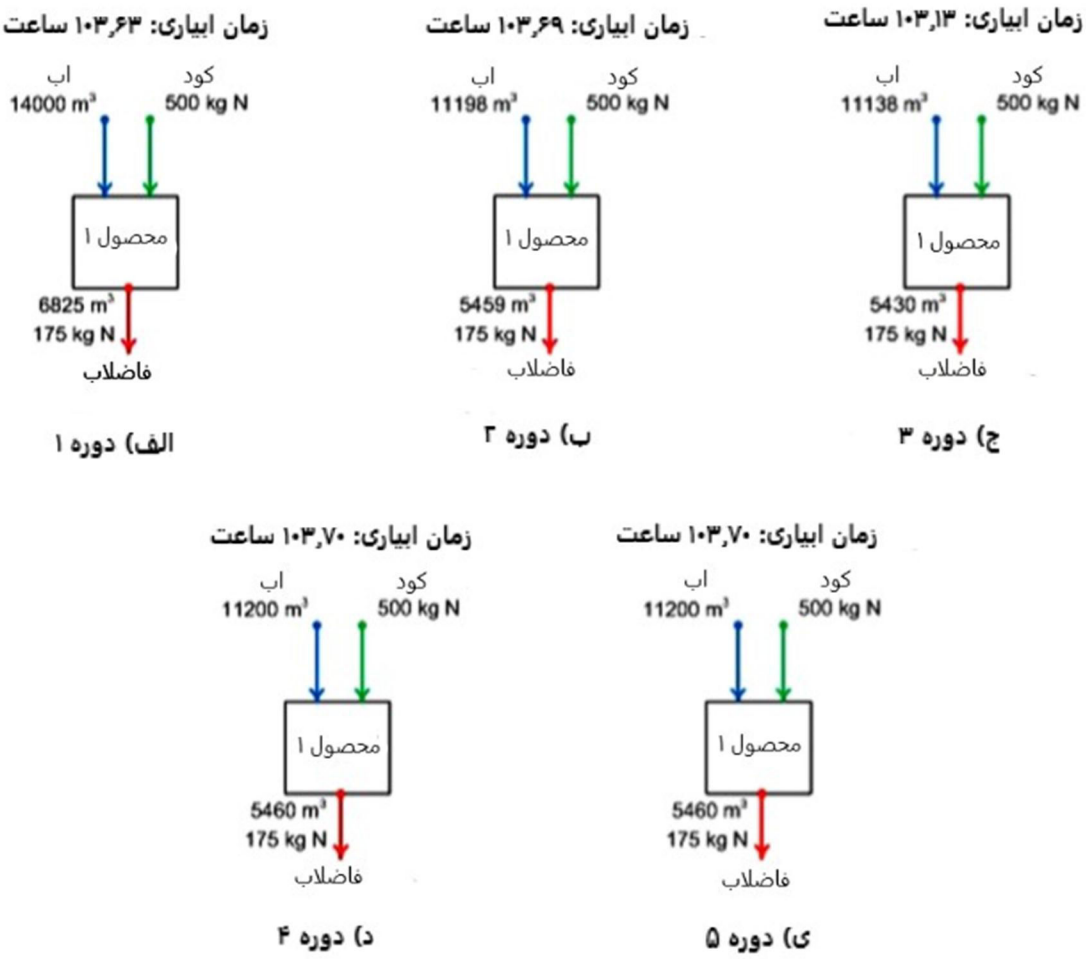
مورد ب : اب

سناریو ۴	سناریو ۳	سناریو ۲	سناریو ۱	
۳۹.۸۰۹	۴۵.۷۶۵	۳۰.۰۷۸	۱۴.۵۵۷	سود(سال/دلار امریکا)
۶۸.۵۲۱	۵۱.۳۹۱	۳۴.۲۶۱	۱۷.۱۳۰	فروش محصولات
۲۸.۷۱۲	۵۶۲۶	۴۱۸۳	۲۵۷۳	هزینه نهایی سالانه
۲۰.۹۱۹	۵۸۶	۵۹	۰	هزینه سرمایه
۷۷۹۳	۵۰۴۰	۴۱۲۴	۲۵۷۳	هزینه عملیاتی
۱۸۰۶	۱۳۵۵	۱۳۳۳	۸۸۱	هزینه آب شیرین
۴۳۹۹	۳۲۹۹	۲۷۹۲	۱۶۹۲	هزینه کود
۳۱۷۰	۷۸۲	۰	۰	هزینه پمپ
۱۵۸۹	۳۸۶/۵۰	۰	۰	هزینه عملیاتی پمپاژ

