مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقاله شماره ۴

موضوع:

بررسی اقتصادی احداث سد انحرافی برروی رودخانه های فصلی و بهینه سازی سطح زیر پوشش آنها

تألیف:

سعید نی ریزی[۱] - حمید هاشمی[۲]

چکیده:

بخش عمده ای از منابع آبهای سطحی کشور ایران در رودخانه های فصلی جاریست. احداث تاسیسات آبگیری دائمی برروی این رودخانه ها نیاز به تحلیل و توجیه اقتصادی دارد. دراین مقاله روشی سیستماتیک و ساده برای تحلیل رژیم طبیعی رودخانه به منظور انتخاب ظرفیت مناسب آبگیری و سطح زیر پوشش آبیاری بهینه پیشنهاد شده است.

در این روش آمار روزانه رودخانه در محل سد انحرافی بررسی گردیده و با بررسی تاثیر کمبود آب آبیاری در مقاطع زمانی که جریان رودخانه جوابگوی آب مورد نیاز نیست. ظرفیت و سطح زیر کشت بهینه انتخاب می گردد.

مقدمـــه

کشور ایران با حدود ۲۸۰ میلی متر بارندگی متوسط سالانه درزمره کشورهای خشک و نیمه خشک

---

۱ ـ مدیر عامل شرکت مهندسی مشاور طوس آب.
۲ ـ کارشناس شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان ـ مشهد.

محسوب می‌گردد. بخش عمده ای از منابع آبهای سطحی این کشور در رودخانه های فصلی جاری است که به علت عدم برنامه ریزی صحیح بهره برداری کامل از آنها، صورت نمی‌گیرد.

به علت فصلی بودن این رودخانه ها تاسیسات دائمی آبگیری در آنها احداث نگردیده و عموماً به شیوه های سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. زمینه این عدم توجه عمدتاً ناشی از تصور غیر اقتصادی بودن احداث سد انحرافی و آبگیرهای دائمی نظیر آن در این رودخانه ها می باشد.

بعلت طبیعت متغیر رژیم این قبیل رودخانه ها و عدم وجود مخزن تنظیم کننده برنامه ریزی توسعه منابع آب به شیوه های مرسوم عملی نبوده و لازم است که روش مناسبی برای تعیین آب قابل برداشت، سطوح قابل آبیاری و از آن رو توجیه اقتصادی احداث این طرح ها بوجود آورد [۲،۴].

هدف از این تحقیق ارائه روشی سیستماتیک و ساده برای تحلیل رژیم طبیعی رودخانه ها به منظور دستیابی به سطح زیرکشت بهینه و ظرفیت مناسب آبگیری و انتقال آب برای احداث سد انحرافی است. با تدوین این روش اثرات اقتصادی احداث سد انحرافی و سایر ابنیه مربوط به آن را می توان ارزیابی نموده و احتمال توجیه اقتصادی آنرا در مورد رودخانه های فصلی نیز مورد تحلیل قرار داد.

شرایط انجام و محدودیت ها

شرایط و محدودیت های موجود برای انجام کار شامل موارد زیر می باشد:

۱ـ آمار دراز مدت دبی روزانه رودخانه، موردنیاز می باشد و در صورت موجود نبودن آمار بمدت لازم، محاسبات برحسب متوسط سالهایی که آمار آن در دست است، انجام خواهد شد.

۲ـ در این مدل الگوی مناسب کشت براساس نیاز آبی غلات بعنوان زراعت بهاره و نیاز آبی چغندر و یا یونجه بعنوان زراعت تابستانی (در مثال بررسی شده) تعیین می‌گردد.

۳ـ پس از بدست آوردن سطح زیر کشت بهینه، ابتدا برای هر یک از دو نوع گیاه در ایامی که آب استحصالی از رودخانه کمتر از نیاز باشد، کمبود آب آبیاری (نسبت آب برداشت شده به آب موردنیاز) به مقدار مساوی مابین هریک از گیاهان تقسیم خواهد شد.

۴ـ هزینه های مربوط شامل:

الف) هزینه سد انحرافی

ب) هزینه حوضچه های رسوب گر

ج) هزینه یک متر کانال انتقال آب

د) هزینه شبکه آبیاری

همگی به نسبت دبی برداشتی آب از سد انحرافی و نیز هزینه سالانه تولیدات کشاورزی برای هریک از گیاهان، بعنوان داده های مدل، مورد نیاز است، ضمناً هزینه سالانه تعمیر، نگهداری و بهره برداری موارد الف، ب، ج و د، برابر ۳٪ هزینه های سرمایه ای درنظر گرفته می شود.

