جایگاه روشهای محاسباتی در

بهینه کردن ظرفیت کانال انتقال و سطح زیر کشت

جایگاه روشهای محاسباتی در بهینه کردن ظرفیت کانال انتقال وسطح زیر کشت

محمد جواد نابدینی[1] ناصر طالب بیدختی[2]

چکیده :

متغیر بودن آورد رودخانه ها از یکسو ومتفاوت بودن زمان ومکان آب موجود وقابل دسترس از سوی دیگر ،ضرورت پیش بینی تاسیساتی را جهت تنظیم آورد رودخانه و انتقال آنرا به مکان مورد نظر اجتناب ناپذیر می سازد . [2]

تفاوت زمانی میان نیاز به آب وزمان دسترسی به آب رودخانه از آنجا ناشی میگردد که معمولا" دبی رودخانه ها در فصول پائیز وزمستان از مقادیر قابل توجه ای برخوردار بوده ودر فصول بهار وتابستان از مقدار آنها کاسته میگردد . این تفاوت با نیاز آبی گیاه که عمدتا" در فصل بهار وتابستان میباشد ،تطابق کامل نداشته وهمین امر موجبات مهار وتنظیم آورد رودخانه را در فصول پر آبی بمنظور مصرف در مواقع کم آبی فراهم می آورد .

بطور معمول تاسیسات مهار وتنظیم آب به دلائلی نظیر محدودیت توپوگرافی ،زمین شناسی ،هیدرولوژیکی و .... در نزدیکی مکان نیاز به آب (شبکه توزیع) قرار نداشته ولزوم پیش بینی تاسیسات انتقال آب به منظور مشروب نمودن اراضی کشاورزی ضروری میگردد .

در مقام پاسخگوئی به این سوال که ابعاد وگستردگی تاسیسات انتقال آب بمنظور توسعه بهره برداری از منابع آب تا چه اندازه باشد . میتوان گفت که سنت معمول بر آنست که با محاسبه هیدرومدول شبکه توزیع ،

---

(۱). کارشناس ارشد سازه وهیدرولیک ،مهندسین مشاور حاسب فارس
(۲). استادیار بخش راه وساختمان ،دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز

امکان محاسبه ظرفیت آبدهی کانال اصلی میسر گردیده و بدنبال آن انتخاب شکل هندسی کانال با توجه به ظرفیت انتخابی ممکن میگردد .

اشکال عمده وارد به این روش در آنست که محاسبه هیدرومدول متوسط منوط به مشخص بودن درصد بهینه سطح قابل تخصیص به محصولات مختلف بوده وتعیین این درصد نیز بنوبه خود به ظرفیت آبدهی کانال بستگی دارد و این دو بگونه ای بر یکدیگر تاثیر متقابل دارند وتنها با آزمون وخطاهای بیشمار امکان دستیابی به هیدرومدول متوسط متناظر با سطح زیر کشت بهینه میسر میباشد .

در این مقاله ضمن رویداشت به بهره برداری توام (Conjunctive Use) از منابع آبهای سطحی وزیرزمینی ومتغیر فرض نمودن سطح زیر کشت محصولات مختلف وهمچنین لحاظ نمودن شاخصهای اقتصادی، امکان بهینه نمودن ظرفیت کانال انتقال وسطح زیر کشت (بطور همزمان) در جهت بیشینه کردن درآمد خالص با بهره گیری از روشهای شناخته شده ای چون برنامه - ریزی ریاضی میسر خواهد گردید . از نتایج حاصله بر احتی میتوان در مطالعات برنامه ریزی از منابع آب وخاک بهره جست .

مقدمه :

شبکه توزیع آب زراعی یکی از بنیادی‌ترین و در عین حال پر هزینه ترین مولفه سیستمهای تامین آب زراعی است. در این راستا بررسی و تجزیه و تحلیل دقیق کلیه عوامل و فاکتورهائی که در عملکرد شبکه و هزینه توزیع آب اینای نقش می‌نمایند، از ضروریات میباشد. فاکتور اصلی که منجر به تعیین ابعاد سیستم و در نهایت هزینه های اجرائی میگردد، ظرفیت آبگذری کانالهای آبرسان میباشد. پیش‌بینی این ظرفیت بستگی تام به فاز طراحی داشته و در مطالعات مقدماتی این تخمین بر مبنای نیاز آبی ماهیانه گیاه، الگوی کشت، تراکم کشت، تعداد ساعات بهره مندی از آب در روز، راندمان آبیاری در صور مختلف آن، چگونگی مصرف نهاده های کشاورزی و اندازه قطعات زراعی صورت می‌پذیرد.

$$Q = f(I_n, t, A, \eta_a, \eta_c)$$

تعیین ظرفیت بهینه کانال با رویداشت به تحصیل درآمد بیشتر،

تنها یکی از مبانی طراحی مرتبط با طرح و اجرای پروژه های آبیاری و زهکشی است. نتایج حاصل از پروژه های آبیاری و زهکشی متنوع، متعدد و در مواردی ناقض یکدیگرند. بسته به اینکه چه نتیجه ای بر سایر نتایج اهمیت بیشتری داشته باشد، مبانی طراحی مرتبط با طرح و اجرای پروژه متفاوت خواهد بود.

کشت محصول جهت حصول درآمد خالص بیشتر، احتمالا" بابه استخدام گرفتن بهینه نیروی انسانی و یا تولید بهینه مواد غذائی و یا صدور بهینه محصولات کشاورزی به خارج از کشور هماهنگ نخواهد بود. در مناطق در حال توسعه، دستیابی به اهدافی نظیر تولید بهینه مواد غذائی و یا به استخدام گرفتن بهینه نیروی انسانی و .... بمراتب مهمتر و اساسی تر از حصول درآمد بیشتر است. هرکدام از اهداف فوق یعنی :

- تحصیل درآمد خالص بیشتر
- تولید مواد غذائی
- به استخدام گرفتن نیروی انسانی
- صدور محصولات کشاورزی به خارج از کشور

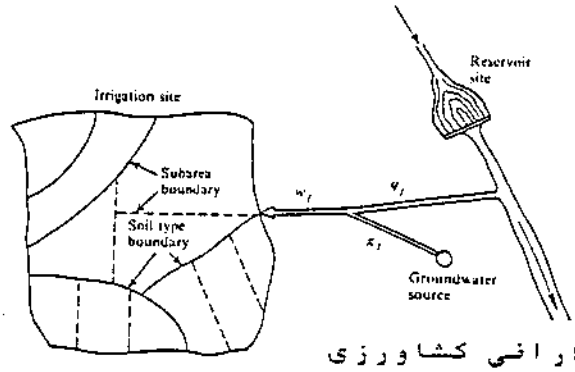
از نهاده های کشاورزی استفاده خواهند نمود (اما نه بطور یکسان). در عین حال بهینه کردن سیستم برای ترکیبی از تمامی اهداف فوق بطور همزمان امکان پذیر نیست.

معرفی مدل شبکه آبیاری وزهکشی :

بمنظور تبیین مدل، دشتی را در ذهن تصور کنید که بخشهای مختلف این دشت از خاکها با کلاسهای مختلف و واحدهای زراعی با منابع مالی و تکنولوژی متفاوت تشکیل شده باشند. چنانچه در دشت مزبور امکان کشت محصولات زراعی مختلف میسر باشد، در آنصورت شخص طراح با این سوال مواجه خواهد بود که در یک واحد زراعی متعلق به یک کلاس مشخص خاک چه محصولاتی و به چه میزان کشت شوند تا درآمد خالص حاصل از کشت محصولات در

واحدهای زراعی مختلف بیشینه گردد .

درمقام پاسخگوئی به این سوال ،ضمن مفروض دانستن فاکتورهائی نظیر وضعیت توپوگرافی،نوع محصول،میزان مصرف نهاده های کشاورزی و .... دشت مزبور به تعدادی اراضی زراعی با خصوصیات فیزیکی مشابه تقسیم گردیده و در هر زیرناحیه چگونگی مصرف نهاده های کشاورزی،نحوه دسترسی به آب و .... یکنواخت فرض میشود .



شکل (۱). نمای کلی تقسیم بندی اراضی کشاورزی

همانطورکه از شکل اخیر استنباط میشود ،در تبیین مدل ریاضی و پیاده نمودن آن بر روی دشت فرضی و واقعی،بهره برداری توام (Conjunctive Use) از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی مدنظر خواهد بود .

