کاربرد برنامه‌ریزی مصالحه‌ای در مدیریت منابع کمیاب: مطالعه موردی منابع آب زیرزمینی در شهرستان رفسنجان

جواد ترکمانی[۱] و محمد عبدالهی عزت آبادی[۲]

چکیده

در این بررسی نحوه استفاده از برنامه‌ریزی چندهدفی(Multiobjective programming)، برنامه‌ریزی مصالحه‌ای (Compromise programming) و تکنیک‌های تصفیه(Filtering techniques)، در مدیریت منابع کمیاب ارائه شده است. داده‌های مورد نیاز از نمونه‌ای شامل ۱۰۹پسته‌کار شهرستان رفسنجان جمع‌آوری گردیده است. هدف برنامه ایجاد مصالحه‌ای بین اهداف حداکثر سازی سود، حداکثر سازی سطح باغات پسته منطقه و حداقل سازی بهره‌برداری از منابع آب است. از روش‌های برنامه‌ریزی چند هدفی و تکنیک تصفیه برای یافتن مجموعه کارآ(Efficient set) در بین اهداف فوق استفاده شد و سپس با استفاده از برنامه‌ریزی مصالحه‌ای بهترین جواب توافقی به دست آمد. هر چند که در جواب مصالحه‌ای هیچ کدام از اهداف سه‌گانه فوق به طور کامل محقق نشد، ولی برنامه به سمت ایدآل‌ها نزدیک شده است. این جواب توافقی با فرض یکسان بودن اهمیت اهداف محاسبه گردید. این در حالی است که، با تنظیم وزن اهداف بر اساس ترجیحات تصمیم‌گیران می‌توان جواب‌های مناسب‌تری نیز به دست آورد.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی مصالحه‌ای، مدیریت منابع، پسته

مقدمه

یکی از چالش‌هایی که پروژه‌های سرمایه‌گذاری از دیر بازده با آن رو به رو می‌باشد عدم هم‌آهنگی بین استفاده از منابع مختلف در بلند مدت است. به عبارت دیگر، در طول زمان بعضی از منابع محدود به منابع نسبتاً نامحدود تبدیل شده و در عوض منابع محدود جدیدی مطرح می‌شود. این مسأله، تجدید نظر در برنامه‌ریزی‌های اولیه در طول زمان را ایجاب می‌کند (۱، ۱۰، ۲۰ و ۲۱). کشت و تولید پسته در شهرستان رفسنجان را می‌توان یکی از نمونه‌های بارز این امر دانست که موجب ایجاد عدم هم‌آهنگی در استفاده از منابع شده است.

۱.دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
۲. استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات پسته کشور، رفسنجان، کرمان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.4.6]

در زمان شروع سرمایه‌گذاری وسیع در ایجاد باغات پسته در دهه ۳۰، آب نسبت به زمین محدودیت خاصی نداشت. این در حالی است که امروزه کمبود آب به بحرانی در منطقه تبدیل شده است. دلیل این امر، احداث باغات پسته فراوان در منطقه می‌باشد که موجب کمبود آب کافی برای آبیاری شده است (۱). در برخورد اول به نظر می‌رسد که برای رفع این مشکل تنها دو راه حل (۱) کاهش بهره‌برداری از منابع آب به قیمت رها نمودن قسمت عمده‌ای از باغات پسته و (۲) نگه‌داری تمام باغات پسته و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب تا تخریب کامل این منبع با ارزش در پیش رو است. در این رابطه، نخستین گزینه، هدف حداقل نمودن بهره‌برداری از منابع آب را دنبال می‌کند در حالی‌که، در گزینه دوم هدف اصلی حداکثرسازی سطح زیر کشت باغات پسته است. اگر به این اهداف، حداکثرسازی سود نیز اضافه شود می‌توان نتیجه گرفت که کشاورزان و برنامه‌ریزان در منطقه مورد بررسی با سه هدف عمده روبه رو هستند. از آنجایی که، اهداف فوق تا حدی با هم در تناقض هستند، بهینه‌سازی هر یک از آنها به تنهایی امکان‌پذیر نیست.

