

# مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

## مقاله شماره ۴

### موضوع:

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

### تألیف:

سعید نی، ریزی<sup>۱</sup> - خمیدهاشمی<sup>۲</sup>

### چکیده:

بخش عمده ای از منابع آبهای سطحی کشور ایران در رودخانه های فصلی جاریست. احداث تاسیسات آبیگری دائمی بر روی این رودخانه ها نیاز به تحلیل و توجیه اقتصادی دارد. در این مقاله روشی سیستماتیک و ساده برای تحلیل رژیم طبیعی رودخانه به منظور انتخاب ظرفیت مناسب آبیگری 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.

### مقدمه

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

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

محسوب می‌گردد. بخش عمده‌ای از منابع آبهای سطحی این کشور در رودخانه‌های فصلی جاری است که به علت عدم برنامه‌ریزی صحیح بهره‌برداری کامل از آنها، صورت نمی‌گیرد.

به علت فصلی بودن این رودخانه‌ها تاسیسات دائمی آبیگری در آنها احداث نگردیده و عموماً به شیوه‌های سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. زمینه این عدم توجه عمدتاً ناشی از تصور غیر اقتصادی بودن احداث سد انحرافی و آبیگرهای دائمی نظیر آن در این رودخانه‌ها می‌باشد.

بعلت طبیعت متغیر رژیم این قبیله رودخانه‌ها و عدم وجود مخزن تنظیم‌کننده برنامه‌ریزی توسعه منابع آب به شیوه‌های 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 طرح‌ها بوجود آورد [۲،۴].

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

## شرایط انجام و محدودیت‌ها

شرایط و محدودیت‌های موجود برای انجام کار شامل موارد زیر می‌باشد:

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

۲- 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.

۳- 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.

۴- هزینه های مربوط شامل:

الف) هزینه سد انحرافی

ب) هزینه حوضچه های رسوب‌گر

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 هر یک 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 در نظر گرفته می شود.

۵- 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 هر یک توسط زیر برنامه خاصی انجام می گیرد. در زیر بشرح هر یک می پردازیم:

۱- در ابتدا حداقل ظرفیتی برای سیستم تنظیم آب شامل سد انحرافی و کانال انتقال فرض می شود، سپس آمار روزانه دبی رودخانه در هر 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

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 هر سال 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.

۲- برای تعیین الگوی و سطح زیرکشت، گندم بعنوان تیپ گیاهان بهاره و چغندر قند بعنوان زراعت تابستانه در نظر 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 (A1).

حال با توجه به ماههایی که هر دو زراعت نیاز به آبیاری دارند، چون سطح زیرکشت چغندر قند مشخص گردیده، بادر نظر 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 مورد نیاز حداقل سطوح کشت بدست آمده، در هیچیک از ماهها از MEAN (J) بیشتر نگردد، این عملیات بوسیله SUB2 انجام می شود.

۳- در SUB3 ارزش خالص فعلی پروژه برای هر ظرفیت سیستم آبیگری و انتقال محاسبه می گردد. در این قسمت از برنامه برای تعیین درآمد پروژه، ابتدا میزان برداشت ماهانه آب در هر سال، MEANM (I,J)، با نیاز آبی پروژه در آن 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]

$$\frac{Y_i}{Y_0} = \prod_{j=1}^n \left[ \frac{W_{aj}}{W_0} \right]^{\lambda_j}$$

که در این رابطه:

$Y =$  میزان محصول بدست آمده.

$Y_0 =$  میزان محصول در شرایط عدم کمبود آب آبیاری

$W_a =$  مقدار آب اختصاص داده شده به گیاه

$W_0 =$  مقدار آب مورد نیاز گیاه

$\lambda =$  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  $\lambda$  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 می گردد. با توجه به متغیر بودن این منافع در هر سال میانگین این منافع، MAB، در طی دوره بررسی و از آن رو ارزش فعلی منافع، PVB، بدست می آید.

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

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

۴- در این قسمت NPV های بدست آمده با هم مقایسه می گردند و ماکزیمم آن بعنوان NPV بهینه اولیه

انتخاب می گردد. در واقع در مرحله یک با انجام عملیات جستجو<sup>۱</sup> 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. در اینجا ظرفیت سیستم تنظیم بدست آمده نیز

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 بعهدہ 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 اضافه 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 در هر نوبت که مقدار NPV نسبت به نوبت قبل کاهش پیدا نماید، تغییر ظرفیت متوقف خواهد شد. در نمودار شماره ۱ نمودار گردش 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 بر روی 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. همانطور که 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 زیر کشت 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 آبیگری و انتقال ۱/۹ متر مکعب 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.

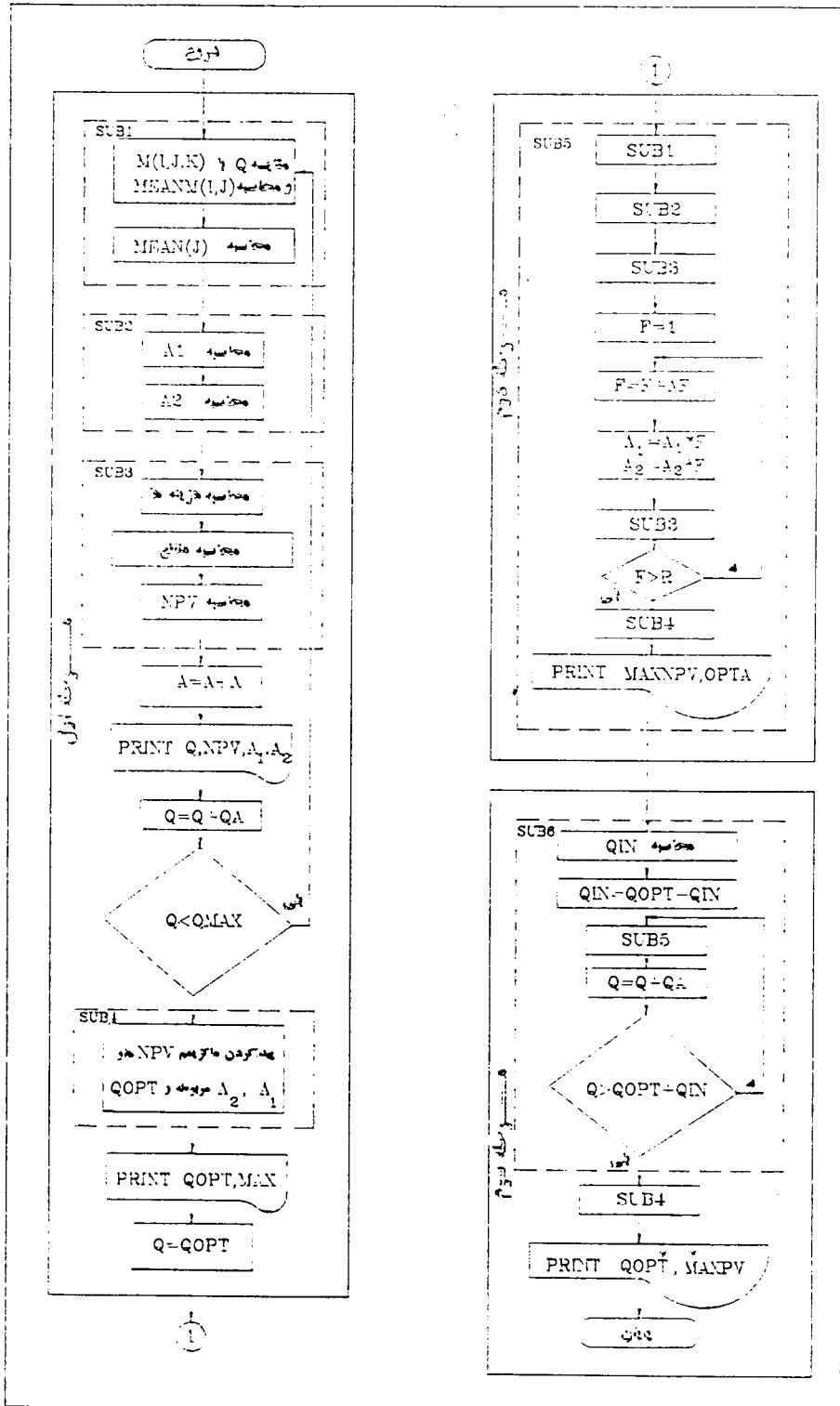
- تعیین ظرفیت بهینه آبیگری مستقیم از رودخانه با توجه به رژیم طبیعی آن.

- 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.

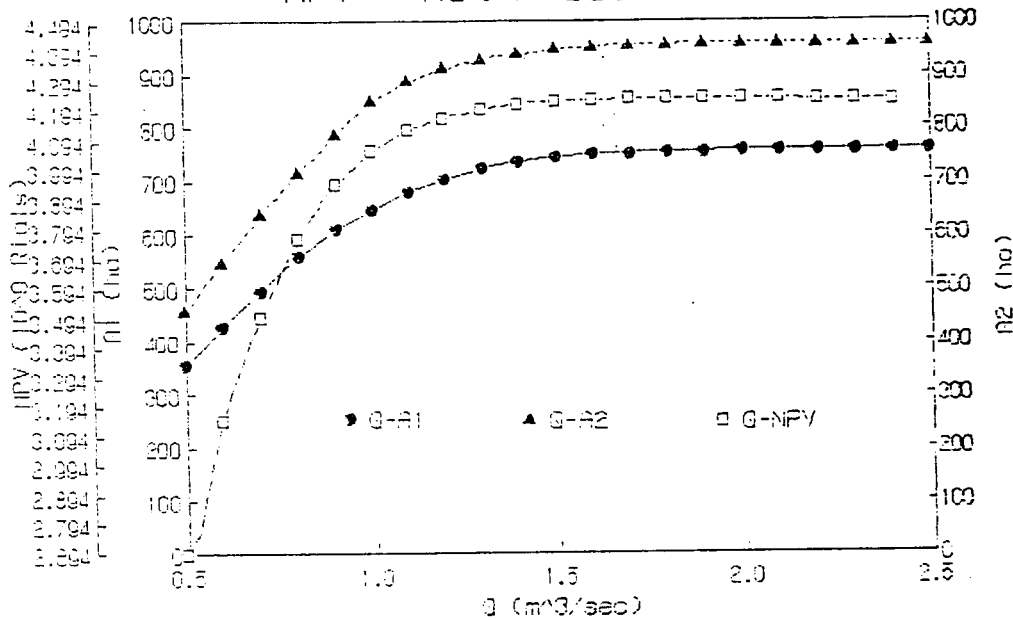




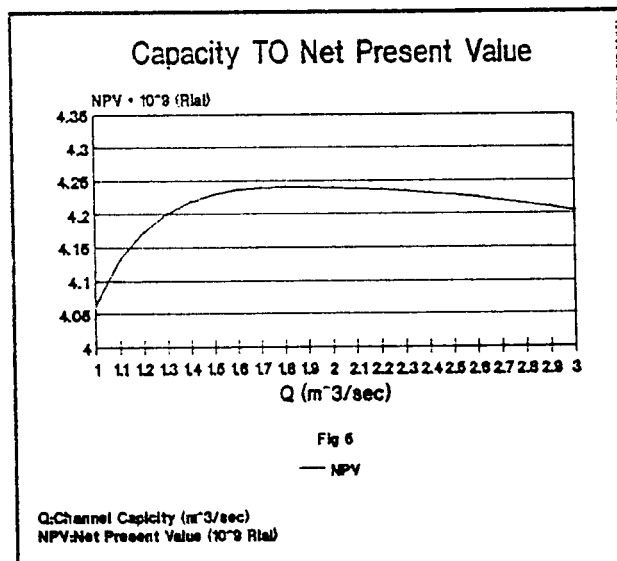
# Capacity To A1 & A2 & NPV

A1: Area Of Suggar Beet & A2: Area Of Cereals

NPV : Net Present Value



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



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

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

## Area Factor To Net Present Value

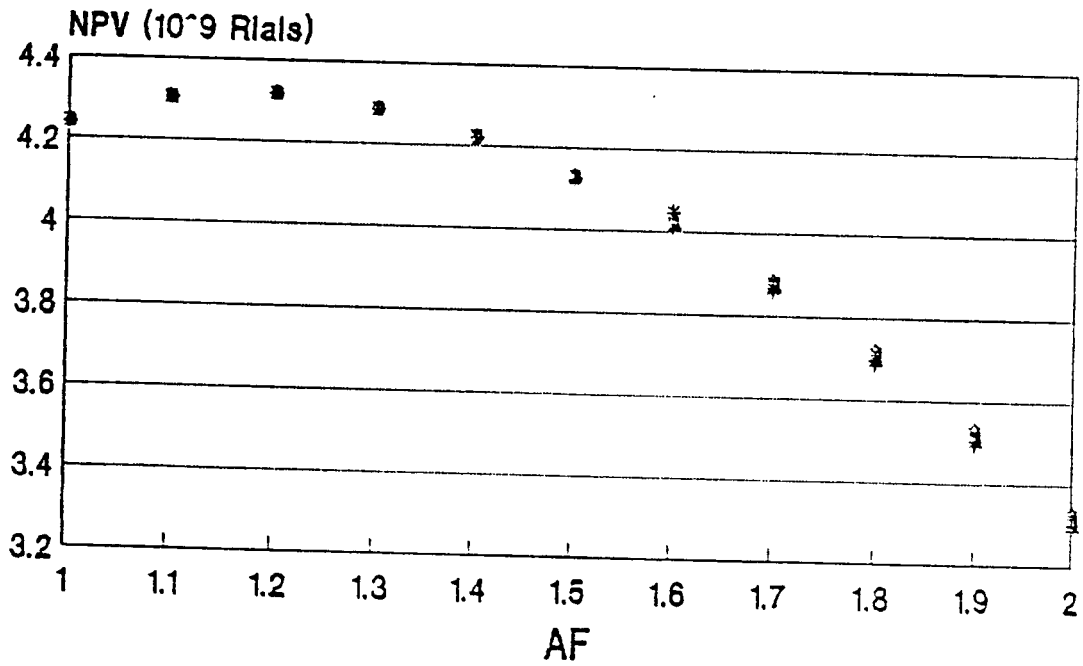


Fig 7-1

Q-1.6 + Q-1.7 \* Q-1.8 □ Q-1.9 × Q-2 ◊ Q-2.1

AF :Area Factor

NPV:Net Present Value ( $10^9$  Riials)

## 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 part 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 an analytical approach, introduced by Nairize, Rydzewski (1977) to evaluate effect of dated moisture stresses on crop yields.