

# کاربرد نظریه ها در تعیین میزان برداشت بهینه از های آب زیرزمینی دشت فیروزآباد

فرناز پورزند و منصور زیبایی

تاریخ دریافت: 1390/1/10

تاریخ پذیرش: 1390/9/3

## چکیده

مشکل کم آبی در بیش ایران از جمله استان فارس، به دلیل پراکندگی و نامنظم بودن بارندگی بسیار ی عوامل دیگری که مشکل کم آبی را شدیدتر کرده است، بهره بیش از حد مجاز از آب زیرزمینی است. این تحقیق برای مدیریت منابع آب زیرزمینی دشت فیروزآباد و تعیین میزان برداشت بهینه از ذخایر زیرزمینی از نظریه اقتصادی و زیست محیطی) و استخراج مرز پارتو یا منحنی مبادی و زیست محیطی و ضریب برداشت بیش از حد سبس با بهره گیری از چهار روش نظریه کلی-اسمردینسکای، راه حل نامتقارن مساحت یکنواخت و راه حل زیان مساوی، میزان بهینه برداشت از آب زیرزمینی تعیین شد. در این مقاله از داده 128 نمونه تصادفی در شهرستان فیروزآباد در سال زراعی 1386-1387 نتایج نشان داد هنگامی که اهداف اقتصادی و زیست محیطی از اهمیت یکسانی برخوردار باشند، میزان برداشت بهینه 1387-1386 162/79 میلیون متر مکعب است

JEL : C7,D74,Q25

های کلیدی: های آب زیرزمینی، اثرهای زیست محیطی، روش حل تعارض، نظریه

<sup>1</sup> ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار بخش اقتصاد کشاورزی دانشگاه شیراز

Email: zibaei@shirazu.ac.ir f\_pourzand@yahoo.com

در کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک، آب از جمله عوامل مهم تولیدی هستند که در اخیر باعث افزایش تولیدات کشاورزی و سود خالص کشاورزان شده .

این که در مناطقی که منبع آب سطحی ( ) وجود ندارد و یا به دلیل نامنظم بودن جریان ها یا فصول مختلف کمبود آب بوجود می آید، تنها منبع تأمین آب برای مصارف کشاورزی و شرب آب های زیرزمینی است ( صدرالاشراقی، 1380).

بیش از حد از آب های زیرزمینی و کاهش ریزش های جوی، منجر به افت سطح آب زیرزمینی شده و تغذیه سالیانه سفره به واسطه ریزش های جوی نیز نتوانسته است این مقدار افت سطح ایستایی را جبران کند (رحمانی، 1383). آبیاری زمین های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک با خطر شور شدن و قلیایی شدن زمین ( ) (1973).

دریاها و دریاچه ها تأثیر به سزایی بر سفره های آب زیرزمینی دارد. وری بیش از اندازه از ذخایر آب های شیرین تعادل هیدروستاتی تغییر کرده و آب های شیرین جریان پیدا می کنند ( ) (1381). پدیده ی شوری و قلیایی شدن از ترکیب عوامل اقلیمی، معدنی شدن آب آبیاری و بافت خاک حاصل می . پایین رفتن آب های زیرزمینی علاوه بر کاهش آب آبخوان، شور شدن تدریجی آب زیرزمینی و پیش آب شیرین، باعث فشرده شدن خاک و نبود نفوذپذیری در موقع بارندگی می .

فشردگی زمین در نتیجه ی تخلیه های زیرزمینی در مناطق ساحلی موجب تخریب زمین می شود، سبب بالا آمدن آب دریا و دریاچه می شود و اثرهای زیان آوری را بر جا می (حسینی میلانی، 1370).

وجود اهدافی است که با یکدیگر در تعارض است. اغلب تصمیم گیرندگان برای دستیابی به تعادل میان اهداف متعارض در سطح جامعه سعی می کنند راه حلی توافقی به عبارت دیگر، باید میان افزایش سود اقتصادی که هدف کشاورز (بازیکن 1) است و کاهش اثرهای منفی زیست محیطی که هدف جامعه (بازیکن 2) در این

شرایط که اهداف در تضاد با یکدیگر اند، بهبود در یک هدف تنها به قیمت از دست دادن هدف دیگر به دست می آید (راکوئل و همکاران، 2007). یکی از فنون ریاضی که به تجزیه و تحلیل این گونه مسایل، موقعیت‌های در تعارض، می پردازد نظریه نظریه .

بی از ریاضیات کاربردی است که در بستر علم اقتصاد توسعه یافته است، و به بردی میان عوامل عقلانی می . بردی زمانی پیدا می شود که

مطلوبیت هر عامل نه فقط به راه که به راه

توسط بازیگران دیگر هم بستگی داشته باشد. بنابراین نظریه «علمی

که به مطالعه‌ی تصمیم‌گیری افراد در شرایط تعامل با دیگران می .» به تعبیر دیگر نظریه ( ) و همکاری‌ها میان بازیکنان عاقل است (عبدلی،

1386). اعتبار معرفی مفهوم نظریه ها به کار مشترک فون نویمان و مرگن اشترن

(1944) نظریه‌ی عمومی بازی برمی .

