

# کاربرد فرضیه‌ی بازی‌ها در تعیین پایداری الگوهای زراعی منطقه بوانات استان فارس با توجه به هدف‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی

صفیه بهمن پوری، محمد بخشوده<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱/۱۴

## چکیده

فعالیت‌های کشاورزی گرچه سهم بسیار مهمی در تولید ناخالص داخلی کشورها دارند ولی همراه با تأثیرگذاری‌های جانبی زیست‌محیطی نیز هستند. در طی سال‌های اخیر استفاده بیش از حد و غیرمعمول از مواد شیمیایی در کشاورزی و استفاده بی‌رویه از آب و به‌کارگیری روش‌های نامناسب آبیاری وضعیت نگران‌کننده و ناپایداری را در فعالیت‌های کشاورزی کشور به‌وجود آورده است. در این پژوهش، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی نشان‌دهنده‌ی رفتار اقتصادی کشاورزان و فرضیه‌ی بازی‌ها باهم ترکیب شده است تا تصویر واقعی‌تری از الگوهای زراعی با رعایت جنبه‌های کشاورزی زیست محیطی و اقتصادی فراهم آید. این پژوهش راه‌حل بهینه‌ی برای هدف‌های متناقض کشاورزان و محیط زیست به عنوان دو مجموعه‌ی بازیگر را به‌دست می‌دهد. داده‌های مورد نیاز از بهره‌برداران نماینده منطقه بوانات، در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و همچنین سازمان جهاد کشاورزی استان فارس گردآوری شد. کاربردهای چهار روش برای حل مسئله‌ی کشمکش نشان داد که دو گروه بازیگر می‌توانند به منظور ایجاد تعادل میان هدف‌های متناقض‌شان به توافق برسند. افزون بر این، نتایج نشان داد، در شرایطی که به اهداف اقتصادی و زیست محیطی وزن یکسان داده شود، میزان کاربرد کود نیترات ۴ درصد و بازده برنامه‌ای ۱۱ درصد نسبت به زمانی که تنها هدف اقتصادی مدنظر باشد کاهش می‌یابند. با توجه به یافته‌ها، اهمیت توجه به هدف‌های زیست‌محیطی در بهینه‌سازی الگوی کشت لازم است زیرا هدف‌های دیگر را نسبتاً پوشش می‌دهد و این مهم مورد توجه سیاستگذاران قرار گیرد.

طبقه‌بندی JEL: C53, Q15, Q01, C61

واژه‌های کلیدی: الگوی زراعی، شاخص‌های پایداری، تئوری بازی‌ها، منطقه بوانات

<sup>۱</sup> به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد بخش اقتصاد کشاورزی دانشگاه شیراز

## مقدمه

بخش کشاورزی نقش مهمی در اقتصاد کلان ملی، اشتغال‌زایی و تأمین غذای افراد جامعه‌های مختلف دارد. بنابراین، لازم است که از منابع و ابزارهای تولید در این بخش به بهترین نحو ممکن استفاده شود تا ضمن کاهش در مصرف این منابع، سودآوری و رفاه کشاورزان نیز افزایش یابد. زیرا محدودیت منابع در بخش کشاورزی و نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی برای پاسخگویی به نیازها و تقاضای فزاینده‌ی ناشی از رشد جمعیت از یک سو و نیز ضرورت انجام مبارزه‌ی مدیریت شده با آفات از سوی دیگر، باعث شده تا فشار بر منابع تولید بخش کشاورزی به فشار بر محیط زیست منجر شود (رضایی و همکاران، ۱۳۹۱؛ نعمتی و قربانی، ۱۳۹۱). حد بحرانی این فشار به طور عمده به صورت استفاده گسترده از نهاده‌های شیمیایی می‌باشد؛ به طوری که هم‌اکنون مهم‌ترین جنبه‌های زیست محیطی نگران‌کننده فعالیت‌های کشاورزی، استفاده از نهاده‌های تهیه شده از بخش غیرکشاورزی همانند کودها و سموم شیمیایی می‌باشد (هالکیدس و پاپادیوموس، ۲۰۰۷).

در دو دهه اخیر توجه کارشناسان به پایداری کشاورزی افزایش یافته است. کشاورزی هنگامی پایدار است که از لحاظ فنی امکان پذیر، از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر، از نظر سیاسی مناسب، از جنبه مدیریتی اجرایی، از دیدگاه اجتماعی پذیرفتنی و به لحاظ محیطی سازگار باشد (کوچکی، ۱۳۷۶). بحث پایداری در کشاورزی مفاهیم مختلفی را در برمی‌گیرد و ابعاد گوناگونی را پوشش می‌دهد. کشاورزی پایدار شامل نقش مثبت تولید محصولات کشاورزی در رشد اقتصادی به همراه کاهش فقر، حفظ منابع طبیعی و حمایت از محیط زیست است (باقری و همکاران، ۱۳۷۵). به طور کلی در کشاورزی پایدار دو هدف بنیادی، تداوم تولید محصولات کشاورزی و کاهش اثرگذاری‌های زیان‌بار زیست محیطی در بخش کشاورزی وجود دارد (خاتون آبادی و امینی، ۱۳۷۵). پایداری به طور اعم سه بعد اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی را در برمی‌گیرد (لینمن و هرد، ۱۹۸۹).

در بیشتر کشورهای جهان اقدام‌های گسترده‌ای در جهت مصرف منطقی نهاده‌ها، حفظ محیط زیست و توسعه کشاورزی ارگانیک صورت گرفته است. این اقدام‌ها، کارشناسان را به طراحی سیاست‌هایی در جهت حفظ تعادل طبیعی و بقای آینده وادار کرده است. موفقیت کشاورزی ارگانیک، مستلزم شجاعت کارشناسان، تصمیم‌گیران و عزم ملی در جهت اجرای آن است. در همین زمینه در ایران نیز اقدام‌هایی صورت گرفته است از جمله در بند ح تبصره ۵ قانون بودجه

## کاربرد فرضیه بازی‌ها... ۹۷

سال ۱۳۷۴ آمده است: "به منظور کاهش کاربرد سموم و کودهای شیمیایی و بهبود محیط زیست معادل مبلغ ۳ درصد از ۱۱/۵ میلیارد ریال در اختیار وزارت کشاورزی قرار گیرد تا برای کمک به تحقیقات مربوط به مدیریت آفات و بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز و کنترل بیولوژیک با آنها، بررسی غذایی خاک‌های زراعی کشور و طرح‌های ترویجی و آموزشی مربوط هزینه کند" (نجفی، ۱۳۷۵).