بمنظور تبیین مدل ریاضی شبکه آبیاری و زهکشی در ذیل ویژگیهای قیود حاکم بر مدل و روابط آنها با عملکرد محصول (Crop Yield) آورده میشود .

محدودیت زمین : به منظور معرفی قیود مرتبط با محدودیت زمین ، ابتدا لازم است پانمونهای c,f,j بصورت ذیل تعریف شوند :

پانمون j: این پانمون مربوط به زیرناحیه ای است که در آن زیرناحیه نوع خاک از نقطه نظر مصرف نهاده های کشاورزی و .... همگن فرض میشود . معمولا" مطالعات خاکشناسی منجر به تعیین تعداد زیر ناحیه ها در یک دشت میشود . چنانچه مساحت هر زیرناحیه با A_j نشان داده شود ،در آنصورت :

$$A_T = \sum_j A_j$$

پانمون f: با توجه به مستثنیات و مالکیت بخش خصوصی، ابعاد مزارع،سطح تکنولوژی زارع در هر مزرعه ،راندمان آبیاری در هر مزرعه و بالاخره منابع مالی زارع در هر مزرعه ،کل دشت به تعدادی واحد زراعی

مشابه تقسیم گردیده و هر واحد زراعی مشابه با پانمون f نشان داده می‌شود.

پانمون c: از پانمون c برای نشان‌دادن نوع محصول بمنظور کشت در یک واحد زراعی و در یک ناحیه خاص استفاده بعمل میاید. با معرفی سه پانمون اخیر الذکر هم اکنون این سوال را میتوان مطرح کرد که در واحد زراعی f متعلق به زیر ناحیه j چند هکتار را میتوان به کشت محصول c اختصاص داد تا درآمد خالص حاصل از کشت محصولات در مزارع و نواحی مختلف بیشینه گردد. در واقع این سوال یکی از مجهولات مدل است که با نماد X_{jfc} نشان داده میشود. به این ترتیب قید ناشی از محدودیت زمین بفرم ذیل درمی‌آید:

$$\sum_f \sum_c X_{jfc} < A_j \quad \forall j$$

محدودیت آب: چنانچه آب مورد نیاز محصول c در واحد زراعی تیپ f متعلق به زیر ناحیه j در ماه t از فصل رشد معادل W_{jfct} باشد و بهره‌برداری همزمان از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی قابل قبول و عملی باشد، در آنصورت کل آب مورد نیاز محصول c در واحد زراعی تیپ f از زیر ناحیه j در ماه t برابر خواهد بود با:

$$Q^{GW}_{jft} + Q^{SW}_{jft} = \sum_c W_{jfct} X_{jfc} \quad \forall j,f,t$$

و عملا" کل آب مورد نیاز در ماه t از فصل رشد (W_t) معادل مجموع برداشت از منابع آبهای زیرزمینی (Q^{GW}_{jft}) و منابع آبهای سطحی (Q^{SW}_{jft}) خواهد بود یعنی:

$$\sum_j \sum_f Q^{GW}_{jft} = q_t \quad \forall t$$

$$\sum_j \sum_f Q^{SW}_{jft} = q_t \quad \forall t$$

$$q_t + q_t = W_t \quad \forall t$$

بمنظور تامین آب مورد نیاز اراضی در زیر نواحی مختلف و در پریودهای متفاوت باید ظرفیت کانالهای آبرسان درجه ۱ یعنی q، g و w و همچنین ظرفیت کانالهای درجه دو آبرسان به داخل زیر نواحی مختلف q قیود ذیل را ارضاء نماید.

$$q > q_t \quad \forall t$$

$$g > g_t \quad \forall t$$

$$W > W_t \quad \forall t$$

$$q_j > \sum_f (Q^{GW}_{jft} + Q^{SW}_{jft}) \quad \forall j,t$$

معمولا" درمیزان حداکثر آب قابل دسترس درماههای مختلف، محدودیتهائی وجوددارد که این محدودیتها رامیتوان بصورت قید ویا منظورنمودن درتابع هزینه ،اثر آنها رالحاظ نمود. بطورمثال چنانچه آوردقابل تنظیم سالیانه ازمخزن معادل T باشد ،در آنصورت

$$\sum_{q} q_t < T$$

محدودیت مصرف نهاده های کشاورزی: باتوجه به میزان مصرف نهاده های کشاورزی درواحدسطح (کود ،سم ،نیروی انسانی،ماشین آلات،بذر و ....) وهمچنین هزینه تامین آنها ،براحتی میتوان هزینه های ناشی ازمصرف نهاده های کشاورزی رادرتابع هدف نهائی منظورنمود .

محدودیت تنوع درکشت محصول: زارعین دلائل متعددی برای کشت بیش‌ازیک محصول درمزارع خودداشته وکمتر اتفاق می‌افتد که کل اراضی تنها بایک محصول به‌زیرکشت رود. نیازهای داخل مزرعه واحتمال رکود بازاردرخصوص فروش همزمان‌یک محصول خاص، ازجمله دلائل موجودپیرامون تنوع درکشت محصول است. ضمن پرهیز ازایجادپیچیدگی‌درمدل پیشنهادی، میتوان مجموعه ای‌ازمحصولات رابرگزید ($c' \in c_f$) که بموجب‌آن بخشی‌از هرواحدزراعی به آن کشت‌اختصاص یابد. به‌بیان ریاضی :

$$\sum_{f} X_{jfc'} > \alpha_{fc'} \sum_{j} \sum_{c} X_{jfc} \quad \forall f,c' , c' \in c_f$$

$\alpha_{fc'}$: درصدی‌ازمحصول c (ازنقطه‌نظرمساحت)که بایددرواحدزراعی تیپ f کشت گردد .

$X_{jfc'}$: سطح زیرکشت محصول متعلق به‌مجموعه‌محصولات c که بایددر واحدزراعی f ازناحیه‌فرعی j کشت شود .

محدودیت ناشی‌ازهزینه های‌آبو آبیاری: هزینه کل آبقابل استحصال برای هرواحدزراعی‌ازرابطه‌زیربدست می‌آید :

$$Tc^{W}_{f} = \sum_{j} \delta_{f}[C^{W}_{g}(g)+C^{W}_{q}(q)+C^{W}_{W}(W)] + \gamma_{jf}C_j(q_j)+\sum_{t}(C^{GW}_{jft}.Q^{GW}_{jft}+C^{SW}_{jft}+Q^{SW}_{jft}) \quad \forall f$$

معانی هریک‌ازنمادهای بکاررفته درفرمول فوق به‌قرارزیراست :

γ_{jf} ، ξ_f : ضریب تبدیل هزینه‌های سالیانه برای واحدهای زراعی مختلف

$C_g^W(g), C_q^W(q), C_w^W(W)$: هزینه احداث کانال انتقال آب از منابع آبهای زیرزمینی، سطحی و مجموع این دو بر حسب تابعی از میزان برداشت از این منابع

$C_j(q_j)$: هزینه احداث کانال آب داخل واحدهای زراعی بر حسب تابعی از آب مورد نیاز هر ناحیه فرعی

C_{jft}^{GW} ، C_{jft}^{SW} : قیمت فروش واحد حجم آب مورد نیاز در واحد زراعی f از ناحیه فرعی j در ماه t (از منابع سطحی و زیرزمینی)

بطور معمول محدودیت فوق الذکر حاوی مولفه‌های غیرخطی بوده که باید با تمهیدات مناسبی خطی گردند .

تبیین تابع هدف: چنانچه برای هر واحد زراعی میزان مصرف نهاده‌های کشاورزی و ویژگیهای اقلیمی منطقه معروض باشد، براحتی میتوان عملکرد هر محصول را در واحد سطح به کمک تابع تولید محصول و یا تجربه مشخص نمود. چنانچه Y_{jfc} عملکرد محصول c در واحد سطح در واحد زراعی f از زیرناحیه j باشد در آنصورت مقدار کل محصول تولید شده از نوع c در واحد زراعی f متعلق به زیرناحیه j برابر $Y_{jfc} \cdot X_{jfc}$ خواهد بود.