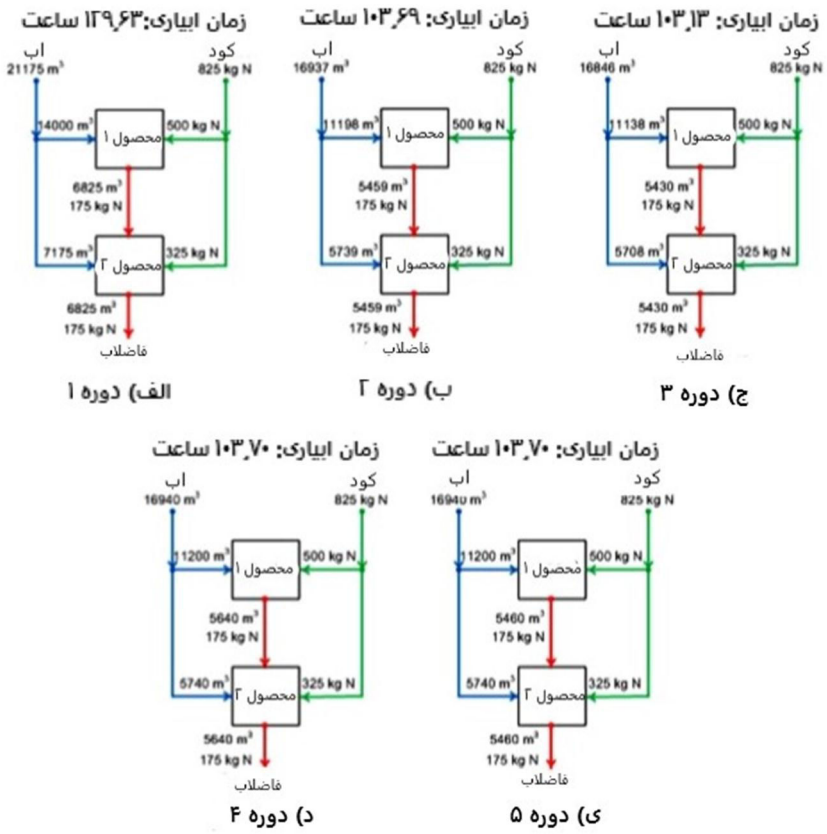
۱۵۸۲	۳۹۵	۰	۰	هزینه سرمایه پمپاژ
۳۷۹	۱۹۰	۵۹	۰	هزینه لوله کشی