در بررسی پایداری، تنها بیشینه کردن یک هدف مدنظر نیست، بلکه هدف بیشینه کردن ستانده‌ها و کمینه کردن نهاده‌ها (به طور نسبی و همزمان) است. این راهبرد با نقش پایداری یعنی کاهش یا حذف استفاده از فراورده‌های شیمیایی به ویژه کودها و سموم و همچنین کاهش تخریب منابع آب و خاک ارتباط نزدیکی دارد. به طور معمول در کارهای عملی به منظور دستیابی به پایداری، ستانده (های) مطلوب بیشینه و در مقابل ستانده (های) نامطلوب و استفاده از نهاده‌های تجدیدناپذیر و کمیاب و زیانبار کمینه می‌شود. به عبارت دیگر رسیدن به پایداری مستلزم مقایسه سطوح تولید و نهاده‌های اقتصادی با سطوح نهاده‌ها یا ستانده‌های نامطلوب است (لارا و میناسین، ۱۹۹۹).

بررسی و ارزیابی‌های مختلفی در زمینه تعیین الگوی کشت پایدار صورت گرفته است، از جمله رضایی و همکاران (۱۳۹۱)، با استفاده سه راهبرد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی و با بهره‌گیری از روش الگوریتم ژنتیک به تدوین الگوی کشت بهینه استان خراسان رضوی پرداختند. شیرزادی و همکاران (۱۳۹۱)، برای تعیین الگوی کشت دشت کاشمر از مدل برنامه‌ریزی آرمانی وزنی با در نظر گرفتن چهار هدف زیست محیطی و اقتصادی به طور همزمان استفاده کردند. پژوهنده و همکاران (۱۳۹۰)، در پژوهش خود به تعیین الگوی بهینه کشت در شرکت دشت‌ناز ساری با هدف‌های چندگانه پرداختند. در این پژوهش الگوی کنونی که در شرکت دشت‌ناز استفاده شد با دو الگوی بهینه که یکی همسو با میزان کاربرد کنونی و دیگری به میزان حد بحرانی کاربرد کود و سم برآورد شده بودند، مورد مقایسه قرار گرفتند. شوشتریان و همکاران (۱۳۸۹)، با استفاده از فرضیه بازی‌ها به بررسی پایداری نظام‌های زراعی با توجه به هدف‌های اقتصادی و زیست محیطی پرداخته‌اند. همچنین، بریم نژاد و یزدانی (۱۳۸۳)، در پژوهش خود با عنوان تحلیل پایداری در مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی با استفاده از برنامه‌ریزی کسری، برای استان کرمان به اندازه‌گیری پایداری پرداختند.

جویی و همکاران (۲۰۱۱)، در تخصیص زمین زراعی در یک منطقه در هند با راهبردهای سه‌گانه پایداری از یک الگوی الگوریتم ژنتیک استفاده کردند و میزان زمین تخصیص داده شده در هر راهبرد را با هم مقایسه کردند. در پژوهشی دیگر، راگوس و سایکوداکیس (۲۰۰۹)، به کمینه کردن تأثیرگذاری‌های آسیب و زیان‌های زیست محیطی در کشاورزی، با رهیافت برنامه‌ریزی چندهدفه را مورد ارزیابی قرار دادند. این پژوهش امکان دستیابی همزمان به هدف‌ها زیست محیطی که شامل کاهش میزان کود و آب آبیاری با توجه به رسیدن به درآمد شایان پذیرش برای کشاورز است را ارزیابی کرد. همچنین شرایدر (۲۰۰۷)، ساوور و همکاران (۲۰۰۳) و زیداروفسکی و همکاران (۱۹۸۴) در تحقیقات خود به بررسی کیفیت آب با استفاده از فرضیه بازی‌ها پرداختند. در بررسی‌های اخیر گرایش به سوی هدف‌ها بیشتر دیده می‌شود که این گرایش‌ها در جهت کاهش استفاده از نهاده‌های بیرون از کشتزار و به بیان دیگر تلاش در جهت حفظ قابلیت و ظرفیت تولید برای یک فرایند تولید پایدار است. این گرایش‌ها را می‌توان به عنوان هدف‌های زیست محیطی مطرح در فرایند تولید نام گذارد. هدف‌های زیست محیطی را می‌توان شامل کاهش استفاده از نهاده‌های شیمیایی همانند کودها و سموم شیمیایی و آب عنوان کرد (صبوحی و خسروی، ۱۳۸۸؛ بارتولینی و همکاران، ۲۰۰۷؛ سامان، ۲۰۰۷).

شهرستان بوانات از توابع استان فارس است و با مساحت ۴۶۹۷ کیلومتر مربع در شمال و شمال شرقی استان فارس است که ۸۶/۳ درصد خاک کل استان را به خود اختصاص داده است این شهرستان از شمال و شرق به استان یزد و از جنوب هم به نی‌ریز و مرودشت و از غرب به خرم بید محدود شده است. میانگین بارندگی در شهرستان سالانه ۲۷۰ میلی‌متر می‌باشد. خاک کل اراضی قابل کشت شهرستان بالغ بر ۴۰/۰۰۰ هکتار می‌باشد که در کل ۳۲۰۰۰ هکتار آن زیر کشت گیاهان زراعی و باغی است و میزان آیش سالانه ۸۰۰۰ هکتار می‌باشد. کل سطح زیر کشت گیاهان زراعی ۲۶۰۰۰ هکتار و کل سطح زیر کشت گیاهان باغی ۶۰۰۰ هکتار می‌باشد. فعالیت عمده مردم شهرستان کشاورزی و باغداری است. آب مورد نیاز برای کشاورزی از رودخانه بوانات و قنات‌های منطقه تامین می‌شود. کاربرد کودها و سموم شیمیایی در بعضی کشتزارهای این منطقه بیش از حد مجاز می‌باشد که به طور معمول باعث آلودگی آب‌های سطحی شده و از منطقه خارج می‌شود (سازمان جهاد کشاورزی شهرستان بوانات، ۱۳۹۳). از این‌رو هدف این پژوهش تعیین الگوی کشت بهینه شهرستان بوانات با راهبردهای سه‌گانه کشاورزی پایدار (راهبردهای اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی) با استفاده از فرضیه بازی‌ها است.