چنانچه P_c قیمت واحد فروش محصول c باشد، در آنصورت درآمد ناخالص حاصل از کشت محصول c در واحدهای زراعی مختلف از رابطه زیر بدست میاید .

$$I_f = \sum_j \sum_c P_c \cdot X_{jfc} \cdot Y_{jfc} \quad \forall f$$

درآمد خالص سالیانه برای هر واحد زراعی از تفریق هزینه کل سالیانه آن واحد زراعی از درآمد ناخالص سالیانه آن واحد زراعی بدست می‌آید .

$$NI_f = I_f - TC_f$$

TC_f : مجموع هزینه‌های ناشی از آب و آبیاری و مصرف نهاده‌های

همانطور که قبلا" اشاره شد ،هدف از استقرار شبکه آبیاری وزهکشی تحصیل درآمد خالص حداکثر بوده ومطالعات بهینه یابی در راستای تعیین ظرفیت کانال وسطح زیرکشت منجر به بیشینه کردن تابع هدف ذیل میگردد .

$$Z = \sum_{f} N I_f$$

تابع هدف فوق معروض به قیودی از نوع روابط قبلی است وبا بهره - گیری از تکنیکهای شناخته شده ای چونان برنامه ریاضی (Mathematical Programming) امکان بهینه کردن آن وجود خواهد داشت. با اجرای مدل، سطح زیرکشت هر محصول در یک کلاس مشخص از خاک در واحدهای زراعی مختلف به همراه درآمد خالص حاصل از کشت اراضی تعیین گردیده وبدنبال آن ظرفیت بهینه کانال بارو یداشت به نیاز آبی گیاهان در ماههای مختلف محاسبه میگردد .

چگونگی پیاده کردن مدل برروی یک دشت واقعی :

بمنظور روشن شدن همه جانبه مدل ریاضی شبکه آبیاری وزهکشی، جزئیات مدل اخیر الذکر برروی اراضی کشاورزی پائین دست سد مخزنی شادکام پیاده میگردد. قبل از معرفی قیود حاکم بر مدل، ابتدا با بهره - گیری از سوابق مطالعاتی پروژه اخیر الذکر ،پانمونهای ز،f،c وt استخراج گردیده وبدنبال آن امکان تبیین مدل میسر میگردد .

پانمونهای زوf: پانمون ز با بهره گیری از مطالعات خاکشناسی وپانمون f با استفاده از نتایج حاصل از مطالعات اجتماعی، اقتصادی و کشاورزی تعیین میگردد. از آنجاکه گزارش خاکشناسی بین معرف آب و سایر نهاده های کشاورزی در کلاسهای مختلف خاک تمایزی قائل نگردیده و گزارش اجتماعی، اقتصادی وکشاورزی طرح نیز در خصوص مستثنیات ومالکیت بخش خصوصی، ابعاد مزارع، سطح تکنولوژی زارع در هر مزرعه ،راندمان آبیاری در هر مزرعه وبالاخره منابع مالی زارع در هر مزرعه سخنی بمیان

نیاورده است،لذا ازواردنمودن پانمونهای zو f درمدل پیشنهادی صرفنظر شده است .

پانمونc: پانمون c به نوع وتعداد محصولات قابل کشت درمنطقه ارتباط پیدا میکند . دراین راستا ترکیب وتنوع گیاهان زراعی هر ناحیه درتبعیت تعیین کننده ای از پتانسیل منابع آب وخاک قرار دارد . گرچه وضعیت اقلیمی ناحیه موردنظر ،شرایط مطلوبی راجهت کشت نباتات زراعی استراتژیک موردنیازمنطقه بوجود آورده ،لیکن ترکیب کشت گیاهان زراعی دررابطه تنگاتنگی باپتانسیل منابع آب شکل میگیرد . زراعت اصلی منطقه موردنظر راغلات(گندم وجو)،گیاهان علوفه ای(یونجه واسپرس) باوسعت قابل توجه ای تشکیل داده ودرمقیاس محدود وبمنظورتامین نیازهای داخل مزرعه ،بخشی از اراضی به کشت حبوبات (نخود ،عدس وخلر) ودرسالهای اخیرنیزبخشی به کشت چغندرقند اختصاص یافته است. درجدول ذیل نام محصولات وشماره کدمنتسب به آنها آورده شده است .

نام محصول	گندم آبی	آیش	جو آبی	گیاهان علوفه ای	حبوبات	چغندر قند
شماره کد c	۱	۲	۳	۴	۵	۶

پانمون t: پانمون t به تقویم زراعی منطقه ارتباط پیدا میکند . مهمترین عامل درمشخص نمودن تقویم عملیات زراعی،شرایط ویژه آب وهوائی است. طول دوره رویش ورشدگیاهان مختلف،در انطباق با شرایط اقلیمی متفاوت بوده وانتخاب این دوره برای هریک از محصولات موجوددر الگوی کشت،تابعی از این شرایط است. درمنطقه موردنظر تقویم عملیات زراعی از اوائل اردیبهشت ماه آغاز گردیده وتا اواخر مهرماه ادامه می یابد . درجدول ذیل نام ماه وشماره کدقابل تخصیص به آن، آورده شده است .

نام ماه	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر
شماره کد t	۱	۲	۳	۴	۵	۶

با مشخص شدن پانمونهای چهارگانه j،f،c و t، براحتی میتوان نسبت به معرفی قیود حاکم بر مدل (ناشی از محدودیتهای مختلف) مبادرت ورزید .

محدودیت زمین: محدودیت زمین با نامعادله ذیل در مدل وارد می‌گردد .

$$\sum_{c} X_c < A \qquad X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 < 3536$$

محدودیت آب: قیود مرتبط با محدودیت آب در چند گروه بشرح ذیل طبقه‌بندی میشوند .

گروه اول). نیاز آبی گیاه: گیاهان مختلف موجود در ترکیب کشت در پریودهای مختلف عملیات زراعی به مقادیر مختلفی آب نیاز دارند که خلاصه نیاز آبی آنها در ماههای مختلف دوره رشد در جدول ذیل آورده شده است.

نام محصول	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
گندم آبی	۳۵۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۰۰	۱۹۵۰	۱۵۰۰	۰	۰
جو آبی	۳۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۰۰	۱۸۰۰	۹۰۰	۰	۰
یونجه و اسپرس	۱۰۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۰۰	۱۶۵۰	۲۶۰۰	۲۶۰۰	۱۵۰۰
حبوبات	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۵۰	۱۶۵۰	۲۴۰۰	۱۶۵۰	۰
چغندرقند	۴۵۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۵۰	۱۵۰۰	۳۴۰۰	۳۴۰۰	۱۸۰۰

از آنجاکه جدول اخیر الذکر در خصوص نیاز آبی گیاه در کلاسهای مختلف خاک تمایزی قائل نگردیده و از طرف دیگر در تبیین مدل پیشنهادی، بهره‌برداری توام از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی مورد نظر است، لذا قیود حاکم بر مدل ناشی از نیاز آبی گیاه بصورت ذیل درمیاید :

$$Q_t^{GW} + Q_t^{SW} = \Sigma\Sigma_c W_{ct} X_c \quad \forall t$$

$$Q_1^{GW} + Q_1^{SW} = 1200X_1 + 0X_2 + 1300X_3 + 900X_4 + 550X_5 + 550X_6$$

$$Q_2^{GW} + Q_2^{SW} = 1950X_1 + 0X_2 + 1800X_3 + 1650X_4 + 1650X_5 + 1500X_6$$

$$Q_3^{GW} + Q_2^{SW} = 1500X_1 + 0X_2 + 900X_3 + 2600X_4 + 2400X_5 + 2400X_6$$

$$Q_4^{GW} + Q_4^{SW} = 0X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 2600X_4 + 1650X_3 + 2400X_6$$

$$Q_5^{GW} + Q_5^{SW} = 0X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 1500X_4 + 0X_5 + 1800X_6$$

$$Q_6^{GW} + Q_6^{SW} = 250X_1 + 0X_2 + 300X_3 + 1000X_4 + 0X_5 + 1450X_6$$

گروه دوم). محدودیت برداشت از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی: مطالعات هیدروژئولوژی در سطح محدوده مورد نظر نشان میدهد که در شرایط موجود از منابع آبهای زیرزمینی بمیزان ۱۰۵۲۳۵۲۰ متر مکعب آب برداشت میشود، بنابراین یکی از قیود حاکم بر مدل بفرم ذیل خواهد بود :

$$\sum_{t=1}^{6} Q_t^{GW} < 10523520 \qquad Q_1^{GW} + Q_2^{GW} + Q_3^{GW} + Q_4^{GW} + Q_5^{GW} + Q_6^{GW} < 10523520$$

آورد قابل تنظیم رودخانه در محل احداث سد نیز محدود بوده و در هیچ شرایطی نباید از تخصیص قابل تنظیم مخزن تجاوز نماید. بعبارتی:

$$\sum_{t=1} Q_t^{SW} < T \qquad Q_1^{SW} + Q_2^{SW} + Q_3^{SW} + Q_4^{SW} + Q_5^{SW} + Q_6^{SW} < T$$

گروه سوم). محدودیت ظرفیت آب در کانال انتقال آب: در این مدل فرض بر آنست که موقعیت چاهها در سطح دشت بگونه ای یکنواخت توزیع گردیده و برداشت از منابع آبهای زیرزمینی درست در داخل مزرعه صورت میپذیرد و نیازی به عبور از کانال نیست. با اعمال این فرض عملا" کانال نقش انتقال آبهای سطحی را در پریودهای مختلف بعهده خواهد داشت و همواره باید ظرفیت کانال انتقال آب از میزان برداشت از مخزن در ماههای مختلف بیشتر باشد .