ادامه جدول ۴-۵- توصیف هزینه کلی سالانه مورد ب

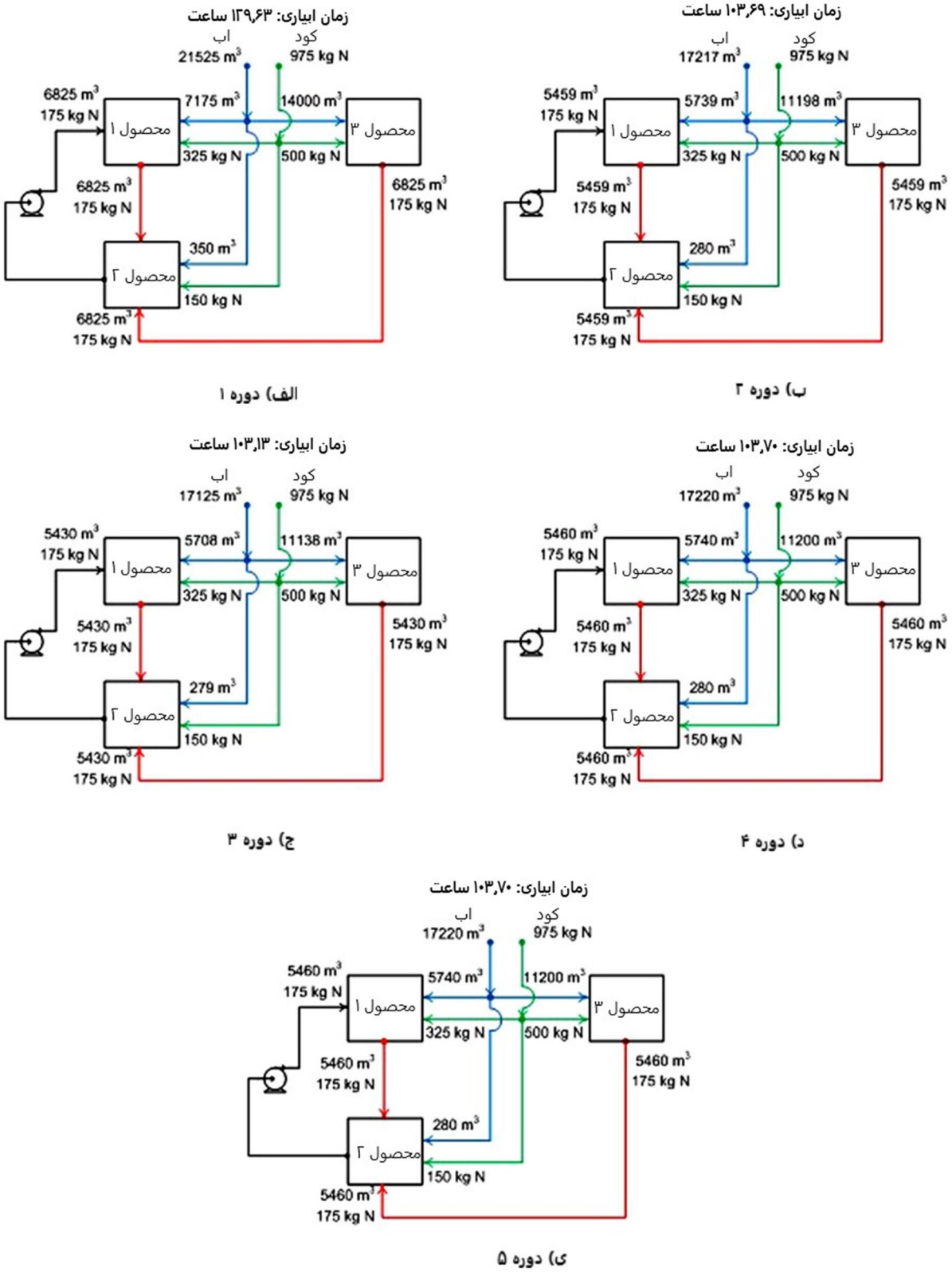
۱۸.۹۵۸	۰	۰	۰	هزینه ذخیره سازی آب
۰	۰	۰	۰	هزینه تصفیه
۱۲۰.۴۰۹	۹۰.۳۰۷	۸۸.۸۳۹	۵۸.۷۳۶	آب شیرین مورد تقاضا
۶۵۰۰	۴۸۷۵	۴۱۲۵	۲۵۰۰	کود تازه مورد تقاضا
۴۸/۰۴	۱۵/۵۹	۰	۰	مصرف انرژی
۰	۰	۲۸.۶۳۴	۲۸.۶۳۴	تخلیه آب محیط زیست
۰	۰	۸۷۵	۸۷۵	تخلیه کود محیط زیست
۴	۳	۲	۱	تعداد محصولات
۵	۱	۰	۰	تعداد پمپ ها
۱	۱	۰	۰	تعداد لوله ها
۴	۰	۰	۰	تعداد مخازن ذخیره سازی
۸/۶	۸/۶	۸/۶	۸/۶	محصول در هر هکتار
۱۷۱	۱۲۸	۸۶	۴۳	محصول کلی
۲۱۲۰	۸۵۰	۸۲۸	۳۱۹	تعداد معادلات
۱۸۰۱	۷۵۹	۶۷۷	۳۰۸	متغییرهای پیوسته
۵۲	۱۶	۱۶	۰	متغییر های باینری



شکل ۴-۶- پیکربندی بهینه برای سناریو ۱ مورد ب برای مثال (دوره های ۵-۱)



شکل ۴-۷- پیکربندی بهینه برای سناریو ۲ مورد **ب** برای مثال (دوره های ۵-۱)