با توجه به مطالب فوق ، استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی تک هدفی برای بهینه سازی روند استفاده از منابع مناسب نمی‌باشد (۲۰). در این حالت نیاز به یافتن راه حلی است که بتواند کلیهٔ اهداف را به طور هم زمان بهینه نماید. به این نوع راه حل جواب ایدآل گفته می‌شود که معمولاً خارج از ناحیه میسر است. از این روست که در مسایل چند هدفی، به جای یافتن یک جواب بهینه سعی در مشخص نمودن مجموعه‌ای کاراً می‌شود. این مجموعه، که به عنوان مجموعه پارتو نیز خوانده می شود، زیر مجموعه‌ای از ناحیه میسر می‌باشد (۱۳، ۱۴ و ۱۵).

روش‌های مختلفی برای حل مسایل چند هدفی وجود دارد (۲۰). در برخی از این روش‌ها ، بدون توجه به ترجیحات تصمیم گیرنده، تنها مجموعه جواب کاراً تعیین می‌گردد (۳، ۱۴،۶، ۱۷ و ۱۹). در نوع دوم روش‌های برنامه‌ریزی چند هدفی، ترجیحات تصمیم‌گیرنده مورد توجه قرار گرفته ولی این ترجیحات تنها بر اساس یک مراجعه اولیه و قبل از برنامه‌ریزی تعیین می‌شود (۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۵، ۱۶ و ۲۱). این درحالی است که در نوع سوم روش‌های برنامه‌ریزی چند معیاری با مراجعه مداوم به تصمیم‌گیرنده در خلال برنامه‌ریزی، از ترجیحات او برای یافتن جواب بهینه استفاده می‌شود (۱۲، ۱۳، ۱۸ و ۲۲).

کوهن و مارکس (۴) در مطالعه‌ای، ضمن مقایسه روش‌های سه‌گانه فوق، به این نتیجه رسیده‌اند که گروه‌های دوم و سوم می‌توانند جواب‌هایی نزدیک به واقعیت را ارائه نمایند ولی در عمل دارای مشکلات محاسباتی هستند. بنابراین، پیشنهاد استفاده از روش مصالحه‌ای را ارائه نموده‌اند.

روش مصالحه‌ای، که می‌توان آن را در گروه اول جای داد، بدون توجه به ترجیحات تصمیم‌گیر، جواب‌های توافقی را ارائه می‌کند. در این روش، با وجود این که در یافتن جواب‌های مصالحه‌ای از ترجیحات کامل تصمیم گیرنده استفاده‌ای نمی‌شود، ولی با استفاده از فرض‌هایی منطقی، به میزان قابل ملاحظه، ترجیحات تصمیم گیرنده مد نظر قرار می‌گیرد. بنابراین، روش مصالحه‌ای اهمیت خاصی در مطالعات برنامه‌ریزی چند هدفی پیدا کرده است (۱۶ و ۱۹).

در بررسی فعلی در ابتدا با استفاده از روش محدودیت و تکنیک‌های تصفیه، مجموعه کاراً و منحنی‌های موازنه بین اهداف مختلف ایجاد شد. سپس، با استفاده از روش برنامه‌ریزی مصالحه‌ای توافقی بین سه هدف حداکثر سازی سود، حداقل‌سازی بهره‌برداری از منابع آب و حداکثر سازی سطح زیر کشت باغ پسته ایجاد گردید. داده‌های مورد نیاز از نمونه‌ای شامل ۱۰۹ نفر از کشاورزان شهرستان رفسنجان جمع‌آوری شد.

مواد و روش‌ها

تئوری تحقیق

مدل برنامه‌ریزی تصمیم‌گیری چند هدفی را می‌توان به صورت زیر ارائه نمود (۲۱):

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.4.6]

$$\max\ z(x)=G\,[z_1(x)\,,\,z_2\,(x),\,\ldots\,z_k\,(x)] \qquad [1]$$

s.t.

$$x \in X \qquad [2]$$

$$x \geq 0 \qquad [3]$$

که $z(x)$ تابع هدف k بعدی (k هدف وجود دارد)؛ X بردار n بعدی متغیرهای تصمیم است. رابطه ۲ مجموعه‌ای از m محدودیت مسأله و رابطه ۳ مجموعه محدودیت‌های غیرمنفی می‌باشد معادلات ۲ و۳ ناحیه میسر در فضای اقلیدسی n بعدی را تعریف می کنند. هر جواب میسر ارزشی خاص را برای تمام اهداف $[z_i(x), i=1,\ldots k]$ ارائه می‌نماید. تابع هدف k بعدی ۱، ناحیه میسر در فضای تصمیم X را به ناحیه میسر در فضای هدف $z(x)$ متصل می‌کند.