(برنده جایزه نوبل اقتصاد سال 1998) با آوردن مفهوم تعادل نش و اثبات وجود آن در برخی

های نسبتاً عمومی و دست یافتنی 50 میلادی این اطمینان را به وجود آورد که

نظریه ها قابلیت فراوانی برای بررسی مسایل مختلف دارد. تعادل نش به ترکیبی از

گران اشاره دارد که در آن راه گر پاسخ بهینه

بردهای بازیگران دیگر است، و در نتیجه هیچ فردی انگیزه‌ی برای انحراف از این نقطه را

(به زبان ریاضی تعادل نش یک نقطه یی بهترین پاسخ همه بازیگران

ی تعادل نش برای هر بازی لزوماً یگانه نیست و ممکن است با موضوع تعادل

چندگانه مواجه شویم که شرایط پیچیده‌ی را به وجود می . توماس شلینگ راه یی

برای خروج از این شرایط پیش‌نهاد کرد. 1965 رینهارت سلتن تعادل کامل بازی فرعی

را مطرح کرد و تعادل نش را پیش . 1967 هاریزانی مفهوم اطلاعات

<sup>1</sup> Game theory

کامل بازی بیزین را وارد عرصه‌ی نظریه ها کرد. 1980 نظریه  
 بیش تر متمرکز به بازنگری و تکامل اندیشه‌های گذشته شد، که از جمله ها می  
 های تکراری توسط آیمان، نظریه تعادل نش کامل توسط کریس و ویلسون، و  
 نظریه زنی توسط رامیانشتین اشاره کرد (عبدلی، 1386). نظریه ها در مدیریت  
 منابع کم‌یاب منابع طبیعی کاربرد دارد. از جمله کاربرد آن در مدیریت منابع آب و مسایل  
 تخصیص بهینه . با وجود این که نظریه ها یک روش حل تعارض قوی  
 است، به ندرت برای مدیریت منابع آب به کار رفته است. لاند و همکاران (1997) به بررسی  
 کاربرد روش تصمیم‌گیری چند معیاری و راه  
 همکاران (2002) یی به مقایسه‌ی یک مدل مذاکره با یک نظریه‌ی بازی با همکاری،  
 ی تخصیص آب در حوضه ریز کات در آفریقای جنوبی پرداختند. ناکائو و  
 همکاران (2002) یی به بررسی منافع به‌توان حاصل از مشارکت در استفاده  
 شهرهای ال پاسو و سیوداد جوارز، از منابع آب حوزه‌ی هواکوب .  
 در وضعیتی پویا و به وسیله‌ی مقایسه ی وضع کنونی، بازی غیرمشارکتی  
 نش، مذاکره‌ی نش، و بیش ترین منافع خالص هر دو شهر آزمودند. (2004)  
 مشارکت و غیرمشارکت را در برداشت پایدار از منابع آب زیرزمینی با استف  
 ها تعیین کرد. امسانگی (2005) ی استخراج منابع تجدید شدنی را مطابق چارچوب  
 تحلیل یک بازی پویا حل نمود. پویا وارد کرد، و نشان داد که  
 چگونه اقدامات پی‌درپی دیگر بازکنان می‌تواند روی تصمیمات بهینه اثر بگذارد. راکوئل و  
 همکاران (2007) ی منتخب در مکزیک، از  
 نظریه ها استفاده کردند، و سود اقتصادی کشاورزان را با اثرهای منفی زیست‌محیطی  
 ین در داخل کشور مازندران‌ی زاده و همکاران  
 (1388) پایدار میان زیرزمینی کشاورزی  
 نظریه سازی کردند. شیوه همکاری میزان

( ایستا :

همکاری کامل. نتایج آن همکاری ( پویا همکاری ( همکاری کامل بیش همکاری

داد که عواید همکاری کامل بیش همکاری

استان فارس در زمینه‌ی مسایل آب به‌ویژه آب کشاورز وضعیت نگران‌کننده و بحرانی‌یی

اکنون 75% . ورد نیاز بخش کشاورزی استان از سفره‌های زیرزمینی تامین می

در حالی‌که این رقم در کل کشور 55% . میزان برداشت مازاد آب های استان نیز

700 میلیون متر مکعب برآورد می (کمیته‌ی کارشناسی ستاد مدیریت خشکی و

های رسمی ترازنامه‌ی آب زیرزمینی در 67 (1387).

90 دشت استان فارس منفی است. بنابراین خشکی و بحران آب در بسیاری

های استان فارس از جمله دشت فیروزآباد جدی است. ی مطالعاتی فیروزآباد

723 کیلومتر مربع در 100 کیلومتری جنوب شرقی شیراز و جزء زیرحوزه

ی فیروزآباد قرار دارد. منبع آب سطحی در دشت رودخانه‌ی فیروزآباد است. ولی به

دلیل کم‌آبی و خشک‌سالی چند سال اخیر رودخانه‌ی فیروزآباد نقشی در آبیاری زمین

. ازاین رو بخش قابل توجهی از آب مورد نیاز کشاورزی دشت از سفره

زیرزمینی تامین می (پولادیان، 1386). (1) ی آب زیرزمینی دشت فیروزآباد

را در سال آبی 85-86 نشان می . این اطلاعات بیان‌گر آن است که با توجه به کاهش

ریزش جوی در چند سال گذشته، حجم مخزن در سال آبی 85-86 26/3 میلیون

متر مکعب کاهش د . بنابراین لزوم بررسی‌های آب زیرزمینی که اصلی‌ترین منبع آب

برای آبیاری دشت است، نمایان می . ی حاضر تعیین میزان بهینه

زیرزمینی دشت فیروزآباد در سال 1386-1387 کارگیری نظریه

## (1). ی آب زیرزمینی دشت فیروزآباد (1385-1386)

تغذیه					تخلیه					
تغذیه	آشامیدن و آبیاری	جریان سطحی	تغذیه	تغذیه	تخلیه	جریان زیرزمینی خروجی	تخلیه	تغییرات ذخیره		
66/396	27/595	27/03	39/55	0/4	161	182/821	0/662	3/82	187/3	-26/3

: بی

## روش تحقیق

سازي استخراج آب زیرزمینی، از 14 های زیرزمینی در دشت فیروزآباد استفاده شد. جا که هدف مطالعه در نظر گرفتن هم زیست محیطی است، به حل برداشت، سود خالص کشاورزان و اثر زیست محیطی محاسبه شد. برای تعیین هدف اقتصادی هر راه کشاورزان منطقه از شیوه ریزی خطی محاسبه گردید. اثر زیست محیطی، به ازای هر راه حل برداشت ضریب برداشت بیش از حد که از تقسیم میزان برداشت به تغذیه به دست می آید، استفاده شد (کلوزن و گارسز، 1998). ضریب کم تر، بیان مخاطرات زیست محیطی کم. پس از این که به ازای هر راه اقتصادی و زیست محیطی محاسبه شدند، ماتریس تاوان<sup>1</sup> تشکیل و با استفاد استخراج گردید. سرانجام با استفاده از چهار روش حل تعارض، میزان برداشت بهینه از منابع آب زیرزمینی با اعمال وزن های مختلف تعیین .