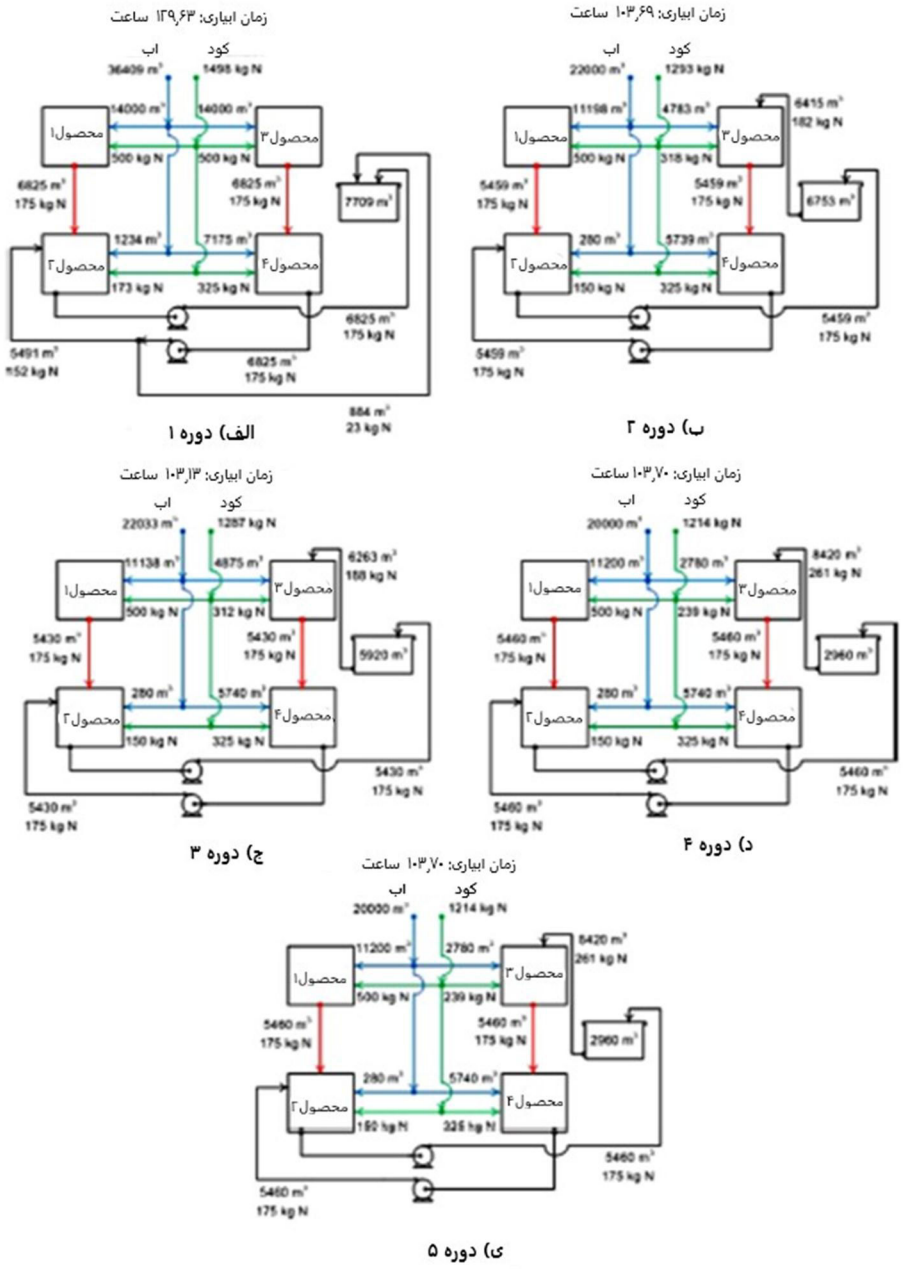


شکل ۴-۸- پیکربندی بهینه برای سناریو ۳ مورد **ب** برای مثال (دوره های ۵-۱)

همانطور که قبلا مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است، زمانی که آب کافی برای بررسی نیازهای آبیاری محصولات در هر دوره وجود دارد، توجیه برای یکپارچگی حجمی (آب و کود) بر اساس جنبه های محیطی (استفاده کمتر از منابع طبیعی و کمترین اثرات جانبی آن مخازن طبیعی و آب های زیرزمینی) و جنبه های اجتماعی (دسترسی به منابع آب برای مصرف انسان و دیگر فعالیت های اقتصادی، و همچنین کمتر بودن آسیب به سلامتی)، به جای جنبه های اقتصادی وجود دارد. با این حال، اگر مقدار آب موجود برای کشاورزی محدود شود، در این صورت در دسترس بودن، چگونگی کشت و عملکرد محصول را تعیین می کند، به همین دلیل مثال ۱ با توجه به مقدار آب شیرین محدود در هر دوره زمانی، همانطور که درجدول ۴-۲ نشان داده شد، حل شد. (مورد ب) همچنین، به همان شیوه در موردالف ، سناریوهای ۱، ۲، ۳ و ۴ به صورت مورد ب حل می شوند (نگاه کنید به شکل ۴-۲)، بحث آنها در قسمت بعدی بررسی می شود.