حداکثر نمودن بردار ۱ در عمل امکان پذیر نیست. بنابراین، از روش‌های مختلفی برای ایجاد مجموعه جواب کاراً استفاده می‌شود. افزون بر این، در مطالعهٔ حاضر از روش محدودیت استفاده شده است که در این جا به طور خلاصه به آن اشاره می‌شود.

روش محدودیت شامل یافتن جواب‌های غیر پست، با حل مسأله چند هدفی اولیه که به صورت اسکالر در آمده است، می‌باشد. برای این منظور هدف jام جهت حداکثر شدن انتخاب شده و این حداکثر سازی نسبت به محدودیت‌های مسأله و حد پایین(Lower bound) بر روی k-1 هدف باقی مانده صورت می‌گیرد. بنابراین، مسأله اولیه (معادلات ۱ تا ۳) به صورت زیر در می‌آید(۲۱):

$$\max\ z_j(x) \qquad [4]$$

s.t

$$x \in X \qquad [5]$$

$$z_i(x) \geq b_i \quad i \neq j \qquad [6]$$

$$x \geq 0 \qquad [7]$$

که b_i نمایانگر حد پایین بر روی k-1 هدف است. حدهای پایین اولیه به وسیله حل جداگانه k مسأله حداکثر نمایی۴ نسبت به ۵ و۷ به دست می‌آید $(j=1,\ldots k)$. جواب به دست آمده برای x در معادلات جای‌گذاری شده و k جواب بهینه برای $z_j(x)$ ایجاد می‌کند که پایین‌ترین $z_j(x)$ همان b_i می‌باشد. سپس مجموعه جواب غیر پست به وسیله حل معادلات ۴ تا ۷ و با تغییر پارامتریک(Parametric variation) b_i و جای‌گذاری $z_j(x)$ $(j \neq i)$ های مختلف در معادله ۴ به دست می‌آید. در این رابطه، علاوه بر یافتن جواب‌های غیر پست، نیاز به یافتن جواب‌های مصالحه‌ای است که از طریق برنامه‌ریزی مصالحه‌ای به دست می‌آید.

جواب مصالحه‌ای جوابی است که از نظر فاصله، نزدیک‌ترین به نقطهٔ ایدآل باشد. در میان انبوه نقاط مربوط به معیار iام، حداقل یکی وجود دارد که به بقیه ترجیح داده می‌شود. برای مثال $F_i^* = \max f_i(x)$ ، $i=1,2,\ldots,n$، جواب ترجیحی برای تمام معیارها را ارائه می‌کند. بردار F^* که تمام اعضای آن حداکثر می‌باشند، بردار ایدآل نامیده می‌شود، $F^* = (F_1^*,\ldots,F_n^*)$. یکی از رایج‌ترین ابزار اندازه‌گیری نزدیکی به نقطه ایدآل، خانواده‌های از متریکس‌های(Metrics) L_p است که به صورت زیر تعریف می‌شوند (۶):

$$L_p = [\sum_{i=1}^{n} \alpha_i^p [f_i^* - f_i(x)^p]^{\frac{1}{p}} \qquad 1 \leq p \leq \infty \qquad [8]$$

یا

$$\overline{L}_p = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^p [f_i^* - f_i(x)^p \qquad 1 \leq p \leq \infty \qquad [9]$$

در این جا وزن‌های α_i می‌توانند به طور ذهنی توسط تصمیم گیرنده ارزیابی شده یا از ساختار ترجیحات استخراج گردند.

هدف بهینه سازی عبارت است از:

$$\min \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^p D_i^p \qquad [10]$$

که D_i میزان انحراف از ارزش ایدآل است. اگر تعریف ارزش ایدآل مطلق مشکل باشد، می‌توان تقریبی از آن را به صورت بهترین ارزش در بین مجموعه ارزش‌های $F_i(x)$ تعریف نمود. زمانی که $F_i(x)$ بایستی حداکثر شود، بهترین ارزش F_i^* ، ارزش

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.4.6]

حداکثر بوده و در غیر این صورت F_i^* حداقل، جواب ایدآل است. از آنجایی که D_i می‌تواند مثبت یا منفی باشد، باید به صورت زیر تعریف گردد :

$$D_i = \left|F_i^* - F_i(x)\right| \qquad [۱۱]$$

اگر توابع هدف $F_i(x)$ به صورت توابع دارای واحد یکسان بیان نشده باشند، بایستی یک تابع مقیاس تعریف شود. در صورتی که تابع مقیاس خطی باشد، داریم:

$$S_i(D_i) = \frac{\left|F_i^* - F_i(x)\right|}{\left|M_i - m_i\right|} \qquad [۱۲]$$

در اینجا M_i و m_i به ترتیب ارزش‌های حداکثر و حداقل $F_i(x)$ هستند. تابع هدف برنامه‌ریزی مصالحه‌ای ۸ به صورت زیر نوشته می‌شود (۶):

$$L_p = [\sum_{i=1}^{n} \alpha_i^p (\frac{\left|F_i^* - F_i(x)\right|}{\left|M_i - m_i\right|})^p]^{\frac{1}{p}} \qquad [۱۳]$$

اگر وزن‌های α_i و پارامتر p داده شده باشند، حداقل سازی معادله ۱۳ یک جواب بهینه یا جواب مصالحه‌ای می‌دهد (که با توجه به اطلاعات بهینه است).تصمیم گیرنده تمایل دارد که تحلیل‌گر جواب‌های مصالحه‌ای با ارزش‌های مختلف p را فراهم کند. برای $i = 1,...n$ ، $\alpha_i = 1$ ، $p=1$ ، برنامه‌ریزی مصالحه‌ای به برنامه‌ریزی آرمانی تبدیل می‌شود. برای $p=1$ و $\sum \alpha_i = 1$ ، برنامه‌ریزی مصالحه‌ای به روش وزنی خطی تبدیل شده و برای $i=1,...n$ ، $\alpha_i = 1$ ، $p=\infty$ ، به مسأله حداقل سازی حداکثر(Minimax) تبدیل می‌شود.

منطقه مورد مطالعه دشت انار – کشکوئیه از شهرستان رفسنجان می‌باشد. جهت نمونه‌گیری از روش آمارگیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای استفاده شد. خوشه های اصلی عبارت‌اند از منابع آب آبیاری که اکثر قریب به اتفاق آنها را چاه‌های عمیق و نیمه عمیق تشکیل می‌دهند. این دشت دارای ۳۹۴ حلقه چاه آبیاری کشاورزی است(۱).

با استفاده از لیست چاه‌های ناحیه آبیاری رفسنجان (۱) که برای هر دشت به طور جداگانه تنظیم شده بود، چاه‌های آبیاری به طور نمونه‌گیری تصادفی منظم با $k = 20$ انتخاب شد. از میان ۳۹۴ حلقه چاه آبیاری موجود در دشت، ۵٪ آنها، یعنی ۲۱ حلقه چاه انتخاب گردید. مرحله دوم انتخاب باغ دار نمونه بود. پس از انتخاب چاه نمونه، از هر چاه به طور اتفاقی ۱ تا ۷ کشاورز انتخاب و با آنها مصاحبه شد و در مجموع ۱۰۹ پرسش‌نامه از باغ داران تهیه شد.

مدل برنامه‌ریزی خطی استفاده شده در این بررسی دارای تابع هدف منکسر خطی(Piecerwise linear objective function) است. پیش از بیان مدل در چارچوب برنامه‌ریزی چند هدفی ، خلاصه مدل برنامه‌ریزی تک هدفی خطی به صورت زیر ارائه می‌شود (۸).

$$z = \sum(\pi_{ijkl} - PI_{ijkl})X_{ijkl} \qquad [۱۴]$$

$$j = ۱,۲,... \qquad [۱۵]$$

$$k = ۱,۲,... \qquad [۱۶]$$

$$l = ۱,۲,... \qquad [۱۷]$$

متغیرهای مدل به صورت زیر تعریف می شوند:

z : سود ناخالص کل بر حسب ریال

π: سود حاصل از یک هکتار هر فعالیت بر حسب ریال که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

(هزینه‌های متغیر به غیر از هزینه تامین آب)–(عملکرد در هکتار محصول × قیمت محصول)=π

x : سطح زیر کشت هر فعالیت بر حسب هکتار

p : هزینه تامین آب بر حسب ریال بر متر مکعب

I : میزان مصرف آب هر فعالیت بر حسب متر مکعب در هکتار

اندیس‌های استفاده شده در مدل به صورت زیر تعریف می شوند:

i : مقدار مصرف آب بر حسب متر مکعب که در ۵ سطح مختلف می‌باشد.

j : شوری آب بر حسب میلی موس بر سانتی‌متر مربع که در چهار سطح تعریف شده است.

k : نوع خاک باغ است که دارای ۴ گروه است.

l : سن درختان باغ بوده که به دو گروه زیر ۱۰ سال و بالای ۱۰ سال تقسیم می شود.

در جدول ۱ خصوصیات زیر نویس‌های مختلف هر فعالیت آمده است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.4.6]

جدول ۱. ویژگی‌های زیرنویس‌های هر فعالیت الگوی برنامه‌ریزی خطی

	شماره زیر نویس				
نام زیر نویس	۱	۲	۳	۴	۵
متر مکعب آب i	۱۰۰۰–۵۰۰۰	۵۰۰۰–۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰–۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰–۲۰۰۰۰	بیش‌از ۲۰۰۰۰
شوری آب j	۰–۵	۵–۱۰	۱۰–۱۵	۱۵–۲۰	–
نوع خاک k	شنی–ماسه	شنی	رسی	شنی –رسی	–
سن درخت l	کمتر از ۱۰سال	بیشتر از ۱۰سال	–	–	–

ماخذ: داده‌های مورد بررسی

محدودیت‌های مدل به صورت زیر تعریف می‌شوند:

محدودیت شماره ۱۵، میزان حداکثر آب قابل دسترس با شوری‌های مختلف را محدود می‌کند.

محدودیت شماره ۱۶، میزان حداکثر سطح زیر کشت باغات با خاک‌های مختلف را محدود می‌کند.

محدودیت شماره ۱۷، میزان حداکثر سطح زیر کشت باغات با سن‌های مختلف درختان را محدود می‌کند.

چنانچه قبلاً اشاره شده، مطالعه فعلی سه هدف را برای مدیریت منابع‌آب در نظر می گیرد. این اهداف شامل حداکثر کردن سود، حداقل کردن مصرف آبهای زیر زمینی و حداکثر نمودن سطح زیر کشت باغات پسته می‌باشند. بنابراین چارچوب مدل برنامه‌ریزی چند هدفی به صورت زیر است:

$$\max\ Z \qquad [۱۸]$$

$$\max\ X \qquad [۱۹]$$

$$\min\ I \qquad [۲۰]$$

نسبت به محدودیت‌های شماره ۱۵ تا ۱۷ که در آن I, X, Z به ترتیب سود، سطح زیر کشت و مصرف آب می‌باشند.

مدل برنامه‌ریزی چند هدفی ۱۸ تا ۲۰دارای ۳ تابع هدف بوده که دو تای آنها حداکثر شده و یکی حداقل می‌گردد. برای این که تمام توابع حداکثر شوند، ضرایب تابع هدف سوم (۲۰) در یک علامت منفی ضرب می‌شود.

نتایج و بحث

یکی از ابزارهایی که به طور گسترده در حیطه کار برنامه‌ریزی چند هدفی مورد استفاده قرار می‌گیرد، ماتریس بازده (Payoff matrix) است. عناصر این ماتریس به وسیله بهینه‌سازی اهداف مورد نظر تعیین شده و سپس ارزش‌های آنها در هر یک از مسایل بهینه سازی تعیین می‌گردد. ماتریس بازده جهت بیان درجه تضاد بین اهداف مورد نظر بسیار مهم می‌باشد. جدول ۲ ماتریس بازده برای اهداف سه گانه مسأله را نشان می‌دهد. فهم عناصر ماتریس بسیار ساده است. برای مثال عناصر موجود در اولین ردیف به معنی جواب حداکثر سود($۴/۴۷\times۱۰^{۱۱}$ ریال) بوده و مطابق با آن ۳۰۹/۰۴۴ میلیون متر مکعب آب در سال مصرف شده و میزان سطح زیر کشت ۲۸۵۰۰ هکتار است. اطلاعات موجود در جدول ۲ با استفاده از نرم‌افزار QSB محاسبه شد. در هر مورد یک هدف بهینه شده است و سایر اهداف نامحدود فرض شده است.

از جدول ۲ به راحتی می‌توان تضاد بین سه هدف را دید. هدف حداکثر کردن سود با دو هدف حداقل کردن میزان مصرف آب و حداکثر کردن سطح زیر کشت باغات پسته در تضاد می باشد. در حالی که میزان سود در حالت حداکثر نمودن سود، $۴/۴۷\times۱۰^{۱۱}$ ریال می باشد، سود حاصل در حالت حداقل نمودن مصرف آب صفر است. هم‌چنین در صورتی‌که میزان مصرف آب در حالت حداقل نمودن مصرف آب صفر است، میزان مصرف آب در حالت حداکثر نمودن سود ۳۰۹/۰۴ میلیون متر مکعب می‌باشد. علاوه بر این، هدف حداقل نمودن میزان مصرف آب با حداکثر نمودن سطح زیر کشت نیز در تضاد کامل است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.4.6]

جدول ۲ . ماتریس بازده برای سه هدف

	سود (10^{11}ریال)	مصرف آب (میلیون مترمکعب)	سطح زیر کشت (هکتار)
سود	۴/۴۷	۳۰۹/۰۴۴	۲۸۵۰۰
مصرف آب	۰	۰	۰
سطح زیر کشت	۲/۵۳	۱۱۰/۲۵۰	۳۰۰۰۰

ماخذ : داده‌های مورد بررسی

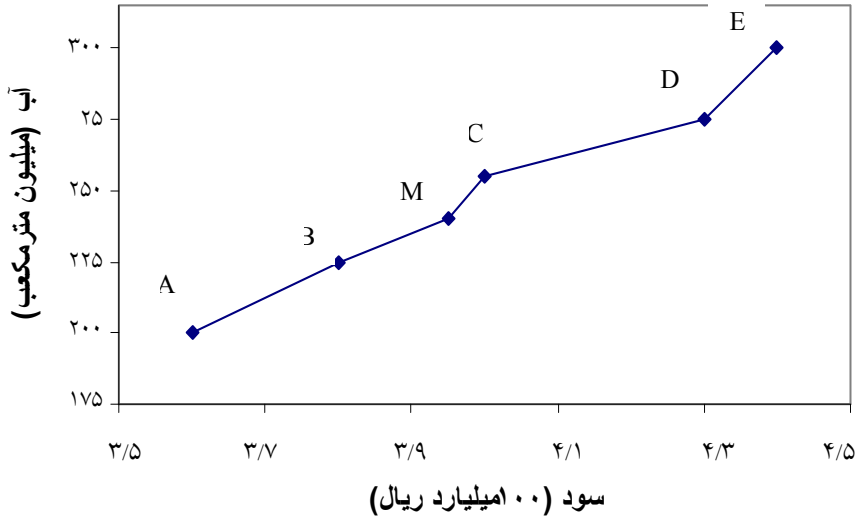
عناصر قطر فرعی ماتریس، بیانگر نقطه ایدآل است، یعنی نقطه‌ای که تمام اهداف به ارزش بهینه خود می‌رسند. در مسأله فعلی، نقطه ایدآل برابر با $۴/۴۷\times۱۰^{۱۱}$ ریال سود، صفر متر مکعب مصرف آب و ۳۰۰۰۰ هکتار باغ پسته می‌باشد. به هر حال، نقطه ایدآل غیر قابل دسترس است، زیرا اهداف در تضاد هستند. بنابراین تنها می‌توان یکی از اهداف فوق را انتخاب کرده و به آن دست یافت، یا این که مصالحه‌ای بین آنها ایجاد نمود.

منحنی‌های موازنه(Tradeoff curve) سود، مصرف آب و سطح زیر کشت

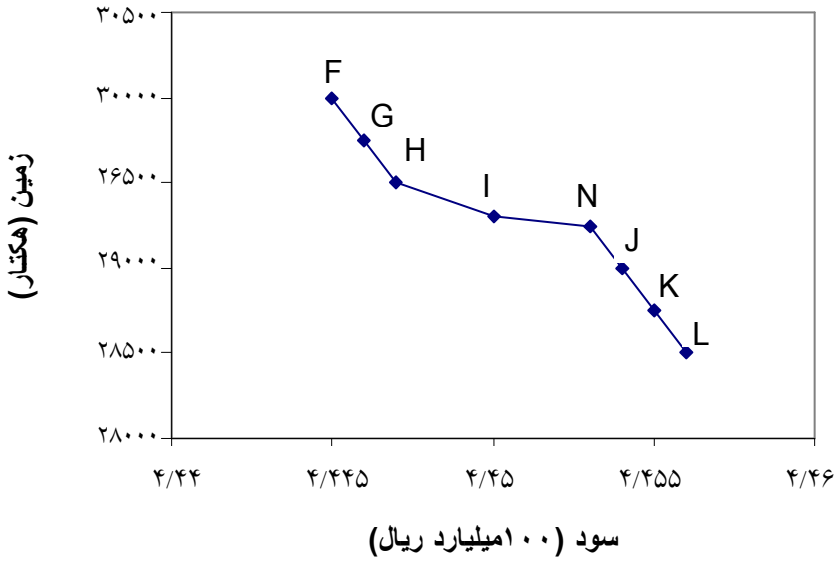
برای بررسی چگونگی موازنه بین سود و میزان مصرف آب و هم‌چنین سود و سطح زیر کشت پسته، منحنی‌های موازنه رسم شد که در شکل‌های ۱ و۲ آمده است. جهت رسم منحنی‌های موازنه از روش محدودیت استفاده گردید. برای رسم منحنی موازنه بین سود و مصرف آب، حداکثر نمودن سود به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شد و تابع هدف حداقل سازی مصرف آب به صورت یک محدودیت به مدل اضافه گردید. میزان حداقل مصرف آب (حد پایینی مصرف آب) ۲۰۰ میلیون متر مکعب در نظرگرفته شد. زیرا این میزان طبق نظر کارشناسان ناحیه آبیاری شهرستان رفسنجان میزان مصرف پایدار آب بوده و باعث حذف بیلان منفی آب در منطقه می شود. هم‌چنین میزان حداکثر مصرف آب ۳۰۹ میلیون متر مکعب، یعنی حداکثر مصرف آب در حالت حداکثر سازی سود مد نظر قرار گرفت. دلیل این امر آن است که، هنگامی که هدف حداکثر شدن سود است بیشترین میزان مصرف یعنی ۳۰۹ میلیون متر مکعب در سال نیاز است که بسیار بالاتر از میزان بهره‌برداری پایدار است. به عبارت دیگر، با سطح زیر کشت فعلی باغات حداکثر آب مورد نیاز ۳۰۹ میلیون متر مکعب در سال است. برای ایجاد مجموعه جواب کاراً و به دنبال آن منحنی موازنه، محدودیت آب با مقادیر ۲۵ میلیون متر مکعبی تغییر داده شد. این عدد با توجه به حداقل میزان مصرف آبی که در موارد مختلف باعث تغییر معنی‌داری در ترکیب کشت و تابع سود می‌گردد، با تحلیل حساسیت در مدل برنامه‌ریزی خطی، محاسبه شده است. هم‌چنین برای رسم منحنی موازنه بین سود و سطح زیر کشت باغات پسته، حداکثر نمودن سود به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شده و تابع هدف حداکثر سازی سطح زیر کشت باغات پسته به عنوان یک محدودیت به مدل اضافه گردید. میزان حداقل سطح زیر کشت (حد پایینی) ۲۸۵۰۰ در نظر گرفته شد. این مقدار، میزان سطح زیر کشت بهینه در زمان حداکثر نمودن سود بدون ملاحظه محدودیت بر روی زمین است. میزان حداکثر سطح زیر کشت پسته ۳۰۰۰۰ هکتار در نظر گرفته شد که میزان فعلی باغات پسته منطقه بوده و سطح بهینه باغات پسته در زمان حداکثر سازی، تابع هدف سطح زیر کشت نیز است. برنامه‌ریزی تنها در چارچوب باغات موجود صورت گرفته و از اضافه شدن باغات جدید جلوگیری شده است. بنابراین، حداکثر سطح زیرکشت در برنامه برابر با سطح فعلی باغات منطقه است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.4.6]



شکل۱. منحنی موازنه برای اهداف سود و مصرف آب



شکل ۲. منحنی موازنه برای اهداف سود و سطح زیر کشت

برای ایجاد مجموعه کاراً و به دنبال آن منحنی موازنه، محدودیت زمین با واحدