

نگرش اقتصاد منابع طبیعی به پایداری منابع تجدیدپذیر کشور (مطالعه موردی: شیلات)

حسین بدیع برزین^۱، براتعلی فاخری^۲، احمد قنبری^۳، زهرا غفاری مقدم^۴

^۱ عضو هیات علمی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل

^۲ عضو هیات علمی گروه اصلاح نباتات دانشگاه زابل

^۳ عضو هیات علمی گروه زراعت دانشگاه زابل

^۴ عضو هیات علمی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل

نام و نشانی ایمیل نویسنده مسئول:

حسین بدیع برزین

[hossein.badi89@gmail.com](mailto:hosseini.badi89@gmail.com)

چکیده

اقتصاد منابع طبیعی به دنبال راهی است که منابع کمیاب در طبیعت را بین فرصت های موجود، به گونه ای تخصیص دهد که حداکثر سوددهی از آنها حاصل شود. ضمن اینکه، برای تأمین نیازهای نسل های آینده نیز پایدار باقی بماند. این منابع غالباً به عنوان دارایی های تحلیل رونده خوانده می شوند که به طور فیزیکی در فرایند تولید مورد استفاده قرار می گیرند آگاهی رسانی فزاینده توسط کارشناسان اقتصادی، تدوین سیاست ها، اصول، قوانین و مقررات و همچنین ارائه مدل ها و راهکارهای علمی مناسب در بخش برداشت و بهره وری از منابع طبیعی، زمینه لازم را جهت رشد و اعتلای سایر بخش ها (صنعت، تجارت، کشاورزی و خدمات) فراهم نموده و سبب ایجاد دورنمای پایدار در کشور خواهد شد. با توجه به آسیب پذیر بودن منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر نیاز است که بهره برداری از آنها برای رفع نیازهای فعلی، به گونه ای صورت گیرد که این منابع برای نسل های آینده نیز پایدار باقی بمانند. نیل به هدف اساسی فوق در گرو مدیریتی مقتدر در بهره برداری از منابع موجود در طبیعت می باشد. در این راستا، استفاده از مدل های برنامه ریزی پویا جهت تعیین مقادیر بهینه برداشت و مدیریت صحیح منابع در دوره های زمانی کوتاه مدت و بلندمدت، لازمی تحقق اهداف مذکور بوده و در یاری رساندن به بهره برداران نقش مهمی را ایفا می کند. در این پژوهش پس از ارائه روشی برای برآورد ارزش خالص حاصل از برداشت منابع به طرح مدلی پویا جهت بهینه سازی مقادیر برداشت پرداخته شد. به همین منظور، ابتدا مبانی اقتصاد منابع طبیعی مطرح شد و سپس مدلی پویا جهت برداشت بهینه از منابع شیلات طرح گردید. برای طرح مدل بهینه سازی پویا از روش ضریب لاگرانژ استفاده شد. حل مدل نیز در نرم افزار GAMS صورت گرفت.

واژگان کلیدی: برنامه ریزی پویا، بهینه سازی، پایداری منابع طبیعی، روش ضریب لاگرانژ،

شیلات

مقدمه

منابع طبیعی به گروهی از دارایی های بلندمدت اطلاق می شود که در طبیعت وجود داشته و نظیر دارایی های عملیاتی، دارای ویژگی منافع آتی است. این منابع غالباً به عنوان دارایی های تحلیل رونده خوانده می شوند که به طور فیزیکی در فرایند تولید مورد استفاده قرار می گیرند. استخراج یا بهره برداری از منابع طبیعی موجب تغییر فیزیکی آن ها شده و به نسبت بهره برداری ارزش آن ها را می کاهد. از نمونه های بارز آن می توان مواردی مانند جنگل ها، شیلات و منابع طبیعی نظیر نفت و گاز طبیعی و انواع ذخایر معادن (طلا، نقره، زغال سنگ و ...) را نام برد (۷). در مدیریت نوین از منابع طبیعی، اعتقاد بر این است که نظارت و پایش بر خلاف مدیریت سنتی منابع، با هدف استفاده درازمدت منطقی و پایدار از منابع همگام است. برای دست یابی به چنین هدف بلندمدت و پایداری، لازم است ارکان مدیریت همه سونگر، احتیاط آمیز و مشارکتی باشد و در نهایت باعث گردد که این اهداف به طور روز افزونی به سوی توسعه پایدار گام بردارند.

از آنجایی که اولین قدم برای دستیابی به توسعه پایدار و مدیریت خردمندانه بر منابع طبیعی، شناخت اجزاء و سازوکار آن است، نقش فرآیندهای علمی، به ویژه طرح مدل های اقتصادی و برنامه ریزی در جهت بهبود این شناخت و گسترش راهکارهای اجرایی در خصوص حفظ و پایداری از این منابع روشن می گردد. از جمله این مدل های برنامه ریزی که برای بهینه سازی منابع مورد استفاده قرار می گیرند، مدل های برنامه ریزی پویا هستند. در واقع، مدل برنامه ریزی پویا یکی از قوی ترین روش های بهینه سازی منابع می باشد که اولین بار در سال ۱۹۵۷ توسط بلمن ارائه گردید. این روش قابلیت بهینه سازی پروسه های تصمیم گیری چندمرحله ای و حل مسائل استوکاستیک و غیرخطی را دارد (۱).

کنپ و اولسون^۱ (۱۱) با استفاده از مدل برنامه ریزی پویای تصادفی به بررسی اقتصادی استفاده ی تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی پرداختند. ترل و جانسون^۲ (۱۷) اثر اقتصادی تخلیه سفره های آب زیرزمینی اوگلا لا در تگزاس را با استفاده از مدل بهینه سازی پویا مورد بررسی قرار دادند. لئو و همکاران^۳ (۱۴) با بهره گیری از روش بهینه سازی پویا به بررسی مدیریت منابع آب آبیاری در چین پرداختند. مردل^۴ و همکاران (۱۵) با استفاده از روش برنامه ریزی، چندین هدف در رابطه با اختصاص منابع در شیلات دریای شمال شناسایی و بررسی کردند. در این مدل رابطه ی بین اهداف بلند مدت و کوتاه مدت در دریای شمال مورد بررسی قرار گرفت. از جمله این اهداف حداکثر کردن سود در کوتاه مدت و بلند مدت، حداقل کردن انحرافات و حفظ ثبات نسبی و اشتغال می باشد.

مبانی اقتصاد منابع طبیعی

اقتصاد منابع طبیعی به دنبال راهی است که منابع کمیاب در طبیعت را بین فرصت های موجود، به گونه ای تخصیص دهد که حداکثر سوددهی از آن ها حاصل شود. ضمن اینکه، برای تأمین نیازهای نسل های آینده نیز پایدار باقی بماند (۹). منابع موجود در این شاخه از علم اقتصاد به دو دسته کلی تقسیم بندی می شوند: ۱- منابع تجدید شونده یا قابل بازگشت: این گونه منابع (مانند شیلات، جنگل و ...) باید دارای نرخ رشدی باشند که بتوانند در مقیاس زمانی بلندمدت از لحاظ اقتصادی احیا شوند و بازده برنامه ای حاصل از آن ها بر اساس بازه زمانی معین و مدیریت صحیح معنادار شود. ۲- منابع تجدیدناپذیر یا غیر قابل بازگشت: این گونه منابع (مانند سوخت های فسیلی، نفت، گاز و ...) پس از استفاده، با تشکیل دوباره جایگزین نمی شوند و طبیعت قادر به پر کردن جای خالی آن ها نیست و یا سرعت تشکیل و جایگزین شدن آن ها، چنان آهسته است که تاثیر چندانی بر مقدار این منابع ندارد. به همین دلیل پایداری و حفظ آن ها جهت استفاده نسل های آتی نیاز به مدیریت صحیح دارد (۱۸). مهم ترین مسئله ای که در اقتصاد منابع طبیعی مورد بررسی و تحلیل قرار می گیرد، تعیین مقادیری از منابع طبیعی است که بایستی برای رفع نیازهای فعلی بشر بهره برداری شده و مورد استفاده قرار گیرد. برای تعیین بهترین مقدار تخصیص منابع موجود در طبیعت در طول زمان، می توان از رویکرد مسأله بهینه سازی پویا^۵ استفاده کرد. آنچه که در این رویکرد حائز اهمیت است، حداکثر ساختن معیار یا شاخص ارزش اقتصادی خالص در افق زمانی آینده، مشروط به پویایی منبع برداشت شده و سایر محدودیت ها می باشد (۴).

¹ - Knapp and Olson

² - Terrell and Johnson

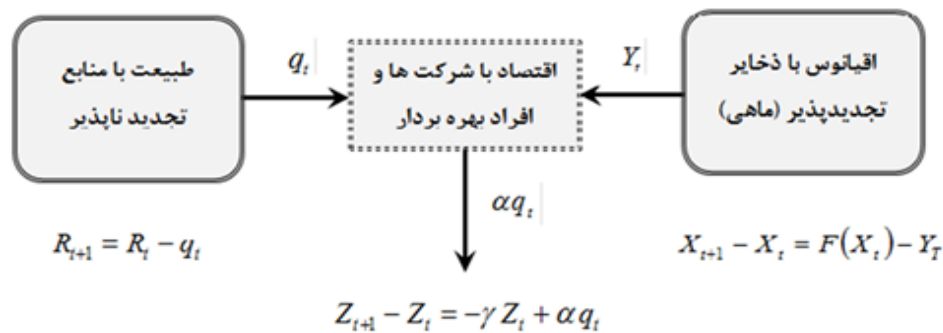
³ - Luo et al

⁴ - Mardles et al

⁵ - Dynamic Optimization

نرخ بهینه برداشت و ساختار تخصیص بهینه منابع

نرخ بهینه برداشت، نرخي است که براساس آن میزان برداشت از منابع طبیعی تجدیدپذیر تعیین می گردد، به نحوی که در دوره زمانی مقرر هیچ گونه اختلالی در ذخایر موجود حاصل نشود. این نرخ ممکن است در یک مسیر زمانی به صفر نیز برسد (۱۰). گاهی ممکن است به دلیل نامساعد بودن شرایط، مدیریت بر یک منبع ذخیره ماهی به شکلی غیرمعقول و نامناسب انجام گیرد و ذخیره جانبی کمتر از آن چیزی که بهینه به نظر می رسد، باشد. در این حالت نرخ بهینه برداشت صفر، ممکن است بهترین تصمیم باشد تا اینکه ذخیره منبع به اندازه ای برسد که نرخ بهینه برداشت مثبت شود. بنابراین برای یک منبع ذخیره ماهی ممکن است شرایطی حاصل شود که عدم برداشت از آن (در زمانی که نرخ رشد کمتر از مقدار بهینه است) تأثیر سازنده و مثبتی روی میزان ذخیره منبع داشته باشد (۳). با توجه به میزان برداشتی که براساس نرخ بهینه از منابع موجود صورت می گیرد، می توان زمینه یا ساختار تخصیص بهینه منابع طبیعی را به صورت شکل ۱ نشان داد:



شکل ۱- ساختار تخصیص بهینه منابع تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر در محیط زیست

در شکل ۱، X_t ذخیره ماهی در سال t ، $F(X_t)$ تابع رشد خالص، R_t موجودی منبع تجدیدشونده در زمان t ، q_t نرخ تولید از منبع تولیدشونده در زمان t ، Y_t برداشت ماهی در سال t ، Z_t موجودی ضایعات انباشته شده، αq_t جریان ضایعات از q_t و γ نرخ تجزیه ضایعات می باشد. مقادیر ضرایب α و β نیز بین صفر و یک تغییر می کند ($0 \leq \alpha \leq 1$) و ($0 \leq \gamma \leq 1$). در سمت راست شکل ۱، اقیانوسی وجود دارد که به عنوان منبع ذخیره ماهی در نظر گرفته شده است. مقدار ذخیره در زمان شروع برداشت با متغیر X_t نشان داده شده و واحد آن متریک-تن است. میزان یا سطح رشد خالص در هر دوره برابر با $F(X_t)$ می باشد و به مقدار ذخیره ماهی وابسته است. مقدار ذخیره ماهی در هر دوره به ظرفیت حمل زیستی^۶ محدود شده است. این مقدار با K نشان داده شده و رابطه $0 \leq X_t \leq K$ همواره برقرار است. با افزایش میزان ذخیره ماهی، X_t از سطح پایین تر به سطحی بالاتر تغییر می کند و $F(X_t)$ افزایش می یابد. این افزایش تا جایی ادامه پیدا می کند که به حداکثر عملکرد پایدار برسد (۱۶). زمانی که ظرفیت حمل زیستی (K) به سمت حداکثر عملکرد پایدار (X_{max}) حرکت نماید و رشد خالص در منبع ذخیره ماهی قبل از برداشت اتفاق افتد، آنگاه میزان تغییر در ذخیره ماهی از دوره t تا $t+1$ به کمک رابطه زیر محاسبه می شود:

$$X_{t+1} - X_t = F(X_t) - Y_t \quad (1)$$

با توجه به معادله فوق، در صورتی که میزان برداشت بیشتر از رشد خالص باشد ($Y_t > F(X_t)$) با ادامه روند برداشت، میزان ذخیره ماهی کاهش می یابد. در این حالت $X_{t+1} - X_t < 0$ خواهد شد. با ادامه روند برداشت، نرخ رشد به میزان Max خود می رسد. این در

^۶- Environmental carrying capacity

حالی است که ادامه برداشت سبب کاهش ذخیره ماهی خواهد شد. به لحاظ اقتصادی در طول دوره زمانی t ، برداشت یا صید از ذخایر ماهی تا جایی صورت می گیرد که برای بنگاه ها و افراد منافع خالص ایجاد نماید. پس از هر مرحله عمل برداشت، مقداری ذخیره منبع شیلاتی به صورت موجودی انبار برای دوره های آتی باقی می ماند که در این حالت می توان آن را با X_{t+1} یا X_{t+n} نشان داد. ذخیره آتی باقی مانده، منفعتی را برای اقتصاد در پی دارد، چرا که زمینه را برای رشد آبیان در آینده فراهم می کند. بنابراین، ایجاد ذخیره های بیشتر، هزینه برداشت از ذخایر را در آینده کاهش می دهد (۵).

روش پژوهش

یکی از مهم ترین ابزارها و راهکارهای مدیریتی که می تواند در پایداری منابع طبیعی نقش سازنده ای داشته باشد، بهره گیری از مدل های پیشرفته اقتصادی است. بدین منظور، در این پژوهش پس از ارائه روشی برای برآورد ارزش خالص حاصل از برداشت منابع به طرح مدلی پویا جهت بهینه سازی مقادیر برداشت پرداخته شد. روش ضریب لاگرانژ نیز به عنوان راهکاری دیگر در این پژوهش مطرح گردید. این روش برای بهینه سازی منابعی که برداشت آن ها در بلندمدت صورت می گیرد، کاربرد اساسی دارد.

برآورد ارزش کنونی منافع خالص حاصل از منابع طبیعی

ارزش کنونی منافع خالص (NPV) در علم اقتصاد، یکی از روش های استاندارد ارزیابی طرح های اقتصادی است. در این روش، جریان نقدینگی درآمدها و هزینه ها بر پایه زمان وقوع درآمد یا هزینه، به نرخ روز تنزیل می شود. به این ترتیب در جریان نقدینگی، ارزش زمان انجام هزینه یا به دست آمدن درآمد لحاظ می گردد. ارزش خالص فعلی در اقتصاد منابع طبیعی برای برآورد ارزش کنونی حاصل از برداشت منابع به کار گرفته می شود. این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$\rho, (NPV) = \frac{R_t}{(1+i)^t} \quad (2)$$

در رابطه فوق، R_t مقدار کمی درآمد یا هزینه در سال t بر اساس جریان نقدینگی، t زمان انجام هزینه یا واقع شدن درآمد و i نرخ بهره (حاصل ضرب نرخ سود، نرخ ریسک و نرخ تورم قابل پیش بینی) می باشد (۸). حال اگر N_t پرداختی باشد که در سال t صورت گیرد و $t = 0, 1, 2, \dots, T$ باشد، $t = 0$ به عنوان سال جاری یا دوره جاری و $t = T$ سال آخر یا دوره آخر برداشت در نظر گرفته شود، آنگاه ارزش کنونی چنین پرداخت هایی را می توان با جمع کلیه پرداخت ها در هر دوره به صورت زیر محاسبه کرد:

$$N = \sum_{t=0}^T \rho N_t, \quad N = \frac{A}{\delta}, \quad \delta > 0, \quad 0 < \rho < 1 \quad (3)$$

$$V(T) = A \left[1 + \frac{\delta}{m} \right]^{mt} = A \left[\left(1 + \frac{\delta}{m} \right)^{\frac{m}{\delta}} \right]^{\delta T} = A \left[\left(1 + \frac{1}{n} \right)^n \right]^{\delta T}, \quad n = \frac{m}{\delta} \quad (4)$$

با توجه به رابطه (۴)، $V(T)$ ارزش کنونی وعده داده شده (رزش انتظاری) برای پرداخت در زمان $t = T$ می باشد (۲).

مدل برنامه ریزی پویا و بهینه سازی میزان برداشت از منابع

در صورتی که شاخص فیزیکی X_t میزان موجودی یا ذخیره یک منبع طبیعی تجدیدشونده و Y_t مقدار برداشت یا استحصال از منبع مورد نظر باشد، آنگاه سطح برداشت منبع بر حسب واحدهای موجودی یا ذخیره منبع اندازه گیری می شود. در این حالت پویایی منبع را می توان با در نظر گرفتن مشتق مرتبه اول به صورت زیر نشان داد:

$$x_{t+1} - x_t = f(x_t) - y_t \quad (5)$$

در رابطه فوق، $f(x_t)$ بیانگر تابع رشد خالص برای منبع می باشد و تغییر رشد خالص از دوره t به دوره $t+1$ تابعی از فراوانی منبع در دوره t است (۱۹). منافع خالصی را که از فراوانی و برداشت منبع در دوره $t = T$ حاصل می شود، می توان به صورت زیر نشان داد:

$$\pi_t = \pi(x_t, y_t) \quad (6)$$

منافع خالص حاصل از برداشت به دو عامل X_t (ذخیره یا موجودی منبع) و Y_t (میزان برداشت از منبع) بستگی دارد. هر چقدر که سطوح برداشت بالاتر رود و میزان برداشت افزایش یابد، منافع خالص حاصل از برداشت نیز افزایش می یابد. اما، موجودی منبع برای دوره آتی با کاهش مواجه خواهد شد. با این وصف، استراتژی های مختلف برداشت (مثلاً y_{1t} و y_{2t}) ارزش کنونی منافع خالص متفاوتی خواهند داشت. چرا که میزان برداشت و ذخیره باقی مانده در هر استراتژی کمتر و یا بیشتر از استراتژی دیگر خواهد بود. با فرض ثابت بودن نرخ تنزیل می توان ارزش کنونی منافع خالص استراتژی های مختلف را با یکدیگر مقایسه نمود. با توجه به مطالب مذکور برای دو استراتژی برداشت y_{1t} و y_{2t} خواهیم داشت:

$$y_{1t} \rightarrow \sum_{t=0}^T \rho^t \pi(x_{1t}, y_{1t}) \quad (7)$$

$$y_{2t} \rightarrow \sum_{t=0}^T \rho^t \pi(x_{2t}, y_{2t}) \quad (8)$$

با توجه به روابط ارائه شده (۷) و (۸)، نیاز است مشخص شود که ارزش کنونی منافع خالص کدام یک از دو استراتژی بیشتر از دیگری است. در صورت وجود استراتژی های مختلف در بهره برداری از منابع، همیشه بهترین استراتژی بر دیگر استراتژی ها غالب می شود و مورد گزینش بهره برداران قرار می گیرد. در بین کلیه استراتژی های برداشت، استراتژی ای بهترین است که تحت شرایط محیطی ثابت بتواند با عوامل و محدودیت های موجود، ارزش کنونی منافع خالص حاصل از استحصال را به حداکثر مقدار ممکن برساند. بنابراین، می توان فرم ریاضی مدل برنامه ریزی پویا را جهت بهینه سازی برداشت منابع به صورت زیر نشان داد:

$$\text{Max } \pi_t = \sum_{t=0}^T \rho^t \pi(x_t, y_t) + \rho \bar{\pi}(x_{t+1}, f(x_{t+1})) / \delta \quad (9)$$

S.to :

$$\begin{aligned} x_{t+1} - x_t &= f(x_t) - y_t \\ x_t &\geq 0 \\ x_0 &\text{ Given} \end{aligned} \quad (10)$$

در مدل برنامه ریزی فوق، تابع هدف شامل حداکثر کردن ارزش کنونی منافع خالص حاصل از برداشت می باشد. این تابع، پویایی را برای دوره زمانی $t = t_0$ (سال شروع برداشت) تا $t = T$ (سال پایان برداشت) نشان می دهد و با توجه به قیدها و محدودیت هایی که در قسمت *S.to* مشخص شده، ارزش کنونی منافع خالص را حداکثر می نماید. اولین محدودیت شامل یک معادله دیفرانسیل می باشد که از مشتق مرتبه اول حاصل می شود. محدودیت دوم بیانگر غیرمنفی بودن ذخایر می باشد. محدودیت سوم نیز بیانگر آن است که میزان ذخیره یک منبع قبل از برداشت در سال اول، مقدار ثابت و مشخصی را دارا می باشد (۱۲).

روش ضریب لاگرانژ^۷ و برآورد مقادیر بهینه برداشت

گاهی در اقتصاد منابع طبیعی برای اندازه گیری میزان تأثیر عوامل محیطی و غیرمحیطی نیاز به حداکثر سازی برخی از معیارهای اقتصادی (مشروط به پویایی منابع) است. برای چنین مواردی می توان از مسأله بهینه سازی پویا استفاده کرد. در این راستا، روش ضریب لاگرانژ تکنیک مناسبی برای حل مسائل بهینه سازی در دوره های متوالی می باشد. اغلب این روش در حل مسائل ایستا بکار گرفته می شود. اما، می توان آن را برای حل مسائلی که در چند دوره جریان دارند تعمیم داد (۱۳).

روش ضریب لاگرانژ با معرفی متغیر جدیدی به نام λ_t بیان می گردد. مقدار ذخیره منبع x_t در این روش تابعی از ضریب لاگرانژ λ_t و ذخیره منبع در دوره یا سال آتی x_{t+1} تابعی از ضریب لاگرانژ λ_{t+1} می باشد. متغیر λ قیمت سایه ای نیز خوانده می شود و تفسیر اقتصادی معناداری دارد. این متغیر ارزش نهایی یک واحد اضافی در ذخیره منبع (x_t) را در دوره t نشان می دهد. با در نظر گرفتن رابطه مشتق مرتبه اول می توان تابع لاگرانژ را به صورت زیر نشان داد:

$$L = \sum_{t=0}^T \rho^t \{ \pi(x_t, y_t) + \rho^{t+1} \lambda_{t+1} [x_t + f(x_t) - y_t - x_{t+1}] \} \quad (11)$$

همان طوری که در بالا اشاره شد ارزش یک واحد اضافی x_{t+1} در دوره $t+1$ ، برابر با λ_{t+1} است. این ارزش در هر دوره با ρ تنزیل می شود. عبارت داخل $\{ \}$ (کروشه) در تابع هدف فوق بیانگر مجموع منافع خالص در دوره t و یا ارزش تنزیل شده ذخیره منبع در دوره $t+1$ است. گام بعدی پس از تشکیل تابع لاگرانژ، گرفتن مشتق های مرتبه اول و قراردادن آن ها برابر با صفر است. با حل معادلات حاصل شده، مقادیر اولیه x_t ، y_t و λ_t به دست می آید (۶).

$$\frac{dl}{dy_t} = \rho^t \left\{ \frac{d\pi(0)}{dy_t} - \rho \lambda_{t+1} \right\} = 0 \quad (12)$$

⁷⁻ Lagrange multiplier method

$$\frac{dl}{dx_t} = \rho^t \left\{ \frac{d\pi(0)}{dx_t} - \rho \lambda_{t+1} [1 + f'(0)] \right\} = 0 \quad (13)$$

$$\frac{dl}{d[\rho \lambda_{t+1}]} = \rho^t [x_t + f(x_t) - y_t - x_{t+1}] = 0 \quad (14)$$

مشتق گیری مرتبه اول از تابع لاگرانژ نسبت به هر یک از متغیرها، سیستم معادلات بی اندازه و بزرگی را نتیجه می دهد که شامل متغیرهای مجهول زیادی می باشد. این گونه مسائل شامل یک مرحله گذار می باشند که با رسیدن به این مرحله، معادلات از حالت پویایی خارج شده و تبدیل به حالت ایستا می گردند. پس از مشتق گیری تابع لاگرانژ نسبت به متغیرهای x_t, y_t و $\rho \lambda_{t+1}$ و قراردادن آن ها برابر با صفر، مجموعه جواب های بهینه برای متغیرهای موجود در حالت ایستا به صورت زیر به دست می آیند:

$$X_{t+1} = X_t = X^* \quad (15)$$

$$Y_{t+1} = Y_t = Y^* \quad (16)$$

$$\lambda_{t+1} = \lambda_t = \lambda^* \quad (17)$$

با توجه به متوالی بودن دوره های برداشت می توان تابع منافع خالص نسبت به y_t را به صورت زیر تعریف کرد:

$$\pi(Y_t) = aY_t - \left(\frac{b}{2}\right)Y_t^2 \quad (18)$$

با توجه به رابطه بالا و تعریف تابع رشد خالص $F(x) = rx \left[1 - \frac{x}{k}\right]$ (می توان مقادیر بهینه در حالت ایستا را برای پایداری منبع طبیعی تجدیدشونده با کمک روابط زیر محاسبه نمود):

$$X^* = \frac{k(r - \delta)}{2r} \quad (19)$$

$$Y^* = \frac{k(r^2 - \delta^2)}{4r} \quad (20)$$

$$\lambda^* = (1 + \delta) \left[\frac{a - bk(r^2 - \delta^2)}{4} \right] \quad (21)$$

در روابط فوق δ نرخ تنزیل، k نرخ بازگشت سرمایه و r نرخ ذخیره منبع تجدیدشونده می باشد. مقادیر محاسبه شده برای X^* ، Y^* و λ^* پس از حل معادلات فوق به عنوان مجموعه جواب های بهینه در حالت ایستا می باشند. (۶).

نتایج و بحث

جدول ۱، مقادیر مربوط به ضرایب و پارامترهای مورد استفاده در مدل برنامه ریزی ارایه شده را در حالت پایه نشان می دهد:

جدول ۱- مقادیر مربوط به ضرایب و پارامترهای مورد استفاده در مدل بهینه سازی پویا در حالت پایه

Table 1-Value related to coefficient and variable in dynamic optimization model in stock state

ρ	b	a	نرخ ذخیره منبع تجدیدشونده Rate of store renewable resource (r)	نرخ تنزیل Discount rate (δ)	نرخ برگشت سرمایه Rate of return investment (k)
۰/۹۲۵	۱	۱۰	۰/۶	۰/۰۵	۱

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول ۲ نیز بیانگر درصد تغییرات مربوط به منبع تجدیدشونده شیلات طی ۱۰ دوره متوالی می باشد. در واقع، این جدول درصد میزان برداشت و ذخیره ماهی و همچنین ارزش منافع خالص حاصل از برداشت را برای منبع تجدیدشونده در طی ۱۰ دوره متوالی نشان می دهد:

جدول ۲- درصد میزان ذخیره و برداشت ماهی و ارزش منافع خالص حاصل از برداشت طی ۱۰ دوره

Table 2- percentage amount of storage and harvest fish and net present value of harvesting in 10 periods.

ارزش منافع خالص (میلیون ریال) Net present value (NPV)	درصد میزان برداشت Percentage of amount of harvest (y_t)	درصد میزان ذخیره Percentage of amount storage (x_t)	دوره برداشت Time harvest (t)
۰/۴۹۸	۰/۰۰	۰/۲۰	۰
۰/۴۷۵	۰/۰۰	۰/۲۳	۱
۰/۴۵۲	۰/۰۵	۰/۲۷	۲
۰/۴۳۰	۰/۰۵	۰/۳۱	۳
۰/۴۱۰	۰/۰۵	۰/۳۷	۴
۰/۳۹۰	۰/۰۵	۰/۴۴	۵
۰/۳۷۲	۰/۰۵	۰/۵۱	۶
۰/۳۵۴	۰/۰۵	۰/۵۹	۷
۰/۳۳۷	۰/۰۵	۰/۶۶	۸
۰/۳۲۱	۰/۰۵	۰/۷۲	۹
۱۱/۲۵	۰/۰۰	۰/۷۷	۱۰
$\sum NPV = ۱۵/۲۹$	-	-	-

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول ۲ درصد میزان ذخیره منبع و برداشت از آن را برای حالتی نشان می دهد که بهره بردار یا مالک منبع در دوره اول برای افزایش ذخیره هیچ برداشتی را انجام نمی دهد. اما، در دوره های بعدی با نسبتی ثابت (۰/۰۵) از منبع برداشت می کند. با توجه به جدول ۲ میزان برداشت از منبع تجدیدشونده در دوره اول و دوم (به علت عدم صرفه اقتصادی و کم بودن ذخایر) صفر می باشد. در این حالت، هیچ برداشتی از منبع صورت نمی گیرد. به علت عدم برداشت از منبع، ارزش کنونی منافع خالص نیز در دوره اول و دوم صفر می باشد. میزان ذخیره منبع با گذشت دوره های متوالی روند فزاینده ای را طی می کند. ارزش منافع خالص از $t=0$ تا دوره $t=9$ یک سیر نزولی را دنبال می کند. در دوره آخر به علت برداشت کامل از منبع، ارزش کنونی منافع خالص، بیشترین میزان را شامل می شود. مجموع تغییر در ارزش منافع خالص در این حالت برابر با ۱۵/۲۹ است.

جدول ۳ این مقادیر بهینه برداشت و ذخیره منبع تجدیدپذیر که دست یابی به حداکثر ارزش منافع خالص را برای بهره برداران امکان پذیر می کند را به وضوح نشان می دهد. با توجه به این جدول، مشاهده می شود که مقادیر بهینه مربوط به برداشت منبع تجدیدپذیر با گذر زمان روند صعودی دارد. مجموع ارزش کنونی منافع خالص پس از حل مدل برنامه ریزی پویا در حدود ۲۲/۷۵ می باشد که در مقایسه با حالت فعلی ۷/۴۶ درصد افزایش یافته است.

پس از حل مدل ارائه شده همان گونه که در جدول ۳ دیده می شود، تغییرات ارزش منافع خالص ابتدا با روندی افزایشی و سپس با روندی کاهشی صورت گرفته است. بالاترین سطح NPV نیز مربوط به سال یا دوره آخر برداشت ماهی از منبع است. علت این امر آن است که در دوره آخر، کل موجودی منبع برداشت شده و به فروش می رسد. به عبارت دیگر، در دوره آخر به علت برداشت و فروش کل ماهی موجود در منبع، نیازی به ذخیره بخشی از آن برای دوره آتی نیست.

جدول شماره ۳- مقادیر بهینه برداشت و ذخیره منبع پس از حل مدل برنامه ریزی پویا

Amount optimal of harvest and storage resource after solve dynamic programming model

ارزش منافع خالص (میلیون ریال) Net present value	درصد میزان برداشت Percentage of harvest (y _t)	درصد میزان ذخیره Percentage of storage (x _t)	دوره برداشت Time harvest (t)
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۰	۰
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۸	۱
۰/۵۰	۰/۰۵۵	۰/۳۸	۲
۱/۰۱	۰/۱۱۷	۰/۴۴	۳
۱/۰۱	۰/۱۲۳	۰/۴۴	۴
۰/۹۵	۰/۱۲۲	۰/۴۴	۵
۰/۹۱	۰/۱۲۳	۰/۴۵	۶
۰/۸۷	۰/۱۲۳	۰/۴۵	۷
۰/۸۳	۰/۱۲۴	۰/۴۵	۸
۰/۷۹	۰/۱۲۴	۰/۴۵	۹
۱۵/۸۵	۰/۰۰	۰/۴۴	۱۰
$\sum NPV = ۲۲/۷۵$	-	-	-

مأخذ: یافته های تحقیق

به طور کلی نتایج حاصل از حل مدل برنامه ریزی پویا نشان می دهد که با تخصیص بهینه مقادیر برداشت، علاوه بر حفظ و پایداری منابع تجدیدپذیر در بلندمدت، ارزش کنونی منافع خالص نیز افزایش می یابد. با توجه به جدول ۱ می توان مقادیر بهینه برداشت و ذخیره منبع تجدید-شونده را در حالت ایستا به صورت زیر محاسبه نمود:

$$Y^* = \frac{k(r^2 - \delta^2)}{4r} \rightarrow Y^* = \frac{(0/36 \times 0/0025)}{4 \times 0/6} = 0/123 \quad X^* = \frac{k(r - \delta)}{2r} \rightarrow X^* = \frac{(0/6 - 0/05)}{2 \times 0/6} = 0/45$$

$$\lambda^* = (1 + \delta) \left[\frac{a - bk(r^2 - \delta^2)}{4} \right] \rightarrow \lambda^* = (1 + 0/05) \left[\frac{10 - (0/36 - 0/0025)}{4} \right] = 10/37$$

جدول ۳ نشان می دهد که مقادیر بهینه برداشت در دوره t_2 تا t_9 تمایل به سمت مقدار برداشت در حالت ایستا (۰/۱۲۳) دارند. همچنین، مقادیر بهینه محاسبه شده برای ذخیره منبع در دوره t_2 تا t_9 به میزان آن در سطح ایستا (۰/۴۵) تمایل پیدا می کند.

اثر تغییرات کاهنده نرخ تنزیل بر ارزش منافع کنونی خالص (NPV)

جدول ۴، ارزش منافع کنونی خالص برداشت ماهی از منبع شیلات را طی ۱۰ دوره متوالی در اثر تغییرات کاهنده نرخ تنزیل و فزاینده در سه سطح ۰/۰۲، ۰/۰۳، ۰/۰۴، ۰/۰۸، ۰/۰۹ و ۰/۱۰ درصد نشان می دهد:

جدول ۴- تغییرات ارزش منافع کنونی خالص برداشت ماهی در سطح نرخ های تنزیل کاهنده و فزاینده

Table 4- change of net present value of fish harvest in decrescent and increscent rate of discount

ارزش منافع کنونی برحسب میلیون ریال Net present value			ارزش منافع کنونی برحسب میلیون ریال Net present value			دوره برداشت harvest time
نرخ تنزیل درصد Rate discount %0.10	نرخ تنزیل درصد Rate discount %0.09	نرخ تنزیل درصد Rate discount %0.08	نرخ تنزیل درصد Rate discount %0.04	نرخ تنزیل درصد Rate discount %0.03	نرخ تنزیل درصد Rate discount %0.02	
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱
۰/۴۵	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۵۳	۲
۰/۸۸	۰/۹۰	۰/۹۳	۱/۰۴	۱/۰۷	۱/۱۰	۳
۰/۸۴	۰/۸۷	۰/۹۰	۱/۰۵	۱/۰۹	۱/۱۴	۴
۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۸۳	۱/۰۰	۱/۰۵	۱/۱۱	۵
۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۷۷	۰/۹۷	۱/۰۲	۱/۰۹	۶
۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۹۳	۰/۹۹	۱/۰۷	۷
۰/۵۷	۰/۶۲	۰/۶۷	۰/۹۰	۰/۹۷	۱/۰۵	۸
۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۶۹	۰/۸۷	۰/۹۴	۱/۰۳	۹
۵/۲۲	۶/۳۹	۷/۶۹	۲۱/۶۰	۳۱/۴۲	۵۱/۴۵	۱۰
۱۰/۵۷	۱۱/۹۱	۱۳/۵۹	۲۸/۸۷	۳۹/۰۹	۵۹/۵۷	مجموع

ماخذ: یافته های تحقیق

نتایج جدول ۴ حاکی از آن است که با کاهش نرخ تنزیل از ۰/۰۵ به ۰/۰۲ میزان ارزش حال کنونی از ۲۲/۷۵ به ۵۹/۵۶ میلیون ریال تغییر می کند. در واقع با کاهش ۰/۰۳ درصدی نرخ تنزیل در طی ۱۰ دوره متوالی پرورش ماهی، میزان ارزش کنونی منافع خالص منبع شیلات ۳۶/۸۱ میلیون ریال افزایش می یابد. روند فزاینده ی ارزش منافع کنونی خالص برای تغییر سطح نرخ تنزیل از ۰/۰۵ به ۰/۰۳ و ۰/۰۴ درصد نیز در جدول ۴ مشاهده می شود. نتایج این جدول نشان می دهد که تغییرات کاهنده نرخ تنزیل سبب افزایش ارزش حال خالص طی ۱۰ دوره پرورش ماهی شده است.

همچنین نتایج جدول فوق نشان می دهد که با افزایش نرخ تنزیل از ۰/۰۵ به ۰/۱۰، مجموع ارزش منافع کنونی خالص از ۲۲/۷۵ به ۱۰/۵۶ میلیون ریال تغییر می کند. در واقع با افزایش ۰/۰۵ درصدی نرخ تنزیل در طی ۱۰ دوره متوالی پرورش ماهی، مجموع ارزش کنونی منافع خالص منبع شیلات ۱۲/۱۹ میلیون ریال کاهش می یابد. روند کاهشی ارزش منافع کنونی خالص برای تغییر سطح نرخ تنزیل از ۰/۰۵ به ۰/۰۸ و ۰/۰۹ درصد نیز در جدول ۵ مشاهده می شود. نتایج این جدول به طور کلی نشان می دهد که تغییرات فزاینده نرخ تنزیل سبب کاهش ارزش حال خالص طی ۱۰ دوره پرورش ماهی شده است.

اثر تغییرات نرخ برگشت سرمایه بر میزان ذخیره منبع شیلات طی دوره های برداشت و ارزش منافع کنونی خالص

نرخ برگشت سرمایه شاخصی است که میزان پیشرفت یا عدم پیشرفت منبع شیلات را طی دوره های برداشت متوالی از منبع نشان می دهد. این نرخ در اثر تغییرات میزان ذخیره منبع متغیر می باشد و افزایش یا کاهش آن بر موجودی منبع اثر می گذارد. جدول ۵، میزان تغییرات ذخیره منبع شیلات را در اثر افزایش (۳ و ۵ درصد) و کاهش (۰/۹ و ۰/۷ درصد) نرخ برگشت سرمایه نسبت به حالت پایه به وضوح نشان می دهد:

جدول ۵- اثر تغییرات نرخ برگشت سرمایه بر میزان ذخیره منبع شیلات طی دوره های برداشت و ارزش منافع کنونی خالص
Table 5- change of rate return capital in the storage fishery resource in harvest periods and net present value

درصد تغییرات ذخیره منبع شیلات طی دوره های برداشت Percentage change storage of fishery resource in harvest periods				درصد تغییرات ارزش منافع کنونی خالص (میلیون ریال) Percentage change of net present value				دوره برداشت
افزایش نرخ برگشت سرمایه Increase rate return of capital	کاهش نرخ برگشت سرمایه decrease rate return of capital	افزایش نرخ برگشت سرمایه Increase rate return of capital	کاهش نرخ برگشت سرمایه decrease rate return of capital	افزایش نرخ برگشت سرمایه Increase rate return of capital	کاهش نرخ برگشت سرمایه decrease rate return of capital	افزایش نرخ برگشت سرمایه Increase rate return of capital	کاهش نرخ برگشت سرمایه decrease rate return of capital	
۳ درصد	۵ درصد	۰/۹ درصد	۰/۷ درصد	۳ درصد	۵ درصد	۰/۹ درصد	۰/۷ درصد	
۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰
۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۷	۱
۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۴۳	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۵	۲
۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۴۳	۰/۳۸	۰/۵۵	۰/۴۳	۰/۳۸	۰/۳۸	۳
۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۷۱	۰/۴۲	۰/۶۶	۰/۴۲	۰/۷۱	۰/۴۲	۴
۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۹۰	۰/۴۱	۰/۷۹	۰/۴۱	۰/۹۰	۰/۴۱	۵
۰/۹۶	۰/۹۶	۱/۱۴	۰/۴۰	۰/۹۶	۰/۴۰	۱/۱۴	۰/۴۰	۶
۱/۱۷	۱/۱۷	۱/۴۶	۰/۳۸	۱/۱۷	۰/۳۸	۱/۴۶	۰/۳۸	۷
۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۸۶	۰/۳۷	۱/۴۰	۰/۳۷	۱/۸۶	۰/۳۷	۸
۱/۶۵	۱/۶۵	۲/۳۲	۰/۳۵	۱/۶۵	۰/۳۵	۲/۳۲	۰/۳۵	۹
۱/۸۹	۱/۸۹	۲/۸۱	۰/۳۴	۱/۸۹	۰/۳۴	۲/۸۱	۰/۳۴	۱۰
مجموع								
۱۱/۵۵	۲۰/۵۱	۸۳/۷۴	۵۱/۰۶	۱۱/۵۵	۲۰/۵۱	۸۳/۷۴	۵۱/۰۶	

مأخذ: یافته های تحقیق

با توجه به این جدول، افزایش ۵ درصدی نرخ برگشت سرمایه سبب افزایش ذخیره منبع از سطح پایه ۰/۲۸ به ۰/۲۹ درصد در سال دوم برداشت و همچنین سبب افزایش ذخیره منبع از ۰/۴۵ به ۲/۸۲ درصد در سال پایانی برداشت می شود. با توجه به جدول ۶، کاهش نرخ برگشت سرمایه به میزان ۰/۷ درصد سبب کاهش ذخیره منبع از ۰/۲۸ به ۰/۲۷ درصد در سال دوم و همچنین سبب تهی شدن منبع (صفر شدن میزان ذخیره) در سال پایانی می شود.

همچنین، میزان تغییرات ارزش منافع کنونی خالص برداشت ماهی از منبع شیلات را در اثر افزایش (۳ و ۵ درصد) و کاهش (۰/۹ و ۰/۷ درصد) نرخ برگشت سرمایه نسبت به حالت پایه نشان می دهد. مجموع ارزش منافع کنونی خالص در حالت پایه ($k=1$) به میزان ۲۲/۷۵ میلیون ریال می باشد که با افزایش ۵ درصدی نرخ برگشت سرمایه منبع شیلات، به میزان ۸۳/۷۴ میلیون ریال افزایش می یابد. در واقع افزایش ۵ درصدی نرخ بازگشت سرمایه، مجموع ارزش منافع کنونی خالص حاصل از برداشت منبع شیلات را به میزان ۳/۷ درصد افزایش می دهد. با کاهش نرخ بازگشت سرمایه به میزان ۰/۷ درصد، مجموع ارزش منافع کنونی خالص به میزان ۱۱/۵۵ میلیون ریال کاهش می یابد.

نتیجه گیری و پیشنهادات

امروزه بهره برداری از منابع طبیعی به علت رشد سریع جمعیت و برطرف نمودن نیازهای اساسی بشر در حال رشد و توسعه است. این رشد به گونه ای است که علاوه بر توسعه فن آوری تولید و برداشت از منابع در سطح وسیع، به پایداری اقتصادی و زیست محیطی فعالیت ها نیز تأکید دارد. با توجه به آسیب پذیر بودن منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر کشور نیاز است که بهره برداری از آن ها برای رفع نیازهای موجود، به شکلی صورت گیرد که این منابع برای نسل های آینده نیز پایدار باقی بمانند. دستیابی به این هدف نیازمند مدیریتی مقتدر در بهره برداری از منابع موجود در طبیعت می باشد. در این راستا، استفاده از مدل های برنامه ریزی پویا جهت تعیین مقادیر بهینه برداشت و مدیریت صحیح منابع در دوره های زمانی کوتاه مدت و بلندمدت، لازمه ی تحقق اهداف مذکور بوده و در یاری رساندن به بهره برداران نقش مهمی را ایفا می کند. در پژوهش حاضر مدلی جهت تعیین مقادیر بهینه برداشت منابع شیلات در دوره های زمانی آتی ارائه شد. این مدل با توجه به تغییرات نرخ تنزیل در دوره های مختلف زمانی قادر به تخصیص منابع می باشد، به نحوی که در تمامی دوره ها حداکثر سود و منافع خالص حاصل شود. به طور کلی، کاربرد مدل های برنامه ریزی پویا در زمینه استحصال منابع، علاوه بر بهینه سازی میزان برداشت در سال های متوالی و حصول حداکثر منافع برداشتی از منابع، سبب کاهش سرعت تهی شدن ذخایر خواهد شد و به حفظ و پایداری منابع کمک شایانی خواهد نمود.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میزان ذخیره یک منبع شیلات تحت تأثیر عواملی نظیر میزان ذخیره، میزان برداشت از منبع، نرخ تنزیل، نرخ برگشت سرمایه و نرخ ذخیره منبع تجدیدشونده قرار دارد. مدیریت صحیح هر یک از عوامل مذکور در حفظ و پایداری منابع شیلات نقش مهمی را ایفا می کند. با توجه به جدول ۲، برداشت ماهی از منبع شیلات طی ۱۰ دوره با نرخ ثابتی در حدود ۰/۰۵ درصد و از سال دوم به بعد شروع می شود. مجموع ارزش منافع خالص در این حالت برابر با ۱۵/۲۹ میلیون ریال می باشد. در حالی که پس از بکارگیری مدل برنامه ریزی پویا مقادیر برداشت ماهی از منبع به صورت بهینه از ۰/۰۵۵ تا ۰/۱۲۴ تخصیص داده می شود (جدول ۳). پس از بهینه سازی میزان مقادیر برداشت از منبع، مجموع ارزش منافع کنونی خالص به کمک مدل برنامه ریزی پویا در حدود ۲۲/۷۵ میلیون ریال برآورد شد که حاکی از افزایش ارزش منافع کنونی به میزان ۷/۴۶ میلیون ریال نسبت به حالت فعلی است. نتایج جداول ۴ و ۵ نشان داد که ارزش کنونی منافع خالص (NPV) حاصل از برداشت ماهی طی ۱۰ دوره متوالی با افزایش نرخ تنزیل کاهش و با کاهش نرخ تنزیل افزایش یافته است. به عبارت دیگر، رابطه تغییرات ارزش کنونی منافع خالص و نرخ تنزیل غیرمستقیم یا معکوس می باشد. علاوه بر این، نتایج جدول ۶ نشان داد که با افزایش و کاهش نرخ بازگشت سرمایه، میزان ذخیره منبع نیز افزایش و کاهش می یابد. این امر حاکی از وجود رابطه ای مستقیم و همسو بین تغییرات نرخ بازگشت سرمایه و میزان ذخیره ماهی طی ۱۰ دوره متوالی است. نتایج جدول ۷ نیز نشان داد که رابطه ای غیرمستقیم بین نرخ بازگشت سرمایه و تغییرات ارزش منافع کنونی خالص حاصل از برداشت ماهی طی ۱۰ دوره متوالی وجود دارد. در پایان نیز استفاده از مدل های برنامه ریزی پویا به علت انعطاف پذیری آن ها و قابلیت محاسبه داده های سری زمانی در جهت تخصیص منابع طبیعی تجدیدپذیر طی دوره های متوالی برداشت از منابع توصیه می شود. استفاده از این مدل ها علاوه بر تعیین برنامه مناسب و زمان بندی شده برای برداشت از منابع طبیعی تجدیدپذیر، سبب حفظ و پایداری این منابع در بلندمدت می شود.

منابع و مراجع

- [1] Borhani daryan, A., and Ahmadi M. 2008. Ways to reduce the dimensions in dynamic programming model of optimal utilization of multiple reservoir system. JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING ISLAMIC AZAD UNIVERSITY, 1(3): 47-59
- [2] Brennen M.J., and Schwartz E.S. 1985. Evaluating natural resource investments. *Journal of Business*, 58(1):135-157.
- [3] Brown G.B. 1974. An Optimal Program for Managing Common Property Resources with Congestion Externalities. *Journal of Political Economy*, 82:163-174.
- [4] Clark C. W. 1990. Mathematical Bio economics: The Optimal Management of Renewable Resources (Second Edition). Wiley-Inter science, New York.
- [5] Clark C.W. 1985. Bio Economics Modeling and Fisheries Management. John Wiley and Sons. New york.
- [6] Conrad J.M., and Clark C.W. 1987. Natural Resource Economics: Notes and Problems. Cambridge University Press, New York.
- [7] Gandomkar A. 2011. Management of natural resources for sustainable development with emphasis on protecting forests, 11th Seminar of irrigation and reduce evaporation. University of Tehran. 4-5 january, 37
- [8] Gittinger J. P. 1982. Economic Analysis of Agricultural Projects, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- [9] Hart wick J.M., and Lowlier N.D. 1998. The Economics of Natural Resource Use (Second Edition), Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.
- [10] Hyde W.F. 1980. Timber Supply, Land Allocation, and Economic Efficiency, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- [11] Knapp K.C., and Olson L.J. 1995. The economics of conjunctive groundwater management with stochastic surface supplies. *Journal of Environmental Economics and Management*, 28(1): 340-356.
- [12] Kolberg W.C. 1993. Quick and say Optimal Approach Paths for Nonlinear Natural Resource Models. *American Journal of Agricultural Economics*, 75(3):685-695.
- [13] Leonard D., and Long N.V. 1992. Optimal Control Theory and Static Optimization in Economics, Cambridge University Press, New York.
- [14] Luo Y., Khan S.H., Cui Y., Zhang Z.H., and Zhu X. 2006. Sustainable irrigation water management in the lower Yellow River Basin: a system dynamics approach, Agricultural water management in china: proceedings of a workshop, China, page: 101-110.
- [15] Mardles S., Pascoe S., and Herrevo I. 2004. Management objective Importance in fisheries: An Evaluation using the Analytic Hierarchy Process. *Environmental Management*, 33(1): 2 - 11.
- [16] Pearce D.W., and Turner R. K. 1990. Economics of Natural Resources and the Environment. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 82-96.
- [17] Terrell B.L., and Johnson P.N. 1999. Economic impact of the depletion of the Ogallala aquifer: A case study of the Southern High Plains of Texas. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(2):1302-1317.
- [18] Tietenberg T. 1996. Environmental and Natural Resource Economics (Fourth Edition) Addison Wesley, Reading. Massachusetts.
- [19] Winston W., and Albright S. 1997. Practical Management Science: Spread sheet Modeling and Applications, Duxbury Press, Belmont, California