۴-۲- تجزیه و تحلیل مورد ب به عنوان مثال

نتایج برای مورد ب برای هر سناریو در جدول ۴-۵ ارائه شده است، که در آن امکان مشاهده است که در سناریو ۱ مقدار آب در دسترس فقط اجازه می دهد تا برای یک بوته بذر با کل تولید ۴۳ تن (۲۹ ٪ از حداقل تولید کلی) بکار رود. این مساله سود سالیانه ۱۴،۵۵۷ دلار رانشان می دهد و وضعیت مربوط به آن در شکل ۴-۶ ارائه شده است، این رقم کل نیاز آب، نیتروژن و تخلیه محیط زیست را نشان می دهد. از سوی دیگر، در سناریو ۲، تولید کل ۸۶ تن (۵۷ درصد از حداقل تولید کل) ذرت حاصل از بذر باغ است و سود سالانه ۳۰،۰۷۸ دلار است و پیکربندی صحیح آن در شکل ۴-۷ نشان داده شده، که در آن آب مصرف شده از محصول ۱ به محصول ۲ در پنج دوره ارسال شده است .علاوه بر این، جدول ۴-۵ نتایج مورد ب با توجه به سناریو ۳ را ارائه می دهد؛ و



شکل ۴-۹- پیکربندی بهینه برای سناریو ۴ مورد **ب** برای مثال (دوره های ۵-۱)

در این سناریو، آب در دسترس در هر دوره اجازه کاشت سه مزرعه را برای تولید کل ۱۲۸ تن (۸۶ درصد از حداقل کل تولید) می دهد، که سود سالانه ۴۵،۷۶۵ دلار را به دست آورده اند و پیکربندی مطلوب در شکل ۴-۸ نشان داده شده است. ممکن است به این نکته توجه شود که جریان آب هدررفته از محصولات ۱ و ۳ به محصول ۲ در هر دوره منتقل می شود و جریان آب هدررفته برای

محصول ۲ به محصول ۱ منتقل می شود .در نهایت، در سناریو ۴ امکان کشت چهار محصول وجود دارد با تولید کل ۱۷۱ تن (که حداقل تولید کل را تولید می کند) و سود سالیانه ۳۹،۸۰۹ دلار است. (جدول ۴-۵) توجه داشته باشید که برای کاشت چهار محصول در آن، نیاز به ذخیره جریان آب هدررفته از محصول ۲ است. (به تصویر ۴-۹ مراجعه شود)، علاوه بر این، استفاده مجدد مستقیم از آب بین برخی از محصولات وجود دارد.

همانطور که از تحلیل بالا دیده می شود، پیکربندی با بالاترین سود مربوط به سناریو ۳ است، زیرا آن ۱۵٪ بیشتر از سناریو ۴ است، ۵۲٪ بالاتر از سناریو ۲ و ۲۱۴٪ بالاتر از سناریو ۱ است. با این حال، تولید کل برای این سه محصول در این سناریو کمتر از حداقل مورد نیاز تقاضای بازار است، و همچنین تحت این سناریو تولید کننده بدون درآمد است .در این راستا، سناریو ۴ حداقل تولید تقاضا (۱۵۰ تن) را از ۱۷۱ تن در چهار محصول تولید می کند .این از نقطه نظر اجتماعی بسیار مهم است، زیرا پیکربندی مرتبط با سناریو ۴ اجازه می دهد حداقل مقدار غذا را تامین کند و همچنین توزیع عادلانه درآمدهای پولی را نشان می دهد؛ به این ترتیب، انگیزه های دولت موجه هستند .لازم به ذکر است که تفاوت معنی دار بین سناریوهای ۳ و ۴ در شرایط اقتصادی، هزینه سرمایه ای است که مربوط به ذخیره سازی، پمپاژ و لوله کشی است.

علاوه بر این، جریانهای موجود در شکل های مواد تکمیلی الکترونیک ارائه شده است.

از تجزیه و تحلیل فوق، مهم است که مشخص شود که روش پیشنهادی امکان شناسایی بهترین سناریو اقتصادی، محیط زیست و اجتماعی را برای فعالیت های کشاورزی فراهم می کند. بنابراین، این استراتژی یک ابزار عالی برای آبیاری مناطق و گروه های تولید کننده است تا توزیع آب بهینه به منظور رفع نیازهای بازار، اطمینان ازدرآمد چندین تولید کننده و افزایش قابلیت دسترسی آب را تعیین کند.