۵ـ دوره بررسی بمدت ۳۰ سال و حساسیت نتایج به نرخ تنزیل ۶، ۸ و ۱۰ درصد مورد ارزیابی قرار گرفته است.

روش کار

روش کار شامل مراحل زیر می باشد:

مرحله ۱ :

این مرحله دارای چهار قسمت بوده که هریک توسط زیر برنامه[1] خاصی انجام می گیرد. در زیر بشرح هر یک می پردازیم:

۱ـ در ابتدا حداقل ظرفیتی برای سیستم تنظیم آب شامل سد انحرافی و کانال انتقال فرض می شود، سپس آمار روزانه دبی رودخانه درهر ماه از سال در طول دوره بررسی با این ظرفیت مقایسه می گردد. در صورتیکه دبی رودخانه بیشتر باشد، ظرفیت سیستم تنظیم بعنوان حداکثر قابلیت برداشت در آن روز انتخاب می گردد.

در صورت کمتر بودن دبی رودخانه در آن روز میزان کل آب رودخانه برداشت خواهد شد. این مقایسه

---

1 . Subroutine

برای تمام روزهای ماه انجام گرفته و میانگین این مقادیر در هر ماه بعنوان دبی برداشتی از رودخانه در ماه و سال معین ثبت می گردد، MEANM (I, J).

این عملیات را برای کل ماههای هرسال که آمار آن در دسترس است انجام داده تا میانگین دبی برداشتی آب برای هر ماه در کل سالهای آماری برای یک ظرفیت فرض شده اولیه بدست آید، MEAN (J). در مدل ارائه شده، این عملیات بوسیله SUBI انجام می گیرد.

۲ـ برای تعیین الگوی و سطح زیرکشت، گندم بعنوان تیپ گیاهان بهاره و چغندر قند بعنوان زراعت تابستانه درنظر گرفته می شود بدین عبارت که در این مدل ترکیب کشت متشکل از دو زراعت گندم چغندر قند می باشد.

البته با توسعه این مدل گیاهان بیشتری را می توان وارد الگوی کشت نمود. نیاز آبی چغندر قند در ماههای تابستان پس از قطع آبیاری گندم با میانگین آب قابل برداشت در آن ماهها MEAN (J) مقایسه گردیده و حداقل سطح زیرکشت این زراعت حاصل می شود (AI).

حال با توجه به ماههایی که هر دو زراعت نیاز به آبیاری دارند، چون سطح زیرکشت چغندر قند مشخص گردیده، بادرنظر گرفتن نیاز آبی گندم و آب باقیمانده پس از تامین نیاز چغندر قند میزان حداقل سطح زیرکشت گندم بدست می آید (A2). این محاسبه بطریقی انجام می گیرد که آب موردنیاز حداقل سطوح کشت بدست آمده، در هیچیک از ماهها از MEAN (J) بیشتر نگردد، این عملیات بوسیله SUB2 انجام می شود.

۳ـ در SUB3 ارزش خالص فعلی پروژه برای هر ظرفیت سیستم آبگیری و انتقال محاسبه می گردد. در این قسمت از برنامه برای تعیین درآمد پروژه، ابتدا میزان برداشت ماهانه آب در هرسال، MEANM (I,J)، با نیاز آبی پروژه درآن ماه مقایسه گردیده و کمبودهای احتمالی مشخص می شود. سپس با استفاده از رابطه ذیل (جنسن ۱۹۶۸) میزان محصول هر یک از زراعتها که در آن سال با توجه به کمبود اعمال شده محاسبه می گردد: [۱]

$$\frac{Y_j}{Y_o} = \prod_{j=1}^{n} \left[\frac{W_{aj}}{W_o} \right]^{\lambda_j}$$

که در این رابطه:

Y= میزان محصول بدست آمده.