## کاربرد فرضیه بازی ها... ۹۹

بنابراین افزون بر تأکید بر حفاظت و پایداری محیط زیست منطقه از راه کمینه کردن کاربرد کودهای شیمیایی، ابعاد اقتصادی و اجتماعی پایداری نیز در قالب بیشینه سازی درآمد و سود اقتصادی و ایجاد فرصت های اشتغال مدنظر بوده اند.

### روش تحقیق

در این پژوهش به منظور تعیین الگوی کشت بهینه، از هدف های پر شمار و متضادی استفاده شد. نخستین جزء اقتصادی مدل، مدل برنامه ریزی خطی است که رفتار کشاورزان منطقه بوانات را نشان می دهد. این مدل ماتریس بازده را برای فرضیه بازی ها فراهم می آورد. بدین ترتیب، استفاده از فرضیه بازی ها دومین جزء اقتصادی مدل است که به دنبال حل کشمکش میان کشاورزان با هدف بیشینه سازی سود اقتصادی است، و محیط زیست که به دنبال کمینه سازی آلودگی های نیترات است. هر چند که پیشرفت های بسیاری در روش شناختی مدل های برنامه ریزی ریاضی صورت گرفته است و کاربردهای متفاوتی از آن ها در بررسی ها و ارزیابی های اقتصاد کشاورزی وجود دارد، سادگی و کارایی مدل برنامه ریزی خطی دلیل بهره گیری از این مدل در این پژوهش است. در این مدل، تابع هدف بیشینه سازی سود اقتصادی کشاورزان (GM) است که به صورت زیر نشان داده شده است:

$$\text{Max } GM = \sum_{j=1}^n (P_j Y_j - C_j) X_j \quad (1)$$

همچنین محدودیت های مدل بصورت زیر تعریف شده است:

$$\sum_j X_j \leq \text{LAND} \quad (2)$$

$$\sum_j L_j X_j \leq L \quad (3)$$

$$\sum_j N_j X_j \leq N \quad (4)$$

$$\sum_j C_j X_j \leq C \quad (5)$$

$$\sum_j S_j X_j \leq S \quad (6)$$

$$X_j \geq 0 \quad (7)$$

در این مدل به ترتیب  $P_j$  قیمت محصول  $J$ ام،  $Y_j$  عملکرد محصول  $J$  ام،  $C_j$  هزینه حسابداری تولید هر هکتار از محصول  $J$ ام،  $X_j$  سطح زیر کشت محصول  $J$ ام ( $X_1$  سطح زیر کشت گندم،  $X_2$  سطح زیر کشت جو،  $X_3$  سطح زیر کشت عدس،  $X_4$  سطح زیر کشت خیار،  $X_5$  سطح زیر کشت سیب زمینی،  $X_6$  سطح زیر کشت یونجه،  $X_7$  سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای و  $X_8$  سطح زیر کشت لوبیا قرمز)،  $LAND$  میزان کل زمین منطقه،  $L_j$ ، شمار مورد نیاز از نیروی کار برای هر هکتار محصول،  $L$  میزان کل نیروی کار موجود،  $N_j$  میزان کاربرد کود نیتراژ مورد نیاز برای هر هکتار محصول،  $N$  میزان کل کود نیتراژ موجود،  $C_j$  میزان سرمایه نقدی مورد نیاز برای هر هکتار محصول که برابر با هزینه متغیر می‌باشد،  $C$  میزان کل سرمایه نقدی موجود،  $S_j$  میزان کاربرد سم مورد نیاز برای هر هکتار محصول،  $S$  میزان کل سم موجود است. در این مدل تابع هدف، بازده مورد انتظار را حداکثر می‌کند. از معادله (۲) تا (۷) محدودیت‌های فنی را لحاظ می‌کند. در مرحله‌ی بعد با توجه به الگوی بهینه مقدار بازه برنامه‌ای را به عنوان یک قید به مدل اضافه می‌کنیم و مدل را با هدف بیشینه کردن اشتغال اجرا می‌کنیم با توجه به شمار نیروی کار بهینه و شمار نیروی کار موجود که در اجرای در برنامه اول به‌دقت برابر بودند، ۱۱ سناریو را تعریف کردیم که برپایه این سناریوها در هر اجرای مدل یک بازه برنامه‌ای و میزان کاربرد نهاده‌های شیمیایی متناسب با شمار نیروی کارهای داده شده در مدل به عنوان یک محدودیت، ماتریس بازده برای روش فرضیه بازی‌ها به‌دست می‌آید. در این پژوهش، کشاورزان و محیط زیست دو گروه از تصمیم‌گیرندگان بودند که به‌عنوان دو بازیگر در موقعیت کشمکش قرار داشتند. چندین مجموعه از عملیات مدیریتی کشاورزی (به‌عنوان نظام کشاورزی) جایگزین‌هایی هستند که هر یک هدف‌های اقتصادی و زیست‌محیطی متفاوتی دارند. مسئله، یافتن راه‌حل توافقی میان جایگزین‌های موجود است که بهترین پیامد را برای دو گروه بازیگر ارائه کند. هدف اقتصادی، بازده برنامه‌ی است که از مدل برنامه‌ریزی خطی، همان‌طور که در بالا اشاره شده است، به‌دست می‌آید و میان صفر و یک به‌نحوی عادی می‌شود که بیشترین مقدار بازده برنامه‌ی به ۱ و کمترین آن به صفر تعلق می‌گیرد. هدف زیست‌محیطی، فراسنجه زیست‌محیطی پیش‌گفته است که میان صفر و یک به‌نحوی عادی می‌شود که ۱ نشان‌دهنده‌ی بدترین حالت و صفر نشان‌دهنده‌ی بهترین حالت فراسنجه یادشده باشد (شوشتریان و همکاران، ۱۳۸۹).

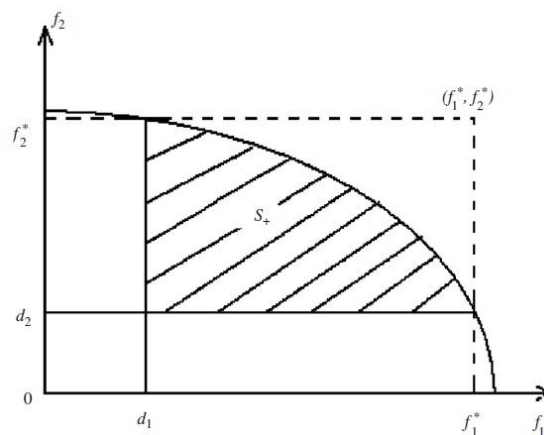
با رگرس کردن هدف اقتصادی به عنوان تابع  $f_1$  بر هدف زیست‌محیطی به عنوان تابع  $f_2$  مرز پارتو به‌دست می‌آید. مرز پارتو توسط تابع مقعر و باتاکید کاهشی  $g$  در فاصله‌ی  $[d_1, f_1^*]$

## کاربرد فرضیه بازی ها... ۱۰۱

مشخص می‌شود که در آن  $g(f_1^*)=d_2$  و  $f_2^*=g(d_1)$  است (نمودار ۱). برخی مواقع بردار  $d$  به عنوان بردار منافع در حالت نامتقارن (وضعیت موجود) در نظر گرفته می‌شود و ترکیبی از سودهای بازیگرها در حالتی که به یک توافق کلی نمی‌رسند. در این موارد، مجموعه‌ی سودهای ممکن  $S$ ، به مجموعه‌ی  $S_+$  که در زیر تعریف شده است، محدود می‌شود. چرا که هیچ بازیگر عاقلی، توافقی را که برتر از حالت ناتوافقی یا وضعیت موجود است، نمی‌پذیرد (راکوئل و همکاران، ۲۰۰۷).

$$S_+ = \left\{ f = \frac{(f_1, f_2)}{f} \in S, f \geq d \right\} \quad (۸)$$

که بردار  $d$  به عنوان برترین نتایج ممکن دو گروه هدف انتخاب شود، آن‌گاه  $S_+=S$  خواهد بود (راکوئل و همکاران، ۲۰۰۷). در این زمینه چهار روش ارائه شده‌است که در ادامه توضیح داده شده است و در این پژوهش از این چهار روش استفاده شد.



شکل (۱) مرز پارتوی دو بازیکن در موقعیت تعارض

### روش اول:

جان نش تعریف راهبرد بهینه را تعمیم داد که با آن می‌توان در هر بازی دو نفره و بدون همکاری تعادل را پیدا کرد. بعضی از محققان مدل اولیه‌ی نش را توسعه دادند و آن را اصلاح کردند. به‌عنوان مثال، راه‌حل نامتقارن نش توسط هارسانی و سلتن (۱۹۷۲) معرفی شد که در این روش می‌توان چانه‌زنی دو طرف را با نیروهای متفاوت تعیین کرد. در این راه‌حل، یک نقطه‌ی منحصر به فرد روی مرز پارتو به گونه‌ی تعیین می‌شود که حاصل ضرب سودها، بیشینه شود. راه حل نش حل منحصر به فرد مسئله‌ی بهینه‌سازی زیر است:

$$Max: (f_1 - d_1)^{w_1} (f_2 - d_2)^{w_2}$$

s.t.

$$d_1 \leq f_1 \leq f_1^*$$

$$f_2 = g(f_1)$$

(۹)

$w_1$  و  $w_2$  وزن‌های نابرابر است که به هر یک از بازیکن‌ها داده می‌شود. جمع وزن‌ها برابر با یک است. هر بازیکنی که دارای وزن بیشتری باشد، در تابع هدف دارای اهمیت بیشتری است (هارسانی و سلتن، ۱۹۷۲؛ راکوئل، ۲۰۰۷). اگر  $f_1 = d_1$  و  $f_1 = f_1^*$  باشد، تابع هدف برابر صفر و برای همه‌ی مقادیر  $f_1 \in (d_1, f_1^*)$  تابع هدف مثبت است. در صورتی که محدودیت دوم،  $f_2 = g(f_1)$  در تابع هدف جایگزین شود، مسئله به صورت تک‌بعدی زیر در می‌آید و با یک الگوریتم جستجوی ساده‌ی تک‌بعدی می‌توان آن را حل کرد

#### روش دوم:

کالای و اسمورودینسکی (۱۹۷۵) راه‌حل پیشنهادی نش را تعمیم داده و روش جدیدی برای یافتن نقطه‌ی توافق بازیکنان ارائه داده‌اند. در این روش یک پاره‌خط میان نقطه‌ی نبود توافق  $(d_1, d_2)$  و نقطه‌ی مطلوب یا ایده‌آل  $(f_1^*, f_2^*)$  رسم می‌شود. نقطه‌ی برخورد این پاره‌خط با مرز پارتو به‌عنوان پاسخ میانه معرفی می‌شود (عرض از مبدا این پاره‌خط با مرز پارتو). پس با حل رابطه‌ی زیر در فاصله‌ی  $(d_1, f_1^*)$ ، پاسخ میانه به‌دست می‌آید.

$$d_2 + \left\{ \frac{f_1^* - d_2}{f_1^* - d_1} \right\} (f_1 - d_1) - g(f_1) = 0 \quad (10)$$

اگر هدف‌ها عادی‌سازی شود، آنگاه  $d_1 = d_2 = 0$  و  $f_1^* = f_2^* = 1$  می‌شود. بنابراین دو هدف  $\bar{f}_1$  و  $\bar{f}_2$  در طول پاره‌خطی که پاره‌خطی که نقطه‌ی نبود توافق و نقطه‌ی ایده‌آل را به هم وصل می‌کند، با نرخ همسانی افزایش می‌یابد. این نظریه منجر به شکل‌گیری راه‌حل نامتقارن کالای اسمورودینسکی (۱۹۷۵) شده است که محل برخورد مرز پارتو و پاره‌خط مستقیم زیر پاسخ بهینه به‌دست می‌آید (راکوئل، ۲۰۰۷):

$$\bar{g}(\bar{f}_1) = (w_2 / w_1) \bar{f}_1 \quad (11)$$



### کاربرد فرضیه بازی ها... ۱۰۳

#### روش سوم:

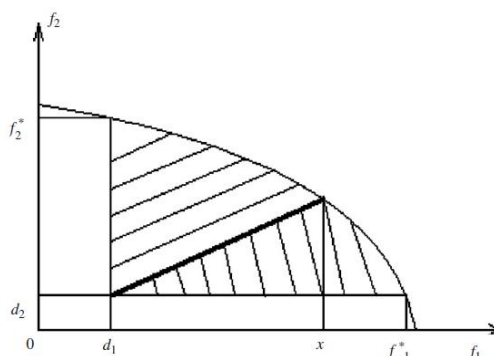
آنبارسی (۱۹۹۳)، راه حل سطوح یکنواخت را ارائه داد که در آن پاره خطی از نقطه‌ی نبود توافق آغاز می‌شود و  $S_+$  را به دو قسمت برابر تقسیم می‌کند (شکل ۲). اگر وزن هدف‌ها با هم برابر نباشد ( $w_2 \neq w_1$ )، آنگاه مساله به صورت نامتقارن درمی‌آید و بایستی به گونه‌ی حل شود که نسبت مساحت دو قسمت، برابر  $w_2/w_1$  باشد. بنابراین پاسخ بهینه، ریشه‌ی معادله‌ی غیر خطی زیر در فاصله‌ی است (آنبارسی، ۱۹۹۳):

$$w_2 \left[ \int_{d_1}^x g(t) dt - 1/2(x-d_1)(g(x)+d_2) \right] \\ = w_1 \left[ \int_x^{f_1^*} g(t) dt - (f_1^* - x)d_2 + 1/2(x-d_2)(g(x)-d_2) \right] \quad (12)$$

#### روش چهارم:

راه حل زیان برابر تعمیم دیگری از راه حل نش است که توسط چان (۱۹۸۸) ارائه شده است. این راه حل، در آغاز برای حالتی معرفی شد که هدف‌ها دارای وزن‌های یکسانی بودند و هر دو گروه به طور همزمان و با سرعت یکسان، به یک توافق می‌رسیدند. اما در راه حل نامتقارن، هدف‌ها دارای وزن‌های متفاوتی است ( $w_2 \neq w_1$ ) در این روش، نقطه‌ی  $(f_1, g(f_1))$  روی مرز پارتو به صورت زیر تعیین می‌شود (راکوئل، ۲۰۰۷):

$$(f_1^* - x)w_1 = (f_2^* - g(x))w_2 \quad (13)$$



شکل (۲) راه حل سطوح یکنواخت

بدین منظور داده‌های مربوط به هزینه و درآمد محصولات کشاورزی بهره‌برداران منطقه بوانات در استان فارس در سال زراعی سال ۹۳-۱۳۹۲ استفاده شد. دیگر منابع آماری از سازمان‌های مختلف از جمله جهاد کشاورزی استان فارس و شهرستان بوانات و همچنین به صورت مصاحبه با کشاورزان و کارشناسان مربوطه گردآوری شد. همچنین، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای *Mathcad 14*, *GAMS 23.7* استفاده شده است.

### نتایج و بحث

در این پژوهش در آغاز با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی با توجه به سناریوهای تعریف شده هدف اقتصادی و اجتماعی بیشینه شد و میزان کاربرد کود شیمیایی در هر سناریو به دست آمد. جدول (۱)، نشان‌دهنده سناریوهای انتخاب شده برای هدف اجتماعی (بیشینه کردن شمار نیروی کار) می‌باشد که کمینه این مقادیر از اجرای مدل در مرحله اول با هدف بیشینه کردن بازده برنامه‌ای می‌باشد که به دقت برابر با کل نیروی کار موجود در منطقه بود و میزان بیشینه آن نیز با بیشینه کردن شمار نیروی کار با توجه به هدف بیشینه بازده برنامه‌ای (برنامه‌ریزی دو هدفه)، به دست آمد. اختلاف این دو عدد محاسبه و این فاصله به ۱۰ قسمت تقسیم شد و براساس این مقادیر سناریو تعریف شد.

جدول (۲)، اجرای هر سناریو را نشان می‌دهد. همان‌طور که در ردیف سوم مشاهده می‌شود مقدار بازده برنامه‌ای تا سناریوی پنجم روندی افزایشی داشته به صورتی که از مقدار ۱۷۶۳/۱۹ میلیارد ریال در سناریوی اول با ۲۴۳۷۰۳ نفر نیروی کار به ۱۹۵۹/۸۳ میلیارد ریال می‌رسد و پس از آن با افزایش شمار نیروی کار، کاهش می‌یابد به طوری که در سناریوی آخر با شمار بهینه‌ی نیروی کار (۴۷۹۹۸۳ نفر) به ۱۸۱۱/۱۷ میلیارد ریال می‌رسد.

با توجه به نتایج اجرای مدل‌ها برای الگوی کشت مشاهده می‌شود که محصولات گندم، یونجه و ذرت علوفه‌ای از الگوی کشت حذف شده‌اند و دو محصول جو و خیار همزمان با افزایش نیروی کار و بازده برنامه‌ای، سطح زیر کشت‌شان در حال افزایش است و در سناریوی پنجم سطح زیر کشت جو ۶۹۹۳/۸۲ هکتار و خیار ۶۶۹۳/۰۶ هکتار می‌باشد. پس از این سناریو سطح زیر کشت این دو محصول هم کاهش یافته است. محصول عدس با سطح زیر کشت ۲۶۳/۹۱ هکتار در الگوی آخر وارد شده است و محصول ذرت علوفه‌ای تنها با سطح زیر کشت ۶۰۳/۸۱ هکتار در الگوی اول می‌باشد. لوبیا قرمز نیز از سناریوی ششم به بعد که سطح زیر کشت دو محصول جو

### کاربرد فرضیه بازی ها... ۱۰۵

و خیار کاهش می‌یابد وارد الگوی کشت می‌شود و همزمان با افزایش شمار نیروی کار، سطح زیر کشت‌اش افزایش می‌یابد به طوری که در سناریوی آخر به ۱۷۶۷۹/۰۱ هکتار می‌رسد. جدول (۳)، مقدار بازده برنامه‌ای و میزان کاربرد کود نیترات را در سناریوهای مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش بازده برنامه‌ای، سطح زیر کشت خیار افزایش می‌یابد که چون این محصول برای رشد، نیاز به نهاده‌های شیمیایی مانند کود دارد پس میزان کاربرد کود هم تا سناریوی پنجم افزایش می‌یابد. بیشترین میزان کاربرد کود نیترات در سناریوی پنجم ۷/۲۸۷۲ میلیون کیلوگرم می‌باشد. نتایج نشان داد، افزایش بازده ناخالص منجر به افزایش کاربرد کود شیمیایی می‌شود و این نشان‌دهنده تعارض میان هدف‌های زیست محیطی و هدف‌های بهره‌برداران (افزایش بازده برنامه‌ای) است؛ اما از سوی دیگر این افزایش بازده برنامه‌ای همراه با افزایش استفاده از نیروی کار و اشتغال می‌باشد که این از نظر اجتماعی مطلوب خواهد بود.

در جدول (۴) ماتریس نتایج عادی‌سازی شده برای ۱۱ سناریو نشان داده شده است. همان‌طور که در این جدول نیز دیده می‌شود، وزن‌های بالاتر به جنبه‌ی زیست محیطی در مسئله‌ی کشمکش، سودهای اقتصادی کمتر و شاخص‌های زیست محیطی کمتری را به دنبال دارد. به بیان دیگر اهمیت بیشتر به جنبه‌ی زیست محیطی مسئله‌ی تولید باعث می‌شود تا آلودگی شیمیایی در الگوهای زراعی کمتر باشد. به منظور برآورد مرز پارتو، هدف اقتصادی عادی‌سازی شده بر هدف زیست محیطی عادی‌سازی شده برای ۱۱ راه حل بهینه شده رگرس شد تا رابطه‌ی زیر به دست آید:

$$f_2 = 1.0044 - 0.8983f_1$$

ضریب تعیین مرز پارتوی برآورد شده برابر ۰/۹ و با احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار است. در این رابطه،  $f_1$  و  $f_2$  به ترتیب نشان‌دهنده‌ی هدف‌های اقتصادی و زیست محیطی است. در این مرحله با تخصیص ۱۱ وزن نابرابر به هدف‌های اقتصادی و زیست محیطی با فاصله‌های ۰/۱ مسئله‌ی کشمکش میان دو گروه بازیگر حل شد. بدین منظور از چهار روش پیش‌گفته برای حل مسئله‌ی فرضیه بازی‌ها بهره‌گرفته شد که ماتریس نتایج برای ۱۱ سناریوی انتخابی در جدول (۵) نشان داده شده است.



### کاربرد فرضیه بازی ها... ۱۰۷

جدول (۳) شاخص های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی برای سناریوهای مختلف

سناریو	سطح زیر کشت (هکتار)	نیروی کار (نفر- روز)	بازده برنامه ای (میلیارد ریال)	کود نیترا (میلیون کیلوگرم)
۱	۷۷۲۴/۳۶	۲۴۳۷۰۳	۱۷۶۳/۱۹	۶/۰۴۷۳
۲	۷۷۰۲/۵۱	۲۶۷۳۳۱	۱۸۸۷/۸۷	۶/۳۵۴۴
۳	۹۷۲۰/۱۳	۲۹۰۹۵۹	۱۹۱۱/۸۶	۶/۵۹۸۷
۴	۱۱۷۳۷/۷۷	۳۱۴۵۸۷	۱۹۳۵/۸۵	۶/۹۴۲۹
۵	۱۳۷۵۵/۴۱	۳۳۸۲۱۵	۱۹۵۹/۸۳	۷/۲۸۷۲
۶	۱۵۰۷۴/۲۶	۳۶۱۸۴۳	۱۹۴۴/۴۷	۷/۲۳۳۰
۷	۱۶۱۹۴/۹۱	۳۸۵۴۷۱	۱۹۱۷/۹۵	۷/۰۶۵۸
۸	۱۷۳۱۵/۵۷	۴۰۹۰۹۹	۱۸۹۱/۴۲	۶/۸۹۸۶
۹	۱۸۴۳۶/۲۱	۴۳۲۷۲۷	۱۸۶۴/۹	۶/۷۳۱۴
۱۰	۱۹۵۵۶/۸۶	۴۵۶۳۵۵	۱۸۳۸/۳۷	۶/۵۶۴۲
۱۱	۲۰۶۱۶/۹۸	۴۷۹۹۸۳	۱۸۱۱/۱۷	۶/۳۷۹۵

منبع: یافته های تحقیق

جدول (۴) ماتریس نتایج عادی سازی شده برای سناریوهای مختلف

سناریو	زمین استفاده شده (هکتار)	نیروی کار (نفر- روز)	بازده برنامه ای	کود نیترا
۱	۷۷۲۴/۳۶	۲۴۳۷۰۳	۰	۱
۲	۷۷۰۲/۵۱	۲۶۷۳۳۱	۰/۶۳	۰/۸۳
۳	۹۷۲۰/۱۳	۲۹۰۹۵۹	۰/۷۵	۰/۵۵
۴	۱۱۷۳۷/۷۷	۳۱۴۵۸۷	۰/۸۷	۰/۲۷
۵	۱۳۷۵۵/۴۱	۳۳۸۲۱۵	۱	۰
۶	۱۵۰۷۴/۲۶	۳۶۱۸۴۳	۰/۹۲	۰/۰۴
۷	۱۶۱۹۴/۹۱	۳۸۵۴۷۱	۰/۷۸	۰/۱۷
۸	۱۷۳۱۵/۵۷	۴۰۹۰۹۹	۰/۶۵	۰/۳۱
۹	۱۸۴۳۶/۲۱	۴۳۲۷۲۷	۰/۵۱	۰/۴۴
۱۰	۱۹۵۵۶/۸۶	۴۵۶۳۵۵	۰/۳۸	۰/۵۸
۱۱	۲۰۶۱۶/۹۸	۴۷۹۹۸۳	۰/۲۴	۰/۷۳

منبع: یافته های تحقیق

همان طور که انتظار می رود، وزن های بالاتر به هدف های زیست محیطی باعث فشار کمتری بر منابع و آلودگی شیمیایی کمتری به محیط زیست می شود. از سوی دیگر، اگر وزن بیشتری به هدف های اقتصادی تخصیص داده شود، کشاورزان سودهای اقتصادی بیشتری کسب می کنند و

زمین بیشتری را زیر کشت می‌برند. همچنین فشار بر منابع افزایش می‌یابد، نیترات بیشتری به محیط زیست وارد می‌شود.

جدول (۵) ماتریس نتایج حل مسئله‌ی کشمکش برای سناریوهای مختلف

روش چهارم		روش سوم		روش دوم		روش اول		وزن	
F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	W2	W1
۰/۱	۱	۰/۰۱	۱/۱	۰	۱/۱۱	۰/۱	۱	۰	۱
۰/۱۹	۰/۹	۰/۱۱	۰/۹۹	۰/۱۱	۰/۹۹	۰/۱	۱	۰/۱	۰/۹
۰/۲۷	۰/۸۱	۰/۲۱	۰/۸۸	۰/۲۲	۰/۸۷	۰/۲	۰/۸۹	۰/۲	۰/۸
۰/۳۵	۰/۷۲	۰/۳۱	۰/۷۷	۰/۳۳	۰/۷۵	۰/۳	۰/۷۸	۰/۳	۰/۷
۰/۴۴	۰/۶۲	۰/۴۱	۰/۶۶	۰/۴۲	۰/۶۴	۰/۴	۰/۶۷	۰/۴	۰/۶
۰/۵۲	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۵۳	۰/۵	۰/۵۵	۰/۵	۰/۵
۰/۶۲	۰/۴۲	۰/۶	۰/۴۴	۰/۶۳	۰/۴۱	۰/۶	۰/۴۴	۰/۶	۰/۴
۰/۷۱	۰/۳۲	۰/۷	۰/۳۳	۰/۷۲	۰/۳۱	۰/۷	۰/۳۳	۰/۷	۰/۳
۰/۸	۰/۲۲	۰/۸	۰/۲۲	۰/۸۲	۰/۲	۰/۸	۰/۲۲	۰/۸	۰/۲
۰/۹	۰/۱۱	۰/۹	۰/۱۱	۰/۹۱	۰/۱	۰/۹	۰/۱۱	۰/۹	۰/۱
۱/۰۰۴	۰	۱/۰۰۴	۰	۱/۰۰۴	۰	۱/۰۰۴	۰	۱	۰

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۶) به طور خاص عملیات کشاورزی توافقی به دست آمده مربوط به ۱۱ وزن مختلف را نشان می‌دهد، هنگامی که دیدگاه اقتصادی نسبت به دیدگاه زیست محیطی اهمیت‌های متفاوتی دارد. از آنجا که راه‌حل ارائه شده از چهار روش مختلف حل مسئله کشمکش که در روش تحقیق بیان شد، اختلاف چندانی با هم ندارند، تنها نتایج مربوط به روش اول (راه حل نش) در جدول (۶) نشان داده شده‌است.

با هماهنگ‌سازی مقدار بازده برنامه‌ای و میزان کود مصرفی که از راه حل نش به دست آمده است و مقادیری که این دو شاخص در سناریوهای مختلف دارا هستند، الگوهای کشت بهینه پیشنهاد شده‌است.



همان‌طور که در جدول (۶) آورده شده است اگر برای برنامه ریز اولویت رسیدن به هدف‌ها اهمیتی نداشته باشد ( $w_1=w_2=0.5$ )، الگوی کشت ارائه شده در سناریوی ۹، توصیه می‌شود. در این سناریو، ۴۳۲۷۲۷ نفر نیروی کار برای هدف اجتماعی تعیین شده است و با توجه به این شمار نیروی کار بازده برنامه‌ای بهینه ۱۸۷۱/۳۴ میلیارد ریال محاسبه شده است. در الگوی کشت بهینه هم محصول جو با ۳۱۹۷/۵۸ هکتار سطح زیر کشت، خیار با ۳۶۵۱/۵۵ هکتار و لوبیا قرمز با ۱۱۵۸۷/۰۸ هکتار سطح زیر کشت می‌باشند. بنابراین بسته به نظر برنامه ریز و تصمیم گیرنده و این که دنبال چه هدف‌هایی باشد، هر یک از الگوهای پیشنهاد شده می‌تواند به کار گرفته شود.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

اجرای یک مدل برنامه‌ریزی خطی و هم چنین استفاده از فرضیه بازی‌ها امکان بررسی همزمان سودهای اقتصادی کشاورزان و پفراسنجه‌های زیست محیطی را در این بررسی فراهم آورد. دو هدف متناقض برای بازی در نظر گرفته شد: بازده برنامه‌ی به عنوان هدف اقتصادی و میزان کاربرد کود به عنوان هدف زیست محیطی. با حل مسئله‌ی کشمکش با استفاده از مجموعه وزن‌های مختلف به هدف‌های اقتصادی و زیست محیطی ( $w_1, w_2$ ) چندین جایگزین برای الگوی کشت کنونی به منظور بهبود در شاخص‌های پایداری ارائه شد. همان‌طور که عنوان شد، تأمین هدف بازده برنامه‌ای بالا که با افزایش به کارگیری نیروی کار همراه است، باعث شده است تا تعقیب هدف‌های بهره‌برداران با افزایش اشتغال (هدف اجتماعی) توأم باشد که از نظر سیاستگذاران این مسئله مهم می‌باشد. همین امر باعث شده است تا به رغم تعارض میان هدف‌های بهره‌برداران و هدف‌های زیست محیطی، میان هدف‌های بهره‌برداران و هدف‌های سیاستگذاران به واسطه افزایش اشتغال همبستگی مثبت ایجاد شود.

نتایج این پژوهش نشان داد، با به کارگیری سیاست‌های مناسب می‌توان کشاورزی منطقه را به سمت پایداری هدایت کرد. افزون بر این، نتایج به دست آمده از الگوی برنامه‌ریزی، هماهنگ با نتایج بررسی‌های کهنسال و زارع (۱۳۸۷)، است و نشان می‌دهد که کشاورزان منطقه مورد نظر در تدوین الگوی کشت کنونی خود به ویژگی‌های زیست محیطی و پایداری منطقه چندان توجهی ندارند، به طوری که حرکت به سمت پایداری از تنوع کشت منطقه خواهد کاست و شماری از گیاهان زراعی را از الگوی کشت بهینه ناشی از روش برنامه‌ریزی خطی ساده و الگوی کشت کنونی منطقه حذف می‌کند. به عبارت دیگر برای حرکت به سمت پایداری در منطقه یادشده باید به سمت تخصصی شدن کشت برخی گیاهان زراعی و تولید محصولات خاص سازگار با امکانات



## کاربرد فرضیه بازی ها... ۱۱۱

منطقه حرکت کرد. به منظور حفاظت و حراست از محیط زیست و منابع کشاورزی و پایداری نظام‌های کشاورزی تغییر در دیدگاه کشاورزان با فراهم آوردن دانش مربوط برای آنان ضروری است. نتایج این پژوهش نشان داد که با استفاده از فرضیه بازی‌ها می‌توان با معرفی شاخص‌های پایداری، الگوی کشتی را تدوین کرد که ضمن ممکن ساختن کسب سود لازم و ایجاد اشتغال، استفاده از کمترین نهاده‌های شیمیایی را میسر سازد. لذا در راستای کشاورزی پایدار ضرورت دارد کودهای شیمیایی کمتری در منطقه توزیع و کودهای زیستی (بیولوژیک) مناسبی ترویج، توزیع و جایگزین آن‌ها شود.

### منابع

- باقری ع، کوچکی ع و زند ا. (۱۳۷۵). اصلاح نباتات در کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشار جهاد دانشگاهی مشهد.
- بریم‌نژاد و و یزدانی س. (۱۳۸۳). تحلیل پایداری در مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی با استفاده از برنامه‌ریزی کسری. مطالعه موردی استان کرمان. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۲: ۶۳-۱۶.
- پژوهنده ا، مقدسی ر و یزدانی س. (۱۳۹۰). تعیین الگوی بهینه کشت در شرکت دشت ناز ساری با اهداف چندگانه. پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی. (۱): ۹۶-۸۳.
- رضایی ز، دوراندیش آ. و سروری نوبهار آ. (۱۳۹۱). تعیین الگوی کشت تحت سه استراتژی اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی با کاربرد الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی مشهد). هشتمین همایش دو سالانه اقتصاد کشاورزی ایران. دانشگاه شیراز.
- سازمان جهاد کشاورزی شهرستان بوانات، گزارش‌های هزینه تولید سال زراعی.. (۱۳۹۳).
- شوشتریان آ، زیبایی م و سلطانی غ. (۱۳۸۹). بررسی پایداری سیستم‌های زراعی با توجه به اهداف اقتصادی و زیست محیطی: مطالعه موردی در منطقه کامفیروز استان فارس. مجله اقتصاد کشاورزی. ۴(۴): ۲۸-۱.
- شیرزادی لسکو کلایه س، صبوحی صابونی م و جلالی ع. (۱۳۹۱). تعیین الگوی کشت دشت کاشمر بر اساس حفظ و نگهداری کیفیت منابع آب زیرزمینی. اقتصاد و توسعه کشاورزی. ۲۶(۴): ۲۷۱-۱۶۱.
- صبوحی م و خسروی م. (۱۳۸۸). مقایسه‌ی الگوی بهینه‌ی کشت اقتصادی و زیست محیطی در دشت زرقان فارس. علوم کشاورزی دانشگاه ازاد اسلامی واحد تبریز. (۱۱): ۷۰-۶۱.

کهنسال م ر و زارع ع ف. (۱۳۸۷). تعیین الگوی بهینه‌ی کشت هم سو با کشاورزی پایدار با استفاده از برنامه ریزی کسری با اهداف چندگانه. مطالعه‌ی موردی استان خراسان شمالی. اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۶۲: ۱۹۶-۱۷۹.

کوچکی ع. (۱۳۷۶). کشاورزی پایدار: بینش یا روش. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۲۰: ۷۲-۵۳. نجفی غ م. (۱۳۷۵). طرح کاهش مصرف سموم: گامی در طریق سیستم‌های مدیریتی. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۱۳: ۲۲۶-۲۰۵.

نعمتی ا و قربانی م. (۱۳۹۱). همسویی رفتار اقتصادی و زیست محیطی کشاورزان در مدیریت علف‌های هرز. تحقیقات اقتصاد کشاورزی. ۴(۳): ۵۸-۳۹.

Bartolini F, Bazzani G M, Gallerani V, Raggi M A and Viaggi D. (2007). The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: An analysis based on farm level multi-attribute liner programming models. *Agricultural System*. 93: 90-114

Gopi A, Venkata K and Kandukuri N R, (2011). Land Allocation Strategies Through Genetic Algorithm Approach—A Case Study. *Global journal of research in engineering*. 11(4): 6-14.

Halkidis I and Papadimos D, (2007). Technical report of life environment project: Ecosystem based water resources management to minimize environmental impacts from agriculture using state of the art modeling tools in Strymonas basin. Greek Biotope/Wetland Centre (EKBY).

Harsanyi J C and Selten R, (1972). A generalized Nash solution for two- person bargaining games with incomplete information. *Management Science*, 18(2): 80-160.

Kalai E and Smorodinsky M, (1975). Other solutions to Nash`s Bargaining problem, *Econometrica*, 43: 513-518.

Lara P and Minasian I S, (1999). Fractional programming: A tool for the assessment of sustainability, *Agricultural Systems*, 62:131-141.

Lynam J K and Herdt R W, (1989). Sense and sustainability as an objective in international agricultural research, *Agricultural Economics*, 3:381-398.

Raquel S, Ferenc S, Emery Jr C. and Abraham R, (2007). Application of game theory for groundwater conflict in Mexico, *Journal of Environmental Management*, 84: 560-51.

Rogkos A and Psychoudakis A, (2009). Minimizing adverse environmental effects of agriculture: A multi-objective programming approach. *Springer-verlag journal*. 9: 267-280.

Sauer P, Dvorak A, Lisa A and Fiala P, (2003). A procedure for negotiating pollution reduction under information asymmetry. Surface water quality case, *Environmental and Resource Economics*, 24(2): 103-119.

### کاربرد فرضیه بازی ها... ۱۱۳

- Schreider S, Zeephongsekul P and Fernandes M, (2007). A game-theoretic approach to water quality management, in: Oxley, L., Kulasiri, D. (Eds.), MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation, Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, *December 2007: 2312–2318*.
- Seaman J, Flichman G, Scardigo A And Steduto P, (2007). Analysis of nitrate pollution control in the irrigated agriculture of Apulia Region (Southern Italy): A bio- economic modeling approach, *Agricultural System. 94(2): 357-367*.
- Szidarovszky F, Duckstein L and Bogardi I, (1984). Multiobjective management of mining under water hazard by game theory. *European Journal of Operational Research, 15(2): 251–258*.