فصل پنجم:

بحث ونتیجه گیری

۵-۱- جمع بندی

در این پژوهش یک مدل برنامه ریزی غیر خطی صحیح مختلط برای طراحی بهینه شبکه های آب کشاورزی به روش شبیه سازی شبکه های آب صنعتی سنتی ارائه شده است .مدل پیشنهادی بر اساس یک ساختار جدیدی است که شامل تمام تنظیمات مورد علاقه است که در آن شبکه های آب آشامیدنی کشاورزی شامل چندین منطقه در مزرعه می شود. این تنظیمات عبارتند از استفاده مجدد، بهینه سازی، ذخیره و نگهداری آب و کود در بین زمین ها در دوره های مختلف .همچنین مدل پیشنهادی شامل انتخاب تصفیه بهینه اب هدر رفته برای بررسی محصول و محدودیت های محیطی است .تابع هدف برای به حداکثر رساندن سود کلی و محدودیت های متنوع مرتبط با خواسته های غذایی و دسترسی به آب بررسی می شود .برای نشان دادن مزایای مدل پیشنهادی، مطالعه موردی برای آبیاری کشت ذرت ضروری بود .نتایج نشان داد که مزایای اقتصادی مهم را می توان برای اجرای روش پیشنهادی که نیازهای مشخصی برای غذا، دسترسی به آب شیرین و محدودیت های محیطی برای تخلیه فاضلاب را تامین می کند، به دست آورد .علاوه بر این، مدل پیشنهادی را می توان به شرایط مختلفی اعمال کرد، در حالی که در مورد موارد کمبود آب مورد توجه قرار گرفت، همچنین مواردی برای محدودیت های مختلف در سرمایه گذاری اولیه گنجانده شده است، و نتایج نشان می دهد که راه حل های جذاب برای تصمیم گیرندگان (یعنی تولیدکنندگان یا دولتها) می تواند بررسی شود.

۵-۲-پیشنهادات آتی :

با توجه به نقاط ضعف و قوت مطالعات انجام شده ، به عنوان تحقیقات اتی می توان منابع دیگر همچون انتخآب نوع پمپ، تأثیر پمپ ها در مدل، تعیین ظرفیت استخرها، و کاربری چندگانه استخرها را در نظر گرفت.و همچنین رود خانه ها را به عنوان تامین کننده بخشی از اب کشاورزی در نظر گرفت.

منابع

۱- روش های تحقیق در علوم رفتاری، زهره سرمد و دیگران، چاپ ۱۳، زمستان۸۵

2.سرمد، الهه و بازرگان، زهره و حجازی، عباس . (۱۳۸۸). روش های تحقیق در علوم رفتاری. چاپ هفدهم تهران: انتشارات آگاه.

منابع لاتین :

1. A Case Study of Green Supply Chain Management at Advanced Micro Devices (Trowbridge 2003).
2. Andic, E., Yurt O., & Baltacioglu, T. (2012). Green Suooly Chain Efforts and Potential Applications for the Turkish Market. *Conservation and Recycling* , 50-68.
3. Chandra, V., and D. L. Fisher. (2009). Students' Perceptions of a Blended Web-Based Learning Environment. *Learning Environments Research* , 31-44.
4. Cook, K. (1977). Exchange and power in networks of interorganizational relations. *The Sociological Quarterly* , 62-82.
5. Cordano, M. M. (2010). How do small and medium enterprises go ‘green’? A study of environmental management programs in the US wine industry. *Journal of Business Ethics* , 463-478.
6. Dyer, J. a. (1998). The relational view: cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage. *Academy of Management Review* , 660-670.
7. Dyer, J. (2000). Collaborative Advantage: Winning Through Extended Enterprise Supplier.
8. Edwards, B., Bell, S., Arthur, W. and Decuir, A. (2008). Relationships between facets of job satisfaction and task and contextual performance. *Applied Psychology: An International Review.* , 441-465.

9. Fawcett, S., Magnan, G. and Williams, A. (2004). Supply chain trust is within your grasp. *Supply Chain Management Review* , 20-26.

10. Gonzalez-Benito, J. (2008). The effect of manufacturing pro-activity on environmental management: an exploratory analysis. *International Journal of Production Research* , 17-38.

11. Goodman, P. (2008). Current and future hazardous substance legislation affecting electrical andelectronic equipment. *Review of European Community & International Environmental Law* , 261-269.

12. Hage, J. and Aiken, M. (1967). Relationship of centralization to other structural properties. *Administrative Science Quarterly* , 72-92.

13. Handfield R., Sroufe R. and Walton S. (2005). Integrating Environmental Management and Supply Chain Strategies. *Business Strategy and the Environment* , 1-19.

14. Harland, C. (1996). Supply chain management: relationships, chains, and networks. *British Journal of Management* , 63-80.

15. Harrison, D., Newman, D. and Roth, P. (2006). How important are job attitudes? Meta-analytic comparisons of integrative behavioral outcomes and time sequences. *Academy of Management Journal* , 25-305.

16. Heide, J. (1994). Interorganizational governance in marketing channels. *Journal of Marketing* , 71-85.

17. Heras, I. a. (2010). Alternative models for environmental management in SMEs: the case of Ekoscan vs ISO 14001. *Journal of Cleaner Production* , 726-735.

18. Homburg, C. and Stock, R. (2004). The link between salespeople's job satisfaction and customer. *Journal of the Academy* , 144-158.

19. Huang, N. (2001). Eco-Efficiency and an Overview of Green productivity. *Conference on Enhancing Competitiveness Through Green productivity*, (pp. 25-27). china.

20. Hwa, T. J. (2001). Green Productivity & Supply Chain Management. *Conference on Enhancing Competitiveness Through Green Productivity* , (pp. 25-27). china.

21. Ireland, R. and Webb, J. . (2007). A multi-theoretic perspective on trust and power in strategic supply chains. *Journal of Operations Management* , 482-497.

22. J, D. (2000). *Collaborative Advantage: Winning Through Extended Enterprise Supplier.* New York: Oxford University Press.

23. Jabbour, A.B. and Jabbour, C. (2009). Are supplier selection criteria going green? Case studies of. *Industrial Management & Data Systems* , 95-477.

24. Jun, M., Cai, S. and Shin, H. (2006). TQM practice in maquiladora: antecedents of employee satisfaction and loyalty. *Journal of Operations Management.* , 791-812.

25. Kaufmann, L. and Carter, C. (2006). International supply relationships and non-financial performance: a comparison of US and German practices. *Journal of Operations Management* , 653-675.

26. Ketchen, D. Jr and Hult. (2007). Bridging organization theory and supply chain management: the case of best value supply chains. *Journal of Operations Management* , 573-580.

27. Koberg, C. and Ungson, G. (1987). The effects of environmental uncertainty and dependence on organizational structure and performance: a comparative study. *Journal of Management* , 725-737.

28. Lamming, R. and Hampson, J. (1996). The environment as a supply chain management issue. *British Journal of Management* , 45-62.

29. Laudon & Laudon . (2002). supply chain management. 90-92.

30. Lee, K. (2007). Corporate social responsiveness in the Korean electronics industry. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management* , 219-230.

31. Lee, K. (2011). Motivations, barriers, and incentives for adopting environmental management (cost) accounting and related guidelines: a study of the Republic of Korea. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management* , 39-49.

32. Lee, K. (2009). Why and how to adopt green management into business organizations? *Management Decision* , 1101-1121.

33. Lee, S. and Klassen, R. (2008). Drivers and enablers that foster environmental management. *Production and* , 86-573.

34. Lee, Sang M.;Sung Tae Kim.;Donghyun Choi. (2012). Green supply chain management and organizational performance. *IMDS* , 1148-1180.

35. Liao, T. (2010). Cluster and performance in foreign firms: the role of resources, knowledge, and trust . *Industrial Marketing Management* , 161-169.

36. Lippman, S. (2001). Supply chain enviromental management. *Environmental Quality Management* , 11-14.

37. Manuj, I. a. (2008). Global supply chain risk management. *Journal of Business Logistics* , 133-55.

38. Measuring a carbon footprint and environmental practice (the case of Hyundai Motors Co. (HMC) Industrial Management & Data Systems 2011).

39. Miller, T. and de Matta, R. (2008). A global supply chain profit maximization and transfer pricing model. *Journal of Business Logistics* , 175-199.

40. Monczka, R.M., Petersen, K.J., Handfield, R.B. and Ragatz, G.L. (1998). Success factors in strategic supplier alliances: the buying company perspective. *Decision Sciences* , 553-577.

41. Nishitani, K. (2010). Demand for ISO 14001 adoption in the global supply chain: an empirical. *Resource and Energy* , 395-407.

42. Patterson, M., Warr, P. and West, M. . (2004). Organizational climate and company productivity the role of employee affect and employee level. *Journal of Occupational & Organizationa Psychology* , 193-216.

43. Paulraj, A. and Chen, I. (2007). Environmental uncertainty and strategic supply management:a resource dependence perspective and performance implications. *The Journal of Supply chain management* , 29-42.

44. Pfeffer, J. and Salancik, G. (1978). *The External Control of Organizations.* NEW YORK: A Resource Dependence Perspective.

45. Rusinko, C. (2007). Green manufacturing: an evaluation of environmentally sustainable manufacturing practices and their impact on competitive outcomes. *IEEE Transactions on Engineering Management* , 54-445.

46. Ryu, I., So, S. and Koo, C. (2009). The role of partnership in supply chain performance . *Industrial Management & Data Systems* , 496-514.

47. Sahay, B. (2003). Understanding trust in supply chain relationships. *Industrial Management & Data Systems* , 553-563.

48. Sambharya, R. and Banerji, K. (2006). The effect of keiretsu affiliation and resource dependencies on supplier firm performance in the Japanese automobile industry. *Management International Review* , 7-37.

49. Sarkis, J. and Dijkshoorn, J. (2007). Relationships between solid waste management performance and environmental practice adoption in Welsh small and medium-sized enterprises (SMEs). *International Journal of Production Research* , 4989-5015.

50. Shearlock, C., Hooper, P. and Millington, S. (2000). Environmental improvement in small and medium-sized enterprises: a role for the business-support network. *Greener Management International* , 50-60.

51. Sheu, Jiuh-Biing, Chou, Yi-Hwa and Hu, Chun-Chia. (2004). *An Intergrated Logistics Operational Model for Green-Supply Chain Management*. Retrieved from http//www.elsevier.com

52. Simpson, D., Power, D. and Samson, D. (2007). Greening the automotive supply chain a relationship perspective. *International Journal of Operations & Production Management* , 28-48.

53. Srivastava, S. (2007). Green supply chain management- a state of the art literature review. *International Journal of Management Reviews 9, no. 1* , 53-80.

54. Stock GN, Greis NP, Kasarda JD. (2000). Enterprise Logistics and Supplychain Structure: the Role of Fit. *Journal of Operations Management* , 531-47.

55. Tan, K. C. (2001). A framework of supply chain management literature. *European Journal of Purchasing & Supply Management* , 39-48.

56. Thomas, D. and Griffin, P. (1996). Coordinated supply chain management. *European Journal of Operational Research* , 1-15.

57. Turban, Rainer & Potter. (2003). Computer-based Supply Chain Management and Information Systems Integration. *Introduction to Information Technology* , 1-10.

58. U, J. (2005). Supply Chain Risk Management: Understanding the Business Requirements from a Practitioner Perspective. *The International Journal of Logistics Management* , 141-120.

59. Ulrich, D. and Barney, J. (1984). Perspectives in organizations: resource dependence, efficiency,and population. *Academy of Management Review* , 471-481.

60. Wong, A., Tjosvold, D. and Zhang, P. (2005). Supply chain relationships for customer satisfaction in china: interdependence and cooperative goals. *Asia Pacific Journal of Management* , 179-199.

61. Wu, G.C., Ding.J,H., & Chen. (2011). The Effects of GSCM Drivers and Institutional Pressures on GSCM Practices in Taiwans Textile and Apparel Industry. *Production Economy* .

62. Yen, Y.X. & Yen. (2011). Top-management Role in Adopting Green Purchasing Standards in High-Teeh Industrial Firms . *Journal of Business Research* .

63. Zacharia, Z., Nix, N. and Lusch, R. (2009). An analysis of supply chain collaborations and their effect on performance outcomes. *Journal of Business Logistics* , 23-101.

64. Zhu, G., Geng, Y. and Lai, K. (2010). Circular economy practices among Chinese manufacturers varying in environmental-oriented supply chain cooperation and the performance implications. *Journal of Environmental Management* , 1324-1331.

65. Zhu, Q. and Sarkis, J. (2006). An inter-sectoral comparison of green supply chain management in China: drivers and practices. *Journal of Cleaner Production* , 472-486.

66. Zhu, Q., Sarkis, J. and Lai, K. (2008). "Confirmation of a measurement model for green supply. *International Journal of Production* , 73-261.

67. Zhu, Qinghua, Sarkis, Joseph, Lai, Kee-hung and Geng, Yong. (2008). Role of Organizational Size in the Adoption of Green Supply Chain Management Practices in China. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management* .

Abstract

This paper is a computational programming model for optimal design of water networks in agriculture. The proposed model is based on a new structure that includes all the settings for the use, reuse and regeneration of water in a field that is formed by a number of croplands. This model also includes the allocation of pipelines, pumps and storage tanks in different irrigation periods. Targeted performance includes maximizing the annual profits, which is comprised of economic incomes from crop sell, minus the costs of fresh water, fertilizer, storage tanks, treatment units, piping and pumping. The proposed multi-period optimization problem is designed as a mixed integer non-linear programming formulation that was used to case studies to illustrate the economic, environmental and social benefits that can be gained.

Keywords: Water supply network design, Water reuse, Math modeling

Shahrood University of Technology

Faculty of Industrial Engineering and Management

M.Sc. Thesis in Industrial Management

Presentation of a Math Planning Model for the Design of a Continuous Ribbon Supply Chain Network under Uncertainty Conditions

(Case Study: Agricultural Field)

By: Ramin Elahi

Supervisor:

Dr. Ali Akbar Hassani

Advisor:

Dr. Mohammad Fatahi Hasan Abad

july 2018