<sup>1</sup> - Pay-off Matrix

### تعیین هدف اقتصادی

سازی این تحقیق دو جنبه مورد توجه قرار گرفت.

بیشترین مد خالص کشاورزان در سطح دشت و یا منطقه است، و جنبه‌ی دیگر ی تلفیقی از آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی است. بنابراین در این مطالعه، با فرض بر این که کشاورزان با توجه به قیمت محصول و آب در دست صورت بهینه کشت می‌کنند، در شرایط استفاده‌ی توأم از منابع سطحی و زیرزمینی با کارگیری الگوی برنامه‌ریزی خطی درآمد خالص کشاورزان منطقه که به عنوان اثرهای برای طراحی مدل، سال

زراعی 1386-1387 بر اساس امکانات آبی موجود و تاریخ کشت گیاهان مخ

کشت غالب) ی فیروزآباد در نظر گرفته می

کشاورزی و محدودیت این منبع مهم و حیاتی و وجود خشک‌سالی پی‌درپی در کشور جویی در مصرف آب و استفاده از آب موجود، امری لازم و ضروری به نظر می . کم‌آبیاری<sup>1</sup> یکی از راه‌های موثر و علمی است که می‌تواند کم‌ترین آب مصرفی با عمل‌کرد واقعی قابل قبول و اقتصادی را تعیین و توصیه نماید. در واقع کم‌آبیاری یک سیاست بهینه-سازی است که در آن گیاهان درجه‌ی متفاوتی از کم‌بود آب و کاهش محصول را تحمل می-کنند. بنابراین با توجه به (آب و زمین) می برد کم‌آبیاری را نیز مانند های آبیاری کامل برای گیاهان مختلف، در مدل‌های تخصیص بهینه‌ی آب و زمین به‌کار . برای این منظور، راه های مختلف آبیاری برای هر فعالیت، برای تعیین عمل‌کرد در هکتار متناظر به هر عمق آبیاری، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی شبیه برد آبیاری شامل آبیاری کامل، 5 10 20 30 50% تنش آبی، چغندرقد، ذرت و کلزا چهار راه (5 10 20 30) و برای برنج، گوجه فرنگی و هندوانه

<sup>1</sup> -Deficit irrigation

تنها یک راه . به علاوه برای گندم، جو و چغندر قند استفاده از سیستم

آبیاری بارانی برای افزایش راندمان آبیاری به عنوان یک راهبرد آبیاری در مدل لحاظ می . این مدل به طور کلی از دو بخش تا هدف و محدودیتها تشکیل شده است.

تابع هدف در این مساله بیشترین کردن بازده برنامه‌ی ( ) به شرح زیر است:

$$\text{Max } NB = \sum_{j=1}^n [Y_j P_{c_j} - C_j] A_{c_j} - P_w \sum_{j=1}^n IR_j \quad (1)$$

NB: درآمد خالص کشاورز

$A_j$ : سطح زیرکشت محصول  $j$  بر حسب هکتار.

$Y_j$ : کرد محصول  $j$  بر حسب تن در هکتار.

$P_{c_j}$ : قیمت محصول  $j$  بر حسب ریال.

$C_j$ : هزینه‌ی تولید محصول  $j$  ب ریال.

$N$ :

$P_w$ : قیمت آب آبیاری (ریال-متر مکعب)

$IR_j$ : کل آب آبیاری گیاه  $j$

محدودیت‌های مساله به دو دسته تقسیم شده است:

- محدودیت زمین:

محدودیت اول بیان‌گر آن است که کل زمین‌های تخصیص یافته میان فعالیت‌ها نمی

بیش از کل زمین . جا که این محدودیت به صورت ماهانه در مدل منظور

شده است، امکان انتخاب فعالیت صورت کشت دوباره در مدل وجود دارد.

محدودیت دوم بیشترین و کمترین سطح زیرکشت هر محصول در منطقه

. به دلیل این که آمار و اطلاعات مربوط به دشت در آمارنامه‌ها موجود نیست، برای تعیین

سطح زیرکشت هر محصول در دشت مورد مطالعه از نقشه‌ی توپوگرافی محدوده‌ی فیروزآباد

های منتشر شده از سوی سازمان جهاد کشاورزی استان فارس مربوط به هر آبادی

واقع در دشت فیروزآباد استفاده شده است.



$$\sum_{j=1}^{12} A_j \leq A \quad (2)$$

$$\text{Min area }_j \leq A_{cj} \leq \text{Max area }_j \quad (3)$$

- محدودیت آب:

جا که دوره ی کشت و نیاز آبی محصولات و میزان موجودی آب منطقه در ماه مختلف سال با یکدیگر متفاوت است، ضروری است که محدودیت حجم آب به صورت در شرایط استفاده ی تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی، نیاز آب ماهانه ی محصولات نباید بیش تر از میزان آ

$$\sum_{j=1}^n a_{kj} A_{cj} \leq Sw_k + Qw_k \quad (4)$$

$a_{kj}$ : نیاز آب آبیاری گیاه  $j$  در  $k$ .