Y_o= میزان محصول در شرایط عدم کمبود آب آبیاری

W_a= مقدار آب اختصاص داده شده به گیاه

W_o= مقدار آب موردنیاز گیاه

λ = پارامتر بیانگر حساسیت گیاه به کمبود آب

i= نشاندهنده شماره سال (سال اول الی سال آخر دوره بررسی)

j= نشاندهنده شماره ماه آبیاری (ماه اول تا ماه n ام)

مقدار λ_j برای گندم و چغندر قند از معادلات ارائه شده در مرجع شماره ۳ (نی ریزی - ریزوفسکی ۱۹۷۷) بدست آمده است. [۳]

با در دست داشتن میزان محصول، سطوح زیر کشت هریک از زراعتها، قیمت محصول و هزینه تولید، منافع سالانه پروژه حاصل می‌گردد. با توجه به متغیر بودن این منافع درهر سال میانگین این منافع، MAB ، درطی دوره بررسی و از آن رو ارزش فعلی منافع، PVB ، بدست می آید.

ارزش فعلی هزینه ها، PVC ، نیز با درنظر گرفتن هزینه های سرمایه ای احداث سد انحرافی، حوضچه های رسوبگیر، کانال انتقال متناسب با ظرفیت آبگیری و شبکه آبیاری به نسبت سطح زیر کشت و همچنین هزینه های نگهداری و بهره برداری از این تاسیسات برحسب درصدی از هزینه های سرمایه ای محاسبه می‌گردد. سپس ارزش فعلی خالص پروژه، NPV از تفاضل این دو ارزش فعلی بدست می آید.

در اینجا با افزایش ظرفیت سیستم آبگیری و انتقال که در ابتدا مفروض شده بود، عملیات تکرار می‌گردد. برای هر تکرار توزیع جدیدی از آب قابل برداشت، سطوح زیرکشت و بالاخره ارزش فعلی خالص بدست می آید.

۴-در این قسمت NPV های بدست آمده با هم مقایسه می‌گردند و ماکزیمم آن بعنوان NPV بهینه اولیه انتخاب می‌گردد. در واقع در مرحله یک با انجام عملیات جستجو[1] اولین بهینه یابی انجام شده که به احتمال زیاد جزء نقاط ماکزیمم نسبی یا LOCAL می باشد و A1, A2 مربوطه نیز بعنوان سطح زیرکشتهای بهینه اولیه گیاه ۱ و ۲ انتخاب می شوند. د راینجا طرفیت سیستم تنظیم بدست آمده نیز

---

1 . SEARCH

بعنوان بهینه اولیه در نظر گرفته می شود. این عملیات توسط SUB4 انجام می گردد.

مرحله ۲:

اساس عملیات جستجو در مرحله اول انتخاب سطوح زیر کشت متناسب با میانگین آب برداشتی از رودخانه است. در مرحله دوم مدل، با در دست داشتن ظرفیت بهینه اولیه سیستم برداشت آب، عملیات جستجو را برای حصول سطح کشت با فرض ایجاد عمدی کمبود آب ادامه می دهد.

در این مرحله پس از بازسازی MEANM (I, J) برای ظرفیت منتخب اولیه، سطح کشت اولیه را بصورت مرحله ای به نسبت معین (مثلاً ۱۰ درصد) افزایش داده و از طریق SUB3 مقادیر جدیدی برای NPV بدست آمده که علی القاعده در ابتدا بیشتر از NPV حاصل از مرحله اول بوده ولی در نقطه ای کاهش پیدا می کند. ماکزیمم NPV که در مقابل سطوح کشت جدیدی خواهد بود، توسط SUB4 مشخص می گردد. بدیت ترتیب سطوح کشت بهینه ثانوی حاصل می شود. SUB5 در مدل وظیفه این مرحله از جستجو را بعهده دارد.

مرحله ۳:

در مرحله سوم با توجه به تغییر سطوح کشت حاصل از عملیات مرحله دوم حساسیت ظرفیت بهینه که از مرحله اول بدست آمده کنترل می گردد.

بدین ترتیب که بصورت مرحله ای از مقدار ظرفیت بهینه (حاصل از مرحله اول) کسر و یا به آن اضاله گردیده و در هر مرحله پس از انجام SUB5 ماکزیمم NPV برای آن ظرفیت محاسبه می شود.

این مقدار با ماکزیمم NPV بدست آمده، در مرحله دوم مقایسه شده و در نهایت بزرگترین NPV مشخص می شود. ظرفیت و سطح زیر کشت مربوطه به آن بعنوان پارامترهای بهینه نهایی انتخاب می گردد. لازم به توضیح است که میزان انحراف از ظرفیت انتخاب شده در مرحله قبل، با توجه به صعودی بودن مقادیر NPV تعیین می شود. بعبارت دیگر درهر نوبت که مقدار NPV نسبت به نوبت قبل کاهش پیدا نماید، تغییر ظرفیت متوقف خواهد شد. در نمودار شماره ۱ نمودار گردشی برنامه ارائه شده است.

نتایج بررسی موردی

به منظور آزمایش مدل آمار روزانه دبی رودخانه کارده و سایر داده های کشاورزی منطقه و هزینه های احداث سد انحرافی برروی این رودخانه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج در منحنی های پیوست ارائه گردیده است.

بطور کلی نتایج حاصله تابع رژیم طبیعی رودخانه بوده و این عامل در تعیین نقاط بهینه نقش اساسی دارند. همانطورکه در منحنی شماره ۱ نشان داده می شود با افزایش ظرفیت سیستم تنظیم و انتقال آب، سطح زیر کشت هر گیاه در ابتدا افزایش یافته و سپس در تکرارهای بعدی از نرخ این افزایش کاسته گردیده، بطوری که در مرحله ای این افزایش تقریباً متوقف می گردد.

در منحنی شماره ۲ تغییرات NPV نسبت به افزایش ظرفیت سیستم در مرحله اول جستجو نشان داده می شود در ابتدا NPV با سرعت افزایش یافته تا به حد ماکزیمم برسد. سپس با شیب آرامی با افزایش ظرفیت از مقدار NPV کاسته می گردد.

منحنی شماره ۳ میزان افزایش سطح زیرکشت را در مرحله دوم جستجو ارائه می دهد. بدین ترتیب که با افزایش سطوح زیر کشت نسبت به مرحله اول در ابتدا NPV افزایش یافته و از نقطه ماکزیمم به بعد با شیب زیادی کاهش می یابد.

نتیجه نهایی این بررسی نشان می دهد که احداث این سد انحرافی با ظرفیت آبگیری و انتقال ۱/۹ مترمکعب در ثانیه و سطح زیر کشت ۱۱۴۹ هکتار غلات و ۹۰۸ هکتار چغندر قند بالاترین ارزش فعلی خالص را فراهم خواهد کرد.

نتایج و پیشنهادات

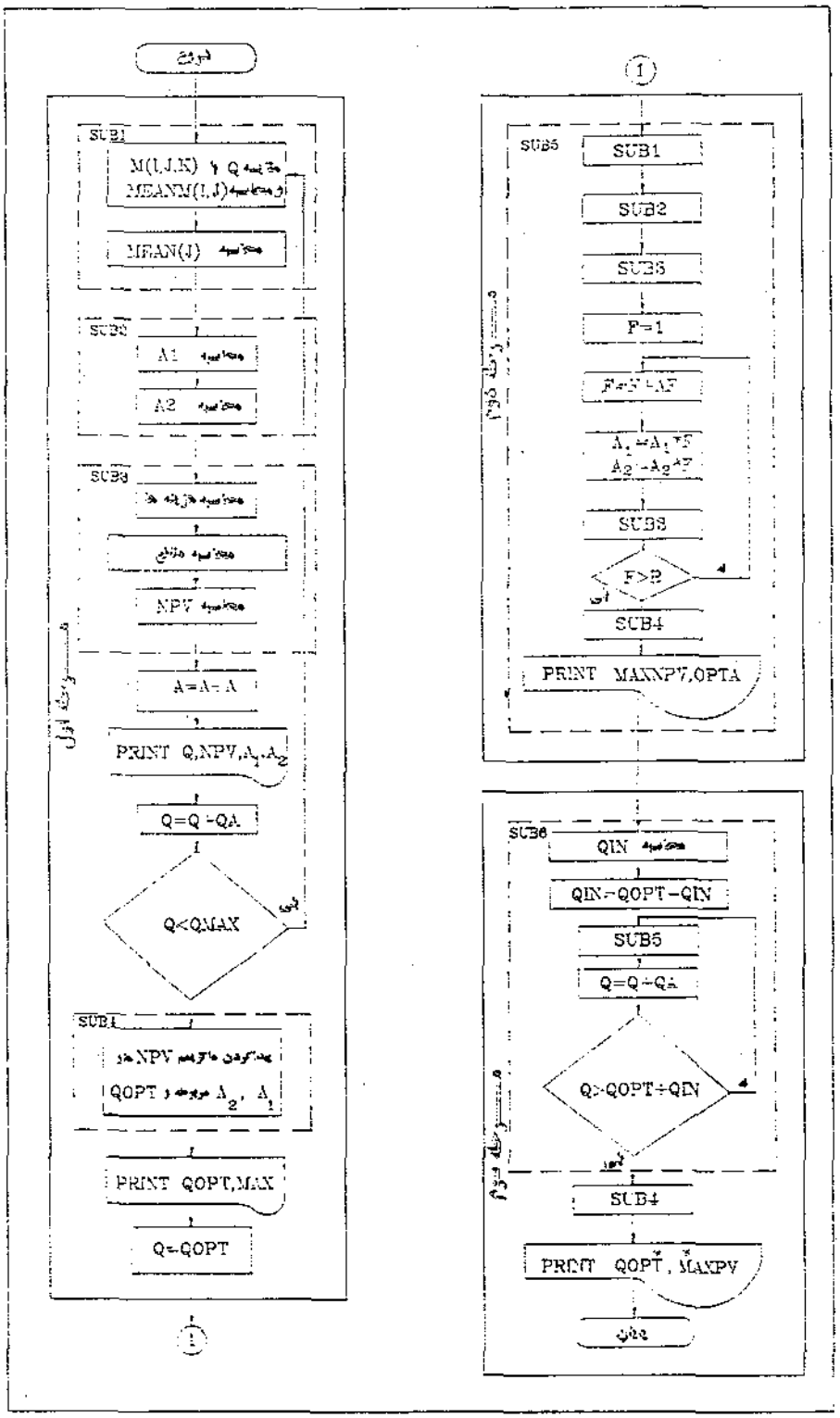
مدل ارائه شده که از روش شبیه سازی بهره می گیرد توانایی زیر را ارائه می نماید:

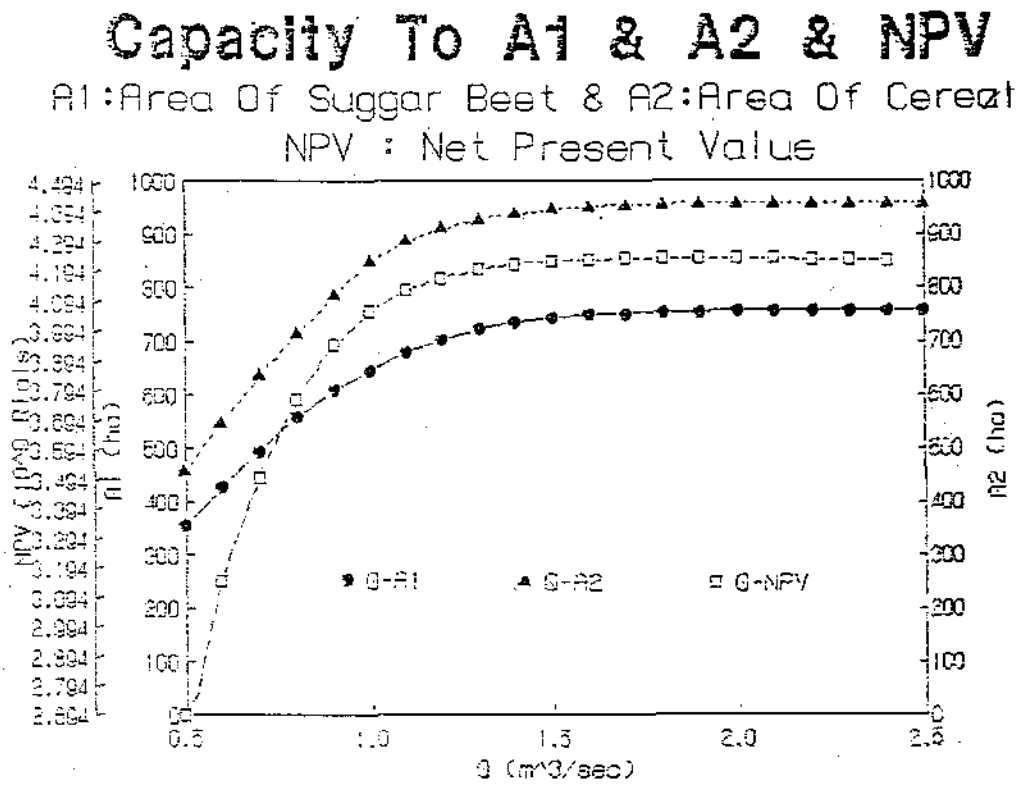
- تعیین سطح بهینه زیر پوشش آبیاری توسط سد انحرافی بدون احداث مخزن.
- تعیین ظرفیت بهینه آبگیری مستقیم از رودخانه با توجه به رژیم طبیعی آن.
- امکان تحلیل اقتصادی احداث سد انحرافی در روخانه های دائمی و فصلی.

در ضمن محدودیت های مدل که در ادامه مطالعات در آینده تکمیل خواهد شد، عبارتند از:

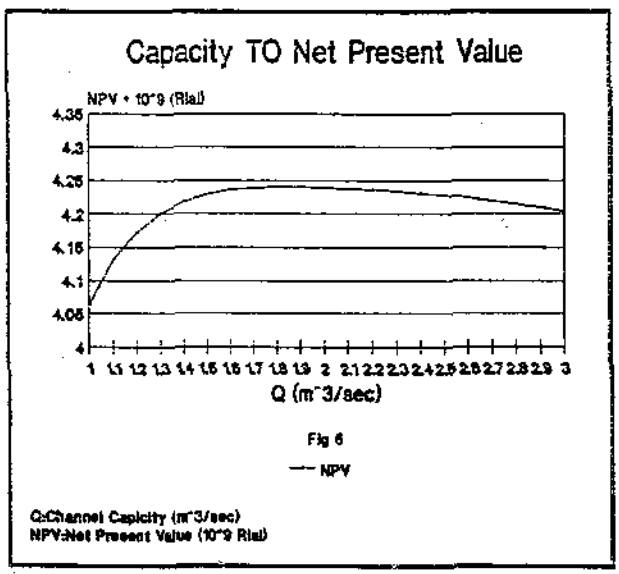
- افزایش تعداد گیاهان در الگوی کشت و بررسی امکان بکارگیری یک سری محدودیت ها در تعیین الگوی کشت بهینه.
- اختصاص کمبود آب با توجه به تاثیر اقتصادی و زمانی آن به گیاهان مختلف. در مدل فعلی کمبود آب بصورت درصد مساوی بین دوزراعت تقسیم گردیده است.
- امکان استفاده از حجم معینی از مخزن سد انحرافی در بهینه سازی ظرفیت و الگوی کشت.
- ارائه نتایج براساس تحلیل احتمالات.

نمودار شماره ۱ : نمودار گردشی مدل کامپیوتری



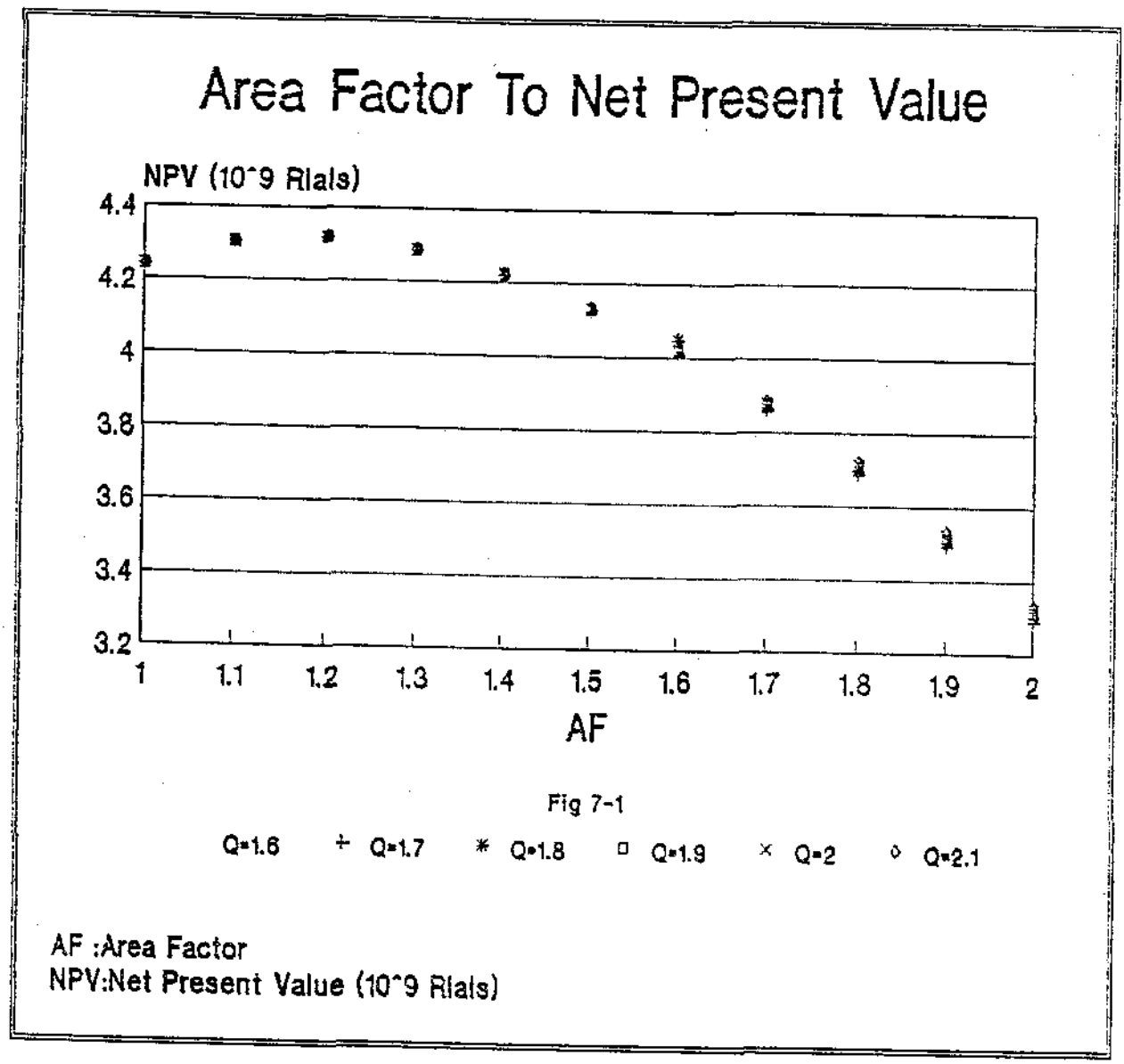


شکل شماره ۱ "تغییرات سطوح تحت آبیاری و ارزش فعلی خالص پروژه نسبت به ظرفیت آبگیری درمرحله اول جستجو"



شکل شماره ۲ "تغییرات ارزش فعلی خالص *NPV* نسبت به ظرفیت آبگیری در مرحله اول جستجو"

شکل شماره ۳ : "تغییرات ارزش فعلی خالص *NPV* در مرحله دوم و سوم جستجو"



REFERENCES

1. Jensen, M.E. 1968. "Water Consumption by Agricultural Plants" , Chapter 1 in Water Deficit and plant Growth (ed, Kozlowski, T.T.), Academic Press, New York.
2. Linsley, R.K., and Franzini, J.B., 1972, Water Resources Engineering 2nd ed., Mc Graw Hill Ltd., Tokyo.
3. Nairizi, S., and Rydzewski, J.R., 1977, "Effect of Dated Soil Moisture on Crop Yields", Exp. Agri., Vol. 13, PP 51-56.
4. Nairizi, S. , 1991, "Reservoir Operation Under Planned Irrigation Water Deficit", in proceeding of the European conference Advances in Water Resources Technology, Athens, (ed. Tsakiris, G.) , A.A.Balkema, Rotter dam.

NO. 4

AGSTRACT:

Iran is located in semi – arid region of the world with approximately 280mm annual rainfall.

A major prat of surface water resources, flows in seasonal rivers. To introduce permanent control structures on these rivers. An analytical technique is required to evaluate its economic effects. In this paper a simple but systematic approach is proposed.

The model analyses natural regime of the river, given average daily flows, in order to search for optimum capacity and irrigation area covered by constructing a diversion dam and its related structures, including main irrigation network.

This technique consumes and analytical approach, introduced by Nairize, Rydzewski (1977) to evaluate effect of dated moisture stresses on crop yields.