با توجه به موقعیت استقرار اراضی، تنها مشخصات اصلی کانال درجه (۱) بطول تقریبی ۱۹۵۹۰ متر در مدل وارد گردیده و فرض بر آنست که در طول مسیر کانال بهره برداری از آب میسر نبوده و آب منحصرا" از انتهای کانال برداشت میگردد. در این شرایط محدودیت مرتبط با ظرفیت کانال انتقال آب بصورت زیر درمیاید :

$$86400 \times 30.4 \times q > Q_t^{SW} \quad \forall t$$

$$2626560\, q > Q_t^{SW}$$

گروه چهارم). محدودیت مرتبط با هزینه احداث کانال انتقال آب: با عنایت به اینکه هزینه احداث کانال انتقال آب با سایر پارامترها و مجهولات مدل رابطه تساوی دارد، اثرات آنرا در تابع هدف منظور خواهیم نمود.

محدودیت مرتبط با سایر هزینه ها: از آنجاکه هزینه تهیه و مصرف نهاده های کشاورزی با سایر پارامترها و مجهولات مدل رابطه تساوی دارد، لذا اثرات آنها را در تابع هدف منظور خواهیم کرد.

محدودیت مرتبط با آیش زمین: بدلائل مختلف همواره بخشی از اراضی در سالهای زراعی مختلف به کشت خاصی اختصاص نمی یابد و بصورت آیش رها میشود. لذا در مدل پیشنهادی سطح آیش همواره معادل یا بیشتر از ده درصد مجموع سطوح زیر کشت محصولات در نظر گرفته شده است.

$$X_2 > 0.10(X_1 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6)$$

محدودیت مرتبط با تنوع کشت: با توجه به اینکه بخش قابل توجه ای از آهالی منطقه مورد نظر را عشایر کوچرو تشکیل می دهند، لذا نیاز خود معرفی وخوراک دام باعث گردیده که بر روی محصولات گندم، گیاهان علوفه ای و حبوبات قیود ذیل اعمال گردد:

$$X_1 > 0.20(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6)$$
$$X_2 > 0.20(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6)$$
$$X_3 > 0.10(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6)$$

محدودیت فنی: در نتیجه اجرای مدل این استنتاج عمومی حاصل گردیده که اگر قیدی بر روی سطح زیر کشت چغندرقند اعمال نشود، مدل در جهت بیشینه کردن سود خالص، بخش اعظم اراضی را به کشت چغندرقند اختصاص خواهد داد و این بدان علت است که ارزش خالص تولید این محصول در مقایسه با سایر محصولات موجود در ترکیب کشت نسبتا" زیاد و نیاز آبی آن در واحد سطح نسبتا" کم است. بمنظور پرهیز از این اشکال و عملی نمودن مدل، قید زیر بر روی سطح زیر کشت چغندرقند اعمال گردیده است.

$$X_6 < 400$$

ویژگیهای تابع هدف یا تابع سود خالص: با توجه به مطالب قبل، تابع هدف دارای دو مولفه بشرح ذیل میباشد:

* درآمد کل ناشی از کشت اراضی: یکی از مولفه های تابع هدف، درآمد کل ناشی از کشت اراضی میباشد که از ضرب ارزش خالص تولید هر محصول در سطح زیر کشت آن محصول بدست میاید. یعنی :

$$463700X_1 + 0X_2 + 479500X_3 + 429150X_4 + 214000X_5 + 72500X_6$$

* هزینه احداث کانال انتقال آب: هزینه احداث کانال انتقال آب وابسته هیدرولیکی وابسته یکی دیگر از مولفه های تابع هدف میباشد که این هزینه براحتی برحسب ظرفیت آبدهی کانال بشرح ذیل قابل بیان میباشد:

$$\text{کل هزینه کانال برحسب } q = 25058321.69q^{0.75} + 483154767.1q^{0.375} + 634454710.4$$

از آنجاکه درآمد خالص حاصل از کشت اراضی بصورت سالیانه بوده، لذا باید هزینه اولیه احداث کانال نیز به هزینه سالیانه تبدیل گردد. با انتخاب نرخ بهره ۸ درصد و طول دوره تحلیل اقتصادی معادل ۵۰ سال، هزینه سالیانه احداث کانال بطول ۱۹۵۹۰ متر پس از اعمال ضرائب بالاسری، منطقه ای، تجهیز کارگاه و ۱۰ درصد بعنوان موارد پیش بینی نشده برابر خواهد بود با :

$$\text{هزینه سالیانه احداث کانال} = F(q) = 3198444.18q^{0.75} + 61669874.47q^{0.375} + 80981799.29$$

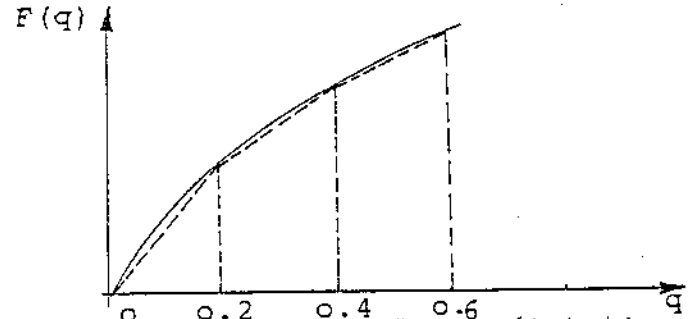
به این ترتیب تابع هدف نهائی بفرم ذیل درخواهد آمد.

$$Z = 463700X_1 + 0X_2 + 479500X_3 + 429150X_9 + 214000X_5 + 725000X_6 - 3198444.18q^{0.75} - 61669874.47q^{0.375} - 80981799.29$$

این تابع غیرخطی معروض به قیودی از نوع محدودیت زمین، محدودیت آب، محدودیت مصرف نهاده های کشاورزی و .... بوده و باید با بهره گیری از روشهای شناخته شده ای چون برنامه ریزی ریاضی حل گردد.

مسئله اخیر با فرض خطی بوده تابع هدف، حالتی ساده از مسائل برنامه ریزی خطی است. یک استراتژی مناسب در این حالت آنست که تابع غیرخطی فوق با معرفی متغیرهای جدید، خطی گردد تا مقدمات استفاده از روش برنامه ریزی خطی فراهم آید.

حال ببینیم چگونه میتوان تابع F(q) را که یک تابع غیر خطی است، به یک تابع خطی تبدیل نمود. برای این منظور با توجه به ملاحظات حداکثر سطح قابل کشت و نیاز آبی الگوی کشت، برای متغیر q مقادیر معقول و منطقی اختیار گردیده و برای این مقادیر، مقدار تابع F(q) محاسبه میگردد. آنگاه نقاط (q,F(q)) در صفحه مختصات به یکدیگر متصل گردیده و تابع اصلی با خطوط شکسته ای تقریب زده میشود. جزئیات فوق بصورت ترسیمی در شکل ذیل آورده شده است.



بمنظور اینکه بتوان خطوط شکسته و تقریب فوق را به زبان ریاضی بیان نمود. ابتدا به هریک از مقادیر انتخابی q، وزنی منتسب نموده و متغیر q را بصورت ترکیبی از مقادیر q و این وزنها در نظر میگیریم.

$$q = 0\alpha_0 + 0.2\alpha_1 + 0.4\alpha_3 + 0.6\alpha_3 + \ldots$$

در عبارت اخیر وزنهای α_i مقادیر غیر منفی بوده و $\sum_{i=0} \alpha_i = 1$ است.

ترکیبهای متعدد زیادی از وزنها باعث برقراری تساوی فوق خواهند گردید، ولی تنها مقادیری که دو محدودیت ذیل را ارضاء نمایند، جواب مسئله خواهند بود:

الف). برای هر مقدار q، تنها دو وزن از کمیات α_i مثبت و غیر صفر خواهند بود و سایر مقادیر صفر هستند.

ب). این دو مقدار در مجاورت یکدیگر قرار دارند.

بطور مثال $\alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_5 = 0$ ، $\alpha_4 = 0.15$ ، $\alpha_3 = 0.85$ برای $q = 0.63$

به این ترتیب ملاحظه میشود که برای بیان متغیر q، مقادیر این متغیر در ابتدا و انتهای هر وتر بعنوان ضرائب وزنها در محاسبات وارد میگردد. حال چنانچه بخواهیم تابع غیر خطی F(q) را بصورت ترکیبی خطی از وزنهای فوق در نقاط مختلف بیان کنیم، کافی است مقدار تابع در هر نقطه را در وزن آن نقطه ضرب نموده و نتایج را با هم جمع نمائیم.

$$F(q) = F(0)\,\alpha_0 + F(0.2)\,\alpha_1 + F(0.4)\,\alpha_2 + \cdots\cdots$$

وزنهای α_0 ، α_1 ، α_2 و .... درجمیع حالات باید شرایط زیر را ارضاء نمایند :

- غیر منفی باشند ،
- مجموع آنها باید معادل واحد باشد ،
- تنها دو وزن مثبت و غیر صفر باشند و بقیه وزنها معادل صفر باشند ،
- این دو وزن مجاور یکدیگر باشند ،

به این ترتیب با بهره گیری از تکنیک فوق، متغیر q و بطریق اولی تابع F(q) قابل تبدیل به توابع خطی خواهند بود. بطور مثال محدودیت $Q^{SW} < 262656.*q$ را بدین شکل میتوان نوشت :

$$(0\alpha_0 + 0.2\alpha_1 + 0.4\alpha_2 + 0.6\alpha_3 + \ldots) > Q_1^{SW}$$

و یا تابع F(q) برحسب وزنهای α_i بصورت زیر درمیاید :

$$F(q) = 80981799.24\ \alpha_0 + 115663928.3\alpha_1 + 126327186.1\alpha_2 + \ldots$$

و درنهایت تابع هدف Z برحسب متغیرهای جدید بفرم ذیل درمیاید :

$$Z = 463700X_1 + 0X_2 + 479500X_3 + 429150X_4 + 214000X_5 + 725000X_6 - 80981799.24\alpha_0 - 115663928.3\alpha_1 - 126327186.1\alpha_2 - \cdots$$

درجدول شماره (۱) ماتریس ضرائب قیود بهمراه ضرائب تابع سود (Z) آورده شده است .

با تبدیل تابع غیر خطی هدف به تابعی خطی، مسئله اخیر جزء مسائل برنامه ریزی خطی تلقی گردیده و برا حتی برای آوردهای قابل تنظیم مختلف (T) با بهره گیری از روش سیمپلکس (Simplex Method) قابل تحلیل میباشد .

مسئله اخیر الذکر برای آوردهای قابل تنظیم مختلف حل گردیده و نتایج در جداول (۲)، (۳) و (۴) منعکس گردیده است. همانطور که از مندرجات جدول (۲) استنباط میشود. درآمد حاصل از کشت در واحد سطح برای آوردهای قابل تنظیم مختلف دارای نوسانات قابل توجه ای نبوده و این رقم بین ۳۵۲۶۱۵ تا ۳۸۴۷۰۵ ریال در نوسان میباشد. همچنین در شرایطی که آورد قابل تنظیم از مرز ۱۱/- میلیون متر مکعب تجاوز نماید، بعلت محدودیت زمین و .... سود بیشتری عاید نمیگردد .

جدول شماره (۱). ماتریس خرائب فیبو دشبکه آبیاری و زهکشی (GW= 10 MCH)

جدول شماره (۲). نتایج سطح زیر کشت بهینه و ظرفیت آبگذری کانال

MCM

(GW= 10)

کل برداشت از منابع آبهای سطحی (MCM)	سود خالص سالیانه (میلیون ریال)	سطح کل زیر کشت (هکتار)	درآمد در واحد سطح (ریال)	سطح زیر کشت محصولات (هکتار)						فرانسب									ظرفیت آبدهی کانال LPS
				گندم آبی	آیش	جو آبی	گیاهان علوفه ای	حبوبات	چغندر قند	α_0	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	
۰	۶۵۶/۲۵۲	۱۸۶۱/۱	۳۵۲۶۱۵	۳۷۲/۲۲	۱۶۹/۱۹	۷۶۱/۲۶	۳۷۲/۲۲	۱۸۶/۱۱	۰	۱/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۵	۶۸۷/۶۱۲	۱۹۵۲/۱۲	۳۵۱۸۷۲	۳۹۰/۸۳	۱۷۷/۶۵	۷۹۹/۲۲	۳۹۰/۸۳	۱۹۵/۴۱	۰	۰/۸۴	۰/۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۲
۱/۰	۷۱۸/۹۷۲	۲۰۴۷/۲	۳۵۱۱۹۷	۴۰۹/۲۲	۱۸۶/۱۱	۸۳۷/۲۹	۴۰۹/۲۲	۲۰۴/۷۲	۰	۰/۶۸	۰/۳۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۴
۱/۵	۷۵۰/۲۳۱	۲۱۴۰/۲	۳۵۰۵۷۲	۴۲۸/۰۵	۱۹۴/۵۷	۸۷۵/۵۶	۴۲۸/۰۵	۲۱۴/۰۳	۰	۰/۵۲	۰/۴۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۶
۲/۰	۷۸۱/۶۹۱	۲۳۳۳/۲	۳۵۰۰۱۶	۴۴۶/۶۶	۲۰۳/۰۳	۹۱۳/۶۳	۴۴۶/۶۶	۲۲۳/۳۳	۰	۰/۳۷	۰/۶۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۶
۲/۵	۸۱۳/۰۵۱	۲۳۳۶/۲	۳۴۹۴۸۸	۴۶۵/۲۷	۲۱۱/۴۹	۹۵۱/۷۰	۴۶۵/۲۷	۲۳۳/۶۲	۰	۰/۳۱	۰/۷۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۵۸
۳/۰	۸۴۴/۴۱۱	۲۴۱۹/۲	۳۴۹۰۱۶	۴۸۳/۸۸	۲۱۹/۹۵	۹۸۹/۷۶	۴۸۳/۸۸	۲۴۱/۹۲	۰	۰/۰۵	۰/۹۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۹۰
۳/۵	۸۷۸/۲۲۴	۲۵۱۲/۵	۳۴۹۶۲۱	۵۰۲/۵۰	۲۲۸/۴۱	۱۰۲۷/۸۳	۵۰۲/۵۰	۲۵۱/۲۵	۰	۰	۰/۸۹	۰/۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۲۲
۴/۰	۹۱۳/۵۹۴	۲۶۰۵/۵۴	۳۵۰۶۳۵	۵۲۱/۱۱	۲۳۶/۸۷	۱۰۶۵/۹۰	۵۲۱/۱۱	۲۶۰/۵۵	۰	۰	۰/۷۳	۰/۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۵۴
۴/۵	۹۴۸/۷۴۴	۲۶۹۸/۶	۳۵۱۵۷۶	۵۳۹/۷۲	۲۴۵/۳۳	۱۱۰۳/۹۲	۵۳۹/۷۲	۲۶۹/۸۶	۰	۰	۰/۵۷	۰/۲۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۸۶
۵/۰	۹۸۳/۹۳۴	۲۷۹۱/۶	۳۵۲۴۶۲	۵۵۸/۳۳	۲۵۳/۷۹	۱۱۲۲/۰۴	۵۵۸/۳۳	۲۷۹/۱۶	۰	۰	۰/۴۱	۰/۵۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۱۸
۵/۵	۱۰۱۸/۹	۲۸۸۲/۷	۳۵۳۳۰۸	۵۷۶/۹۴	۲۶۲/۲۵	۱۱۸۰/۱۰	۵۷۶/۹۴	۲۸۸/۴۷	۰	۰	۰/۲۴	۰/۷۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۵۲
۶/۰	۱۰۵۳/۸۴	۲۹۷۷/۸	۳۵۳۸۹۸	۵۹۵/۵۵	۲۷۰/۷۰	۱۲۱۸/۱۲	۵۹۵/۵۵	۲۹۷/۷۸	۰	۰	۰/۰۶	۰/۹۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۸۸
۶/۵	۱۰۸۹/۱۵	۳۰۷۰/۸	۳۵۴۶۷۹	۶۱۲/۱۶	۲۷۹/۱۶	۱۲۵۶/۲۴	۶۱۲/۱۶	۳۰۶/۰۸	۰	۰	۰	۰/۸۸	۰/۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۴۲۴
۷/۰	۱۱۲۴/۵	۳۱۶۳/۹	۳۵۵۴۱۵	۶۳۲/۲۷	۲۸۷/۶۲	۱۲۹۴/۳۱	۶۳۲/۲۷	۳۱۶/۳۹	۰	۰	۰	۰/۶۸	۰/۳۲	۰	۰	۰	۰	۰	۴۶۴
۷/۵	۱۱۵۹/۷۵	۳۲۵۶/۹	۳۵۶۰۹۰	۶۵۱/۳۸	۲۹۶/۰۸	۱۳۳۳/۳۷	۶۵۱/۳۸	۳۲۵/۶۹	۰	۰	۰	۰/۴۷	۰/۵۳	۰	۰	۰	۰	۰	۵۰۶
۸/۰	۱۱۹۵/۰	۳۳۵۰	۳۵۶۷۱۶	۶۶۹/۹۹	۳۰۴/۵۴	۱۳۷۰/۴۲	۶۶۹/۹۹	۳۳۵/۰	۰	۰	۰	۰/۲۷	۰/۷۳	۰	۰	۰	۰	۰	۵۳۶
۸/۵	۱۲۳۰/۳۴	۳۴۴۳	۳۵۷۳۱۶	۶۸۸/۶۱	۳۱۳/۰	۱۴۰۸/۵۱	۶۸۸/۶۱	۳۴۴/۳۰	۰	۰	۰	۰/۰۶	۰/۹۴	۰	۰	۰	۰	۰	۵۷۶
۹/۰	۱۲۶۵/۷	۳۵۳۶	۳۵۷۹۳۶	۷۰۷/۲۰	۳۲۱/۲۵	۱۴۴۶/۲۶	۷۰۷/۲۰	۳۵۳/۶۰	۰/۰۹	۰	۰	۰	۰/۸۵	۰/۱۵	۰	۰	۰	۰	۶۳۰
۹/۵	۱۲۸۹/۸۴	۳۵۳۶	۳۶۴۷۷۳	۷۰۷/۲۰	۳۲۱/۲۵	۱۴۴۴/۲۲	۷۰۷/۲۰	۳۵۳/۶۰	۱۰۲/۱۳	۰	۰	۰	۰/۷۱	۰/۲۹	۰	۰	۰	۰	۶۵۸
۱۰/۰	۱۳۱۳/۹۹	۳۵۳۶	۳۷۸۴۳۰	۷۰۷/۲۰	۳۲۱/۲۵	۱۴۴۳/۳۸	۷۰۷/۲۰	۳۵۳/۶۰	۲۰۴/۱۷	۰	۰	۰	۰/۵۶	۰/۴۴	۰	۰	۰	۰	۶۸۸
۱۰/۵	۱۳۳۸/۱۳	۳۵۳۶	۳۸۲۷۰۵	۷۰۷/۲۰	۳۲۱/۲۵	۱۱۳۰/۳۴	۷۰۷/۲۰	۳۵۳/۶۰	۳۰۶/۲۱	۰	۰	۰	۰/۴۲	۰/۵۸	۰	۰	۰	۰	۷۱۶
۱۱/۰	۱۳۶۰/۳۲	۳۵۳۶	۳۸۲۷۰۵	۷۰۷/۲۰	۳۲۱/۲۵	۱۰۴۶/۵۵	۷۰۷/۲۰	۳۵۳/۶۰	۴۰۰/۰	۰	۰	۰	۰/۲۹	۰/۷۱	۰	۰	۰	۰	۷۴۲
۱۱/۵	۱۳۶۰/۳۲	۳۵۳۶	۳۸۲۷۰۵	۷۰۷/۲۰	۳۲۱/۲۵	۱۰۴۶/۵۵	۷۰۷/۲۰	۳۵۳/۶۰	۴۰۰/۰	۰	۰	۰	۰/۲۹	۰/۷۱	۰	۰	۰	۰	۷۴۲

جدول شماره (۳). مقادیر برداشت از منابع آبهای سطحی در ماههای مختلف

MCM

(GW= 10)

آورد قابل تنظیم MCM	اردیبهشت Q_1^{SW}	خرداد Q_2^{SW}	تیر Q_3^{SW}	مرداد Q_4^{SW}	شهریور Q_5^{SW}	مهر Q_6^{SW}
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۵	۸۳۳۳۳/۳۳	۸۳۳۳۳/۳۳	۸۳۳۳۳/۳۳	۸۳۳۳۳/۳۳	۸۳۳۳۳/۳۳	۸۳۳۳۳/۳۳
۱/۰	۱۶۶۶۶۶/۶۷	۱۶۶۶۶۶/۶۷	۱۶۶۶۶۶/۶۷	۱۶۶۶۶۶/۶۷	۱۶۶۶۶۶/۶۷	۱۶۶۶۶۶/۶۷
۱/۵	۲۵۰۰۰۰/۰۰	۲۵۰۰۰۰/۰۰	۲۵۰۰۰۰/۰۰	۲۵۰۰۰۰/۰۰	۲۵۰۰۰۰/۰۰	۲۵۰۰۰۰/۰۰
۲/۰	۳۳۳۳۳۳/۳۳	۳۳۳۳۳۳/۳۳	۳۳۳۳۳۳/۳۳	۳۳۳۳۳۳/۳۳	۳۳۳۳۳۳/۳۳	۳۳۳۳۳۳/۳۳
۲/۵	۴۱۶۶۶۶/۶۷	۴۱۶۶۶۶/۶۷	۴۱۶۶۶۶/۶۷	۴۱۶۶۶۶/۶۷	۴۱۶۶۶۶/۶۷	۴۱۶۶۶۶/۶۷
۳/۰	۵۰۰۰۰۰/۰۰	۵۰۰۰۰۰/۰۰	۵۰۰۰۰۰/۰۰	۵۰۰۰۰۰/۰۰	۵۰۰۰۰۰/۰۰	۵۰۰۰۰۰/۰۰
۳/۵	۵۸۳۳۳۳/۳۳	۵۸۳۳۳۳/۳۳	۵۸۳۳۳۳/۳۳	۵۸۳۳۳۳/۳۳	۵۸۳۳۳۳/۳۳	۵۸۳۳۳۳/۳۳
۴/۰	۶۶۶۶۶۶/۶۷	۶۶۶۶۶۶/۶۷	۶۶۶۶۶۶/۶۷	۶۶۶۶۶۶/۶۷	۶۶۶۶۶۶/۶۷	۶۶۶۶۶۶/۶۷
۴/۵	۷۵۰۰۰۰/۰۰	۷۵۰۰۰۰/۰۰	۷۵۰۰۰۰/۰۰	۷۵۰۰۰۰/۰۰	۷۵۰۰۰۰/۰۰	۷۵۰۰۰۰/۰۰
۵/۰	۸۳۳۳۳۳/۳۳	۸۳۳۳۳۳/۳۳	۸۳۳۳۳۳/۳۳	۸۳۳۳۳۳/۳۳	۸۳۳۳۳۳/۳۳	۸۳۳۳۳۳/۳۳
۵/۵	۹۳۶۹۱۸/۲۰	۹۳۶۹۱۸/۲۰	۹۳۶۹۱۸/۲۰	۹۳۶۹۱۸/۲۰	۸۶۵۳۰۹/۰۳	۹۳۶۹۱۸/۲۰
۶/۰	۱۰۲۱۳۳۴/۹۱	۱۰۲۱۳۳۴/۹۱	۱۰۲۱۳۳۴/۹۱	۱۰۲۱۳۳۴/۹۱	۸۹۳۳۲۵/۷۲	۱۰۲۱۳۳۴/۹۱
۶/۵	۱۱۱۵۷۵۱/۶۳	۱۱۱۵۷۵۱/۶۳	۱۱۱۵۷۵۱/۶۳	۱۲۱۵۷۵۱/۶۳	۹۲۱۲۲۱/۸۶	۱۱۱۵۷۵۱/۶۳
۷/۰	۱۲۱۷۸۹۶/۱۲	۱۲۱۷۸۹۶/۱۲	۱۲۱۷۸۹۶/۱۲	۱۲۱۷۸۹۶/۱۲	۹۴۹۱۵۸/۲۸	۱۱۷۹۲۵۷/۲۵
۷/۵	۱۳۲۷۲۴۶/۰۰	۱۳۲۷۲۴۶/۰۰	۱۳۲۷۲۴۶/۰۰	۱۳۲۷۲۴۶/۰۰	۹۷۷۰۷۴/۷۰	۱۲۱۳۹۴۱/۲۹
۸/۰	۱۴۳۶۵۹۵/۸۹	۱۴۳۶۵۹۵/۸۹	۱۴۳۶۵۹۵/۸۹	۱۴۳۶۵۹۵/۸۹	۱۰۰۴۹۹۱/۱۲	۱۲۴۸۶۲۵/۳۳
۸/۵	۱۵۴۵۹۲۵/۷۷	۱۵۴۵۹۲۵/۷۷	۱۵۴۵۹۲۵/۷۷	۱۵۴۵۹۲۵/۷۷	۱۰۳۲۹۰۷/۵۴	۱۲۸۳۳۰۹/۳۶
۹/۰	۱۶۵۵۲۶۶/۲۰	۱۶۵۵۲۶۶/۲۰	۱۶۵۵۲۶۶/۲۰	۱۶۵۵۲۶۶/۲۰	۱۰۶۰۹۵۷/۶۳	۱۳۱۷۹۷۶/۷۷
۹/۵	۱۷۳۰۵۲۱/۵۰	۱۷۳۰۵۲۱/۵۰	۱۷۳۰۵۲۱/۵۰	۱۷۳۰۵۲۱/۵۰	۱۲۴۴۶۲۱/۰۹	۱۳۳۳۲۸۲/۸۹
۱۰/۰	۱۸۰۵۷۷۶/۶۰	۱۸۰۵۷۷۶/۶۰	۱۸۰۵۷۷۶/۶۰	۱۸۰۵۷۷۶/۶۰	۱۴۲۸۳۰۳/۵۶	۱۳۴۸۵۸۹/۰۳
۱۰/۵	۱۸۸۱۰۳۱/۷۱	۱۸۸۱۰۳۱/۷۱	۱۸۸۱۰۳۱/۷۱	۱۸۸۱۰۳۱/۷۱	۱۶۱۱۹۷۸/۰۳	۱۳۶۳۸۹۵/۱۲
۱۱/۰	۱۹۵۰۳۰۱/۸۲	۱۹۵۰۳۰۱/۸۲	۱۹۵۰۳۰۱/۸۲	۱۹۵۰۳۰۱/۸۲	۱۷۸۰۸۰۰/۰۰	۱۳۷۷۹۶۳/۶۴
۱۱/۵	۱۹۵۰۳۰۱/۸۲	۱۹۵۰۳۰۱/۸۲	۱۹۵۰۳۰۱/۸۲	۱۹۵۰۳۰۱/۸۲	۱۷۸۰۸۰۰/۰۰	۱۳۷۷۹۶۳/۶۴

جدول شماره (۴). مقادیر برداشت از منابع آبهای زیرزمینی در ماههای مختلف (GW= 10) MCM

آورد قابل تنظیم MCM	اردیبهشت Q_1^{GW}	خرداد Q_2^{GW}	تیر Q_3^{GW}	مرداد Q_4^{GW}	شهریور Q_5^{GW}	مهر Q_6^{GW}
۰	۱۷۹۷۶۲۸/۳۵	۳۰۱۷۵۱۱/۲۱	۲۶۵۷۹۸۱/۵۶	۱۲۷۴۸۲۹/۸۳	۵۵۸۳۲۸/۲۰	۶۹۳۶۸۰/۷۴
۰/۵	۱۸۰۴۱۹۷/۳۳	۳۰۸۵۰۵۳/۴۳	۲۷۰۷۵۴۷/۳۰	۱۲۵۵۲۵۹/۰۰	۵۰۲۹۱۱/۴۹	۶۴۵۰۳۱/۴۳
۱/۰	۱۸۱۰۷۴۶/۴۱	۳۱۵۲۵۹۵/۶۶	۲۷۵۷۱۱۳/۰۵	۱۲۳۵۶۶۸/۱۶	۴۲۷۴۹۳/۵۷	۵۹۶۲۸۲/۱۴
۱/۵	۱۸۱۷۲۹۵/۴۹	۳۲۲۰۱۲۷/۸۹	۲۸۰۶۶۷۸/۷۹	۱۲۱۶۰۷۷/۳۳	۴۹۲۰۷۷/۶۶	۵۲۷۷۳۳/۸۵
۲/۰	۱۸۲۳۸۴۴/۵۷	۳۲۸۷۶۸۰/۱۲	۲۸۵۶۲۳۳/۵۳	۱۱۹۶۳۸۶/۳۸	۳۳۶۶۶۰/۷۵	۲۹۹۰۸۳/۵۵
۲/۵	۱۸۳۰۴۹۳/۶۵	۳۳۵۵۲۲۳/۳۴	۲۹۰۵۸۱۰/۲۸	۱۱۷۶۸۹۵/۶۴	۳۸۱۲۴۳/۸۳	۳۵۰۲۳۴/۳۶
۳/۰	۱۸۳۶۹۳۲/۷۳	۳۴۳۲۷۶۲/۵۷	۲۹۵۵۲۷۶/۰۳	۱۱۵۷۳۱۴/۸۰	۲۲۵۸۲۶/۹۳	۳۰۱۷۸۴/۹۶
۳/۵	۱۸۴۲۲۹۱/۸۱	۳۴۹۰۳۰۶/۸۰	۳۰۰۲۹۴۱/۷۷	۱۱۳۷۷۱۳/۹۶	۱۷۰۴۱۰/۰۰	۳۵۳۱۲۵/۶۶
۴/۰	۱۸۵۰۰۴۱/۸۹	۳۵۵۷۸۲۹/۰۳	۳۰۵۳۵۰۷/۵۱	۱۱۱۸۱۲۳/۱۱	۱۱۲۹۹۳/۰۹	۳۰۲۲۸۶/۳۷
۴/۵	۱۸۵۶۵۸۹/۹۷	۳۶۲۵۳۹۱/۳۵	۳۱۰۴۰۷۳/۲۶	۱۰۹۸۵۳۲/۲۷	۵۹۵۷۶/۱۸	۳۵۵۸۳۷/۰۷
۵/۰	۱۸۶۲۱۲۹/۰۵	۳۶۹۳۹۳۳/۳۸	۳۱۵۲۶۳۹/۰۰	۱۰۷۸۹۳۱/۴۳	۳۱۵۹/۲۶	۲۰۷۱۸۷/۷۷
۵/۵	۱۸۵۹۴۳۶/۶۰	۳۷۵۰۲۲۴/۱۸	۳۱۹۲۹۵۳/۳۲	۱۰۳۹۰۹۹/۰۶	۰	۱۲۸۲۸۶/۹۵
۶/۰	۱۸۵۲۹۰۲/۲۹	۳۸۰۶۶۸۳/۰۳	۳۲۲۱۲۳۵/۵۸	۱۰۱۸۴۲۴/۸۴	۰	۸۸۵۵۴/۲۷
۶/۵	۱۸۵۰۳۶۷/۹۹	۳۸۶۳۱۳۱/۸۷	۳۲۶۹۹۱۷/۹۴	۹۸۷۷۵۰/۶۱	۰	۲۸۸۲۱/۵۹
۷/۰	۱۸۳۸۱۰۵/۹۱	۳۹۱۱۸۷۲/۹۴	۳۳۰۰۶۷۳/۵۳	۹۴۹۳۴۸/۶۲	۰	۰
۷/۵	۱۸۱۸۶۳۸/۳۴	۳۹۵۳۳۹۸/۶۱	۳۳۲۲۲۳۱/۷۲	۹۰۳۷۲۱/۲۲	۰	۰
۸/۰	۱۷۹۹۱۷۰/۹۷	۳۹۹۴۹۲۴/۳۹	۳۳۴۷۷۰/۹۳	۸۵۸۱۳۳/۸۳	۰	۰
۸/۵	۱۷۷۹۷۰۳/۳۹	۴۰۳۶۴۲۹/۹۶	۳۳۷۱۳۲۰/۱۱	۸۱۲۵۳۶/۲۲	۰	۰
۹/۰	۱۷۶۰۱۳۱/۳۲	۴۰۷۷۸۲۹/۱۵	۳۳۹۲۹۱۵/۸۶	۷۶۷۱۰۳/۷۷	۰	۰
۹/۵	۱۶۱۸۵۲۹/۵۹	۳۹۷۱۹۸۱/۸۰	۳۴۷۲۷۲۱/۹۹	۹۳۶۷۳۶/۶۲	۰	۰
۱۰/۰	۱۴۷۶۹۶۷/۹۶	۳۸۶۶۱۱۴/۳۵	۳۵۵۰۵۲۸/۱۱	۱۱۰۶۳۸۹/۲۸	۰	۰
۱۰/۵	۱۳۳۵۳۸۶/۳۳	۳۷۶۰۲۴۷/۱۱	۳۶۲۸۳۳۴/۲۳	۱۲۷۶۰۳۲/۳۴	۰	۰
۱۱/۰	۱۲۰۵۲۵۲/۷۳	۳۶۶۲۹۴۰/۰۰	۳۶۹۹۸۲۹/۰۹	۱۴۳۱۹۵۸/۱۸	۰	۰
۱۱/۵	۱۲۰۵۲۵۲/۷۳	۳۶۶۲۹۴۰/۰۰	۳۶۹۹۸۲۹/۰۹	۱۴۳۱۹۵۸/۱۸	۰	۰

* نتیجه گیری :

با توجه به چگونگی اجرای مدل شبکه آبیاری و زهکشی، نتایج ذیل قابل تحصیل میباشد :

الف). پس از مشخص شدن ماتریس شبکه آبیاری و زهکشی (جدول شماره (۱)) برا حتی مسئله برای ترکیبهای مختلف برداشت از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی قابل تحلیل میباشد. فرآیندی که انجام آن با محاسبات دستی، تقریبا " غیر ممکن است .

ب). در نتیجه اجرای مدل شبکه آبیاری و زهکشی، علاوه بر مشخص شدن ظرفیت کانال و سطح بهینه زیر کشت، امکان محاسبه درآمد خالص سالیانه و مقادیر برداشت از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی میسر میباشد .

ج). پس از تبیین تابع سود خالص سالیانه، از نتایج حاصله برا حتی میتوان در مطالعات بهینه یابی بهره جست .

د). با توجه به میزان برداشت از مخزن در ماههای مختلف (Demand Pattern)، شبیه سازی مخزن با رابطه پیوستگی برا حتی امکان - پذیر خواهد بود. شایان ذکر است که سوابق مطالعاتی موجود در گذشته هیچگونه ارتباطی بین بالادست (بهره برداری از مخزن) و پائین دست (الگوی مصرف) برقرار نمیسازد .

هـ). بر اساس روشهای سنتی (Conventional Methods) ظرفیت آبدهی کانال بالغ بر ۲/۳ متر مکعب در ثانیه میگردد که حدود ۳۰۰ درصد با ظرفیت آبدهی بدست آمده از مدل (۷۴۲/.) تفاوت دارد. این تفاوت فاحش از آنجا ناشی میگردد که در روشهای سنتی پارامترهای محدودی (نیاز آبی گیاه و زمان آبیاری در روز اوج) بخدمت گرفته میشود، در حالیکه در مدل ریاضی مورد بحث، پارامترهای متعدد و متنوعی در تعیین سطح زیر کشت و ظرفیت آبدهی کانال موثر واقع میشود .

و). مدل ریاضی مورد بحث، در جهت کمینه کردن ظرفیت آبدهی کانال، این ظرفیت را به گونه ای محاسبه میکند که برداشت از مخزن در ماههای مختلف یکنواخت و تفاوت آنها بسیار ناچیز باشد. در حالیکه در روشهای سنتی، تعیین ظرفیت آبدهی کانال بر مبنای مصرف در ماه یا هفته یا روز اوج صورت میپذیرد .

مراجع :

1- Abedini . M . j .(1991) . " Application of Optimization Techniques in Determination of storage Dam Capacity " Thesis, In Partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of science .

2- Buras,N.(1966). " Dynamic Programming in water resources Development " Advances in hydro - science, Ed.V.T. Chow, vol.3, Academic Press, N.Y.,pp. 367-412

3- Dudley, N.j., Irrigation Planning. 4. " Optimal Inter - seasonal water Allocation " , water resources Research , vol. 8, No. 3, 1972, pp. 586-594 .

4- Dudley, N.j., D.T. Howell, and W.F. Musgrave ,Irrigation Planning . 2 . " Choosing optimal Acreages within an Irrigation Season ", water Resources Research, vol.7,No. 5, 1971, pp. 1051-1063 .

5- Dudley, N.j., D.T. Howell, and W.F. Musgrave , " Optimal Intraseasonal Irrigation water Allocation " , water Resources Research, vol.7, No.4, 1971,pp. 770-788

6- Dudley, N.j.,D.T. Howell, and W.F. Musgrave , Irrigation Planning.3., " The Best Size of Irrigation Area for a Reservoir ", Water Resources Research, vol.8, No.1,1972

7- Loucks, P.L., J.R. Stedinger and D.A. Haith , (1981) ., " Water Resources Systems Planning and Analysis " , Prentice - Hall, Inc. pp. 559 .

8- Maass, A. ET AL.(1962)., " Design of water Resources systems ", Harvard University Press, Cambridge, Mass.pp. 620 .

A, A_j: مساحت قطعات زراعی برحسب هکتار

A_T: مساحت کل اراضی کشاورزی برحسب هکتار

$C^{GW}_{jft}, C^{SW}_{jft}$: قیمت فروش واحدحجم آب درواحدزراعی f ازناحیه فرعی زدر ماه t ازفصل رشد (ازمنابع آبهای سطحی وزیرزمینی)

g: ظرفیت آبگذری کانال هدایت آبهای سطحی، مترمکعب درثانیه

g_t: میزان برداشت ازمنابع آبهای زیرزمینی درماه t ازفصل رشد، مترمکعب درثانیه

I_n: نیاز آبی گیاه بصورت خالص، مترمکعب

I_f: درآمد ناخالص درواحدزراعی f

NI_f: درآمد خالص درواحدزراعی f

P_c: قیمت فروش واحدمحصول C

Q,q: ظرفیت آبگذری کانال انتقال درجه (۱)

q_t: میزان برداشت ازمنابع آبهای سطحی درماه t ازفصل رشد، مترمکعب درثانیه

$Q^{GW}_{jft}, Q^{SW}_{jft}$: مقادیر برداشت ازمنابع آبهای سطحی وزیرزمینی درواحد زراعی f اززیرناحیه j درماه t ازفصل رشد

q_j: ظرفیت آبگذری کانال درزیرناحیه j

T: آوردقابل تنظیم رودخانه درمحل احداث سد، مترمکعب

TC^W_f: هزینه کل آبیاری درواحد زراعی f

TC_f: هزینه کل مراحل کاشت، داشت وبرداشت درواحد زراعی f

t: دوره آبیاری درروز اوج، ساعت

W: ظرفیت آبگذری کانال جهت هدایت مجموع آبهای سطحی وزیرزمینی، مترمکعب درثانیه

W_t: مجموع برداشت ازمنابع آبهای سطحی وزیرزمینی درماه t ازفصل رشد، مترمکعب درثانیه

W_{jfct}: نیاز آبی محصول c درواحدزراعی f اززیرناحیه j درماه t ازفصل رشد، مترمکعب

X_{jfc}: سطح زیرکشت محصول c درواحدزراعی f اززیرناحیه j، هکتار

Y_{jfc}: عملکرد محصول c درواحدزراعی f اززیرناحیه j، کیلوگرم درهکتار

z: تابع هدف

η_a, η_c: راندمان انتقال وتوزیع آب درشبکه

α_i: ضرائب وزن