$Sw_k$ : های سطحی در دست  $k$  بر حسب متر مکعب.

$Qw_k$ : های زیرزمینی در ما  $k$  بر حسب متر مکعب.

نظریه :

برای حل تعارض میان اهداف اقتصادی و زیست محیطی منطقه تعیین میزان برداشت از آب زیرزمینی از نظریه تعارض میان اهداف به روش ریاضی، با زوج  $(s,d)$  تعریف می شود که بدترین نتایج ممکن است. هر یک از بازیکنان تمایل دارند که ارزش منافع خود را به بهترین نتایج ممکن افزایش دهند. معمولاً می توان جواب بازی را از هر روشی که به در هر نوع بازی که باشد، از لحاظ اجتماعی ارزیابی کرد. معیاری که برای ارزیابی استفاده

می‌شود، بهینگی پارتویی<sup>1</sup>. معمولاً آن ترکیب راه‌هایی که غالب پارتویی است از لحاظ اجتماعی مطلوب است، یعنی به نفع همه‌ی بازیکنان است. یک ترکیب راه‌برد را غالب پارتویی می‌گویند که در آن ترکیب، پی‌آمد هر بازیکن نسبت به ترکیب دیگر بزرگ (یا برابر ولی کم برای یک بازیکن بیش) . ترکیب راه‌ی که مغلوب پارتویی هیچ یک از ترکیبات دیگر نباشد، بهینه‌ی پارتو یا مرز پارتویی<sup>2</sup> . یعنی حرکت از آن‌ها پی‌کم یکی از بازیکنان را افزایش و دیگری را کاهش می‌دهد (عبدلی، 1386).

توسط تابع مقعر و اکیدا نزولی  $g$   $[d_1, f_1^*]$  مشخص می‌شود که در آن  $f_2^* = g(d_1)$   $g(f_1^*) = d_2$  (شکل 1). برخی مواقع بردار  $d$  (وضعیت موجود)<sup>3</sup> و ترکیبی از منافع بازیگرها در حالتی که به یک توافق

کلی نمی‌رسند، در نظر گرفته می‌شود. در این موارد مجموعه‌ی منافع ممکن  $S$  که در زیر تعریف شده است، محدود می‌شود، چرا که هیچ بازیکن عاقلی، توافقی را که بدتر از حالت نبود توافق یا وضعیت موجود است، نمی‌پذیرد (ناکاو و همکاران، 2002).

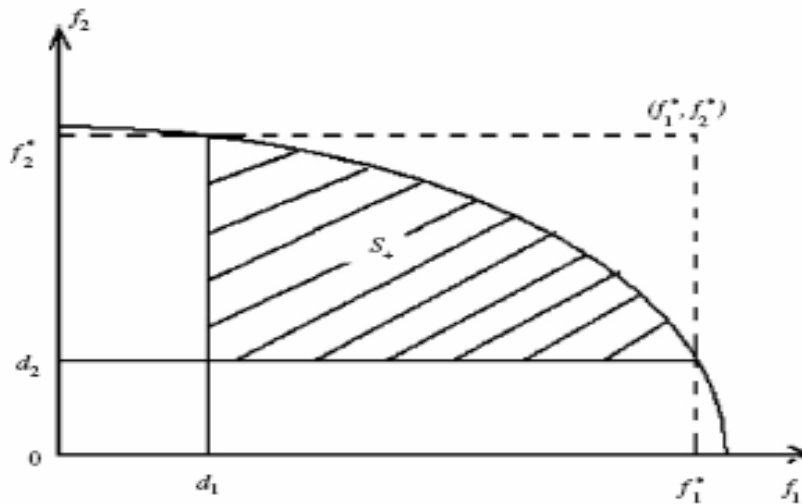
$$S_+ = \{f = (f_1, f_2) / f \in S, f \geq d\} \quad (5)$$

$d$  به عنوان بدترین نتایج ممکن دو گروه هدف انتخاب شود، آن  $S_+ = S$  (زاکوئل و همکاران، 2007).

<sup>1</sup> - Pareto

<sup>2</sup> - Pareto frontier

<sup>3</sup> - Status quo



کل (1). مرز پارتوی دو بازیکن در موقعیت تعارض

طور که پیش تر گفته شد، جان نش تعریف راه برد بهینه را تعمیم داد؛ به وسیله می توان در هر بازی دو نفره و بدون همکاری تعادل را پیدا کرد (عبدلی، 1386). این تعادل نیازمند شرایطی است که اصول بدیهی نامیده می . ی از محققان مدل اولیه هارسانی و آن را اصلاح کردند. سلتن معرفی شد. در این روش می توان چانه زنی دو طرف را با نیروهای متفاوت تعیین کرد. کلی و اسمردینسکای اصول اولیه ی نش را اصلاح کردند، و اصل استقلال از گزینه نامربوط را به وسیله ی یک واختی منحصر به فرد جای گزین کردند. یک نواخت توسط آنبارسی داده شد. این روش بر اساس اصل یک نواختی مساحت است. روش دیگر که به زیان مساوی چان معروف است به گونه یی است که باید هر دو طرف در های مساوی از بهترین انتخاب ی (راکوئل و همک 2007).

پرتال جامع علوم انسانی

در راه حل نش یک نقطه  
ضرب منافع، بیشترین شود.

ی تعیین می شود که  
ی بهینه سازی زیر

$$\begin{aligned} & \text{Maximize } (f_1 - d_1)(f_2 - d_2) \\ & \text{Subject to } d_1 \leq f_1 \leq f_1', \\ & \quad f_2 = g(f_1). \end{aligned} \quad (6)$$

گزینه  
شود، مساله به صورت تک بعدی زیر در می آید و با یک الگوریتم جست  
بعدی می توان آن را حل کرد (راکوئل و همکاران، 2007).

$$\begin{aligned} & \text{Maximize } (f_1 - d_1)(f_2 - d_2) \\ & \text{Subject to } d_1 \leq f_1 \leq f_1', \end{aligned} \quad (7)$$

در این تحقیق از چهار روش حل تعارض شامل راه حل نامتقارن نش، کلی-اسمردینسکای،  
راه حل نامتقارن مساحت یک  
نش هستند، استفاده می .

- 1

راه حل نامتقارن نش، یک راه حل منحصر به فرد مساله ی زیر است:

$$\begin{aligned} & \text{Maximize } (f_1 - d_1)^{w_1} (f_2 - d_2)^{w_2} \\ & \text{Subject to } d_1 \leq f_1 \leq f_1', \\ & \quad f_2 = g(f_1). \end{aligned} \quad (8)$$

این روش تعمیمی از معادله (5) نامساوی است که این وزن  $w_2$   $w_1$   
به هر یک از بازیکن ها داده می . 1 . هر بازیکن که وزن بیش  
باشد، در تابع هدف اهمیت بیش (هارسانی و سلتن، 1972).

2- راه حل نامتقارن کلی-اسمردینسکای

این روش یک پاره خط میان نقطه  $(d_1, d_2)$  و  $(f_1^*, f_2^*)$  رسم می شود. ی برخورد این پاره خط با مرز پارتو به عنوان جواب میانه معرفی می شود. (عرض از مبدا این پاره خط)  $(d_1, f_1^*)$  ی زیر در فاصله جواب میانه به دست می آید (کلی و اسمردینسکای، 1975).

$$d_2 + \{(f_2^* - d_2)/(f_1^* - d_1)\}(f_1 - d_1) - g(f_1) = 0, \quad (9)$$

اگر اهداف نرمالیزه شوند، آن گاه  $d_1 = d_2 = 0$  و  $f_1^* = f_2^* = 1$  می شود. بنابراین دو

$$\bar{f}_2 \quad \bar{f}_1$$

ی که پاره ی که نقطه

هم وصل می کند، با نرخ مشابهی افزایش می یابد. این نظریه منجر به شکل گیری راه حل نامتقارن کلی-اسمردینسکای شده است، که محل برخورد مرز پارتو و پاره خط مستقیم زیر جواب بهینه را به دست می آید (کلی و اسمردینسکای، 1975).

$$\bar{g}(\bar{f}_1) = (w_2 / w_1) \bar{f}_1, \quad (10)$$

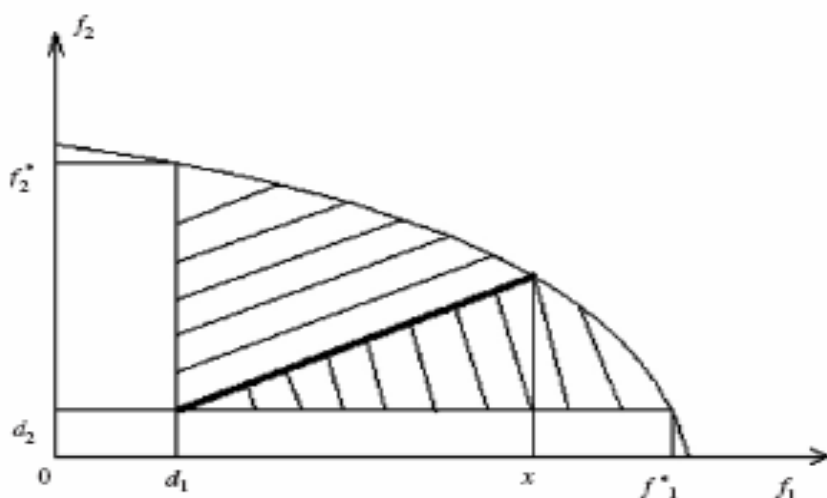
3- راه حل نامتقارن مساحت یک

راه حل سطوح یک  $S_+$  ی که از نقطه ی نبود توافق شروع می شود را به دو قسمت مساوی تقسیم می کند، تعریف می (شکل 2).

صورت نامتقارن در می آید و باید به گونه یی حل شود که  $(w_1 \neq w_2)$

بنابراین جواب بهینه، ریشه ی معادله غیرخطی زیر در  $(d_1, f_1^*)$  (آنباسی، 1993).

$$w_2 \left[ \int_{d_1}^x g(t) dt - \frac{1}{2}(x-d_1)(g(x)+d_2) \right] = w_1 \left[ \int_x^{f_1^*} g(t) dt - (f_1^* - x)d_2 + \frac{1}{2}(x-d_2)(g(x)-d_2) \right], \quad (11)$$



شکل (2). راه حل نامتقارن مساحت یک

#### 4- راه حل نامتقارن زیان مساوی

راه حل زیان مساوی در ابتدا برای حالتی معرفی شد که اهداف وزن یکسانی بودند و هر دو گروه به طور هم زمان و با سرعت یکسان، به یک توافق می‌رسید.

تفاوتی است  $(w_1 \neq w_2)$ . در این روش، نقطه

$(f_1, g(f_1))$  روی مرز پارتو به صورت زیر تعیین می (1988).

$$(f_1^* - x)w_1 = (f_2^* - g(x))w_2. \quad (12)$$

بخشی از اطلاعات مورد نیاز مانند عمل کرد، قیمت و هزینه‌های تولید محصولات مختلف و

1386-1387 از راه مصاحبه و تکمیل 128 نامه از کشاورزان شهرستان

فیروزآباد حاصل شده و بخش دیگر اطلاعات از سازمان جهاد کشاورزی و سازمان آب منطقه-

یی تجزیه و تحلیل اطلاعات نیز با استفاده از نرم افزارها

Mathcad GAMS, Eviews, Excel

## نتایج و بحث

یابی به اهداف اقتصادی، مدل برنامه‌ریزی خطی طراحی شده با 14

ها بر اساس میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی در دشت

فیروزآباد در طول 20 سال گذشته، طراحی شده است. کمین میزان تغذیه شت در این

93 میلیون متر مکعب بوده است. های زیرزمینی در

دشت فیروزآباد در جدول (2) . نتایج اجرای الگوی برنامه‌ریزی خطی برای

هر یک از راه حل (3) . با توجه به نتایج جدول (3) اول، در برخی

برد کم آبیاری جای‌گزین راه با نیاز آبی بالاتر می .

2 (10% کاهش در آب مصرفی) جانشین گندم 1 می . 1 محصولی است که به

کامل آبیاری می . 5 (50% ) 2 (10% ) به ترتیب جای‌گزین جو 1

1 . 5 نیز در جواب بهینه آمده است. 5 فعالیتی

است که با استفاده از سیستم آبیاری بارانی کاشته شود. به علاوه چهار محصول کلزا، برنج،

گوجه فرنگی و هندوانه در الگوی کشت وارد شده است. دوم، با افزایش میزان برداشت آب

زیرزمینی سطح زیرکشت گندم و برنج افزایش می‌یابد، ولی سطح زیرکشت دیگر محصولات

تغییری نمی‌کند. پن در شرایط کم آبی، کل سطح زیرکشت کاهش می‌یابد، و الگو

پیش‌نهاد می‌کند که برای دست‌یابی به بیش‌ترین درآمد خالص، مقداری از زمین

منطقه کشت نشده بماند. عوامل اقتصادی و زیست‌محیطی برداشت از آب‌های زیرزمینی در

(4) . طور که دیده می‌شود با افزایش میزان برداشت از سفره

زیرزمینی، سطح زیرکشت، سود خالص کشاورزان و اثرهای زیست‌محیطی افزایش می‌یابد.

بنابراین در مواقعی که برداشت بیش از حد از آب زیرزمینی صورت گیرد، درآمد خالص

کشاورزان منطقه و اثرهای منفی زیست‌محیطی به ترتیب 79 82% افزایش خواهد یافت.

## (2). زیرزمینی (میلیون مترمکعب)

سناریو	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
زیرزمینی	93	128	130	137	140	149	157	161	165	185	193	199	201	235

: یافته‌های تحقی

## (3). (ریال) زیرکشت بهینه (هکتار)

ردیف	زیرزمینی	کشاورزان (میلیون ریال)	2	5	5	کلزا 1	2	گی	7
1	93/4	725/95	4013/3	964	550	89	500	127.8	53
2	130	10144	5327.6	964	876	89	500	1600	53
3	130	10182	5345.5	964	884/2	89	500	1600	53
4	137	10708	5592.7	964	997/1	89	500	1600	53
5	140	10903	5684.4	964	1039	89	500	1600	53
6	149	11633	6027/8	964	1196	89	500	1600	53
7	157	12249	6317/5	964	1328	89	500	1600	53
8	161	12557	6462/2	964	1394	89	500	1600	53
9	165	12851	6600/5	964	1457	89	500	1600	53
10	185	14442	7348/8	964	1799	89	500	1600	53
11	193	15049	7634/1	964	1929	89	500	1600	53
12	199	15513	7852/2	964	2029	89	500	1600	53
13	201	15622	7903/7	964	2052	89	500	1600	53
14	235	18175	8939/0	964	2410	89	500	1600	53

: یافته تحقیق



همان‌طور که پیش‌تر گفته شد برای حل روش تعارض ابتدا ماتریس تاوان تشکیل شد.

(4) ی ماتریس تاوان اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی متناظر هر راه

زیرزمینی است. همان‌گونه که انتظار می‌رود، با افزایش میزان برداشت آب

زیرزمینی کل سطح زیرکشت افزایش، و به این ترتیب درآمد خالص کشاورزان نیز افزایش

می‌یابد. زیست‌محیطی زیان‌بارتری با برداشت بیش از حد از ذخایر زیرزمینی

نصیب جامعه خواهد شد. حال برای استخراج مرز پارتو، ابتدا درآمد خالص کشاورزان و

ضریب برداشت بیش از حد میان صفر و یک نرمال شده است. سپس با توجه به پراکندگی

نقاط و فرم تابعی خطی و چند جمله‌یی مات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

ی چهار بر اساس معیارهای نکویی برازش به عنوان مرز پارتو تعیین شده است.

سپس بر اساس این مرز پارتو و چهار روش بیان شده در قبل، و اعمال وزن مختلف میان

0 1 0/025 به هر یک از دو گروه هدف، میزان بهینه

زیرزمینی دشت فیروزآباد برای سال زراعی 1386-1387 محاسبه می‌شود. (5) نتایج

دست آمده از چهار روش حل تعارض را نشان می‌دهد. همان‌طور که انتظار می‌

افزایش اهمیت هدف زیست‌محیطی، میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی کاهش

خالص کشاورزان کاهش می‌یابد. بنابراین وقتی که تنها منافع اقتصادی مورد توجه قرار

می‌گیرد، برداشت از آب‌های زیرزمینی در بیش‌ترین مقدار خود قرار دارد، و بر عکس اگر تنها

هدف زیست‌محیطی مورد بررسی قرار گیرد، حجم برداشتی از سفره‌های زیرزمینی کم‌ترین

میزان برداشت بهینه از منابع آب زیرزمینی هنگامی که دو گروه هدف

(اقتصادی و زیست‌محیطی) دارای وزن و اهمیت یکسانی هستند ( $w_1=0/5$   $w_2=0/5$ )

نشان می‌دهد.

پرتال جامع علوم انسانی

## (4). ماتریس زیست محیطی

ضریب بیش	کل زیرکشت (کتار)	کشاورزان (میلیون ریال)	زیرزمینی (میلیون مترمکعب)	
1	1613	725/95685	93/447074	1
1/3773	9416/688	10144/21	128/70874	2
1/3933	9442/757	10182/269	130/20251	3
1/4663	9802/828	10707/958	137/02279	4
1/4934	9936/429	10903/01	139/55339	5
1/5948	10436/62	11633/266	149/02771	6
1/6803	11069/37	12249/345	157/02071	7
1/723	11270/81	12557/06	161/013	8
1/7639	12360/8	12851/152	164/82854	9
1/9848	12776/27	14442/49	185/47454	10
2/069	13093/98	15049/055	193/34409	11
2/1334	13168/92	15512/898	199/36199	12
2/1486	14562/09	15622/317	200/78159	13
2/5198	14562/09	18175/28	235/46934	14

نیافته تحقیق

به دلیل این که چهار روش حل تعارض (نامتقارن نش، کلی-اسمردینسکای، سطح یکنواخت و زیان یک) مبنی بر مفاهیم بی طرفی هستند، نتایج به ها اندکی . بنابراین برای رسیدن به یک جواب یگانه که نشان ی میزان بهینه برداشت از ذخایر آب زیرزمینی است، از این چهار روش فوق میانگین گرفته شده است. این 162/79 میلیون متر مکعب است. از مقایسه ی میان جواب بهینه 14 حل اولیه ی مورد بررسی، دیده می شود که این میزان بهینه تقریباً مطابق با هفتمین حل برداشت از آب زیرزمینی است.

(5). میزان بهینه زیرزمینی فیروزآباد

زیست محیطی	بهینه	کللی-اسمردپنسکای	یک	زیان
0	235/46934	235/469343	235/4693435	202/90876
0/025	231/49272	231/918787	231/9187867	231/6347422
0/05	227/80014	228/36823	227/9421632	227/8001409
0/075	224/10756	224/817673	223/9655396	224/1075619
0/1	220/55701	221/125094	219/8468938	220/2729606
0/125	217/14847	217/574537	215/8702702	216/7224038
0/15	213/59791	214/023981	211/7516244	213/0298248
0/175	210/18938	210/331402	207/6329786	209/4792681
0/2	206/63882	206/780845	203/7983773	205/9287113
0/225	203/08827	203/230288	199/8217537	202/3781546
0/25	199/67973	199/537709	195/9871524	198/8275978
0/275	196/12917	195/987152	192/2945734	192/2945734
0/3	192/57862	192/436596	188/7440167	191/8685066
0/325	188/88604	188/886039	185/1934599	188/3179499
0/35	185/33548	185/19346	181/6429032	184/7673931
0/375	181/78493	181/642903	178/2343687	181/3588587
0/4	178/23437	178/092346	174/8258342	177/8083019
0/425	174/68381	174/54179	171/4172998	174/2577452
0/45	170/99123	170/991233	168/0087653	170/8492107
0/475	167/44068	167/440676	165/8784312	167/2986539
0/5	162/32787	163/748097	161/3337186	163/7480972
0/525	160/33956	160/19754	157/9251841	160/3395627
0/55	153/09643	156/646984	154/5166497	156/789006

(5)

زیست محیطی	کلی-اسمردینسکای	یک	زیان
0/575	149/54587	153/096427	153/2384492
0/6	145/99531	149/403848	149/6878925
0/625	142/44476	145/853291	146/279358
0/65	138/75218	142/302734	142/7288013
0/675	135/20162	138/752178	139/1782445
0/7	131/65106	135/059599	135/6276878
0/725	128/10051	131/509042	132/077131
0/75	128/10051	127/958485	128/6685966
0/775	124/54995	124/407928	125/1180398
0/8	120/99939	120/857372	121/5674831
0/825	117/44884	117/306815	118/0169263
0/85	114/0403	113/756258	114/6083919
0/875	110/48975	110/205701	111/0578351
0/9	107/08121	106/797167	107/5072784
0/925	103/67268	103/388633	104/0987439
0/95	100/40616	99/9800981	100/5481871
0/975	96/99763	96/7135859	96/9976304
1	93/447074	93/4470737	161/013

: یافته تحقیق

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
رتال جامع علوم انسانی

(6). میزان برداشت بهینه از منابع آب زیرزمینی (میلیون متر مکعب)

زیست محیطی	نامتقارن کلی- اسمردینسکای	یک	نامتقارن زیان یک	میانگین
0/5	162/33	163/75	161/33	162/79

: یافته تحقیق

### نتیجه گیری و پیش

با توجه به شرایط اقلیمی حاکم بر دشت فیروزآباد، برداشت کشاورزان از ذخایر آب زیرزمینی منطقه بی‌رویه است. این عمل اگر چه در کوتاه مدت منجر به افزایش سود خالص ناپذیری بر توان آبی منطقه

و محیط زیست می . در این مطالعه دو هدف متعارض، افزایش منافع اقتصادی و کاهش اثرهای منفی زیست محیطی، همراه با 14 حل مختلف برداشت از منابع آب زیرزمینی بررسی شد. برای تعیین الگوی کشت بهینه و درآ ریزی خطی استفاده شد. این مدل نشان داد که با کاهش برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی، سود کشاورزان و به‌دنبال آن اثرهای زیست‌محیطی کاهش ی . چونین در این مطالعه، ضمن معرفی فن ریاضی نظریه ها، کاربرد آن در تعیین میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی . نتایج نشان ی مزایای استفاده از این روش در مدیریت نهاد

های بهینه‌یابی سنتی تک‌هدفی است. با استفاده از نظریه

که دو هدف اقتصادی و زیست محیطی را در بر می‌گیرد، میزان بهینه زیرزمینی 162/79 میلیون متر مکعب به‌دست آمد، و باید از برداشت فعلی 22 میلیون متر مکعب کاسته شود. بنابراین، بر اساس یافته‌های این مطالعه پیش‌نهاد می‌گردد که با اتخاذ بردهای کم‌آبیاری و به‌کارگیری سیستم آبیاری بارانی برداشت از های زیرزمینی را کاهش ی . بین این مدل می‌تواند به کشاورزان در انتخاب الگوی کشت، راه‌برد آبیاری به نحوی

که درآمد کشاورزان و برداشت آب از سفره‌های زیرزمینی بهینه گردد، یاری برساند. در نهایت پیش‌نهاد می‌گردد برای تعیین میزان برداشت بهینه از سفره ب زیرزمینی که اهدافی در تعارض با یکدیگر اند، به جای مدل‌های بهینه‌یابی سنتی تک‌هدفی، از نظریه

- . و صدرااشرفی، س. . (1380). بهینه‌سازی تلفیقی آب‌های سطحی و زیرزمینی در کشاورزی. ی علوم کشاورزی 32: 815-823.
- دیان، ع. (1386). گزارش توجیهی پیش‌نهاد تمدید ممنوعیت منابع آب زیرزمینی ی مطالعاتی فیروزآباد. معاونت مطالعات پایه‌ی منابع آب مدیریت آب‌های زیرزمینی، شرکت سهامی آب منطقه‌یی .
- رحمانی، ع. . و سدهی، م. (1383). پیش‌بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت همد - بهار با مدل سری زمانی. 15(3):42-49.
- حسینی میلانی، م. . (1370). برداشت از منابع آب زیرزمینی و اثرهای آن. دومین همایش آب استان خراسان، بهره ی پایدار.
- عبدلی، ق. (1386). نظریه ها و کاربرد آن: های ایستا و پویا با اطلاعات کامل. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران.
- کمیته‌ی کارشناسی ستاد مدیریت خشکی و بحران آب استان فارس. (1387). تامل و تدبیر در مقابله با بحران آب زراعی استان فارس. سازمان جهاد کشاورزی استان فارس.
- . (1381). پژوهش‌های علوم انسانی و مطالعات فرهنگی ررسی تاثیرات و راه‌کارهای بهره مجموعه مقالات نخستین کنفرانس دانشجویی آب و خاک، دانشگاه اورمیه، 301-310.

مازندرانی زاده، ح. و عبدلی، ق. (1388). برداری پایدار از سفره زیرزمینی مشترک میان بهره‌برداران شهری و کشاورزی با استفاده از نظریه کشاورزی و توسعه 67. 51-35.

Anbarci, N. (1993). Noncooperative Foundations of the Area Monotonic Solution. *Quarterly Journal of Economics*, 108: 245–258.

Aumann, R. (1974). Subjectivity and correlation in randomized strategies. *Journal of Mathematical Economics*, 1:67-96.

Chun, Y. (1988). The equal-loss principle for bargaining problems. *Economics Letters*, 26: 103–106.

Dinar, A., Farolfi, S., Patrone, F. and Rowntree, K. (2006). To negotiate or to game theorize: Negotiation vs. game theory outcomes for water allocation problems in the Kat basin, South Africa. The 6<sup>th</sup> meeting on game theory and practice, Zaragoza, Spain, July 10-12.

FAO Organization. (1973). Irrigation, Drainage salinity and an international source book. FAO/UNESCO, London, pp:510.

Kloezen, W.H. and Garces, R.C. (1998). Assessing irrigation performance with comparative indicators: the case of the Alto Rio Lerma irrigation district, Mexico. Research Report No. 22, International Water Management Institute.

Kalai, E. and Smorodinsky, M. (1975). other solutions to Nash's Bargaining problem. *Econometrica*, 43: 513–518.

Kreps D. and Welson, R. (1982). Réputation and imperfect information. *Journal of Economic Theory*, 27: 253-279.

Harsanyi, J.C. (1967). Games with incomplete information played by bayesian players, I-III part I The Basic Model. *Management Science*, 14(3): 159-182.

Hugo, A.L. (2004). Analytic game- theoretic approach to groundwater extraction. *Journal of Hydrology*, 297: 23-33.

Lund, J.R. and Palmer, R.N. (1997). Water resource system modeling for conflict resolution. *Water Resources Update*, 3(108): 70–82.

Msangi, S. (2005). Learning in non-cooperative groundwater extraction application of entropy filters to a dynamic game. In: Paper presented at the Second Conference on Information and Entropy Econometrics: Theory, Method, and Applications, Washington, DC, September, 23–25, 2005.

Nakao, M.D., Wichelns D. and Montgomery, I. (2002). Game theory analysis of competition for groundwater involving El Paso, Texas and Ciudad Juarez, Mexico. In: Paper presented at "Moving with the Speed of Change", the 2002 Annual Meeting of the American Agricultural Economics Association, Long Beach, CA, July 18–31, 2002.

Nash, J. (1950). Equilibrium points in N-person games, proceedings of the national Academy of sciences, 36: 48-69.

Raquel, S., Szidarovszky, F., Coppola, E. Jr. and Rajano, A. (2007). Application of game theory for a groundwater conflict in Mexico. Journal of Environmental Management, 54:560-571.

Selten, R. (1965). Spieltheoretische Behandlung eines Oligopolmodells mit Nachfragetragheit, Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft, 121: 301 - 24, 667 - 89.

Von Neumann, J. and Morgenstern, O. (1944). Theory of Games and Economic Behavior. Princeton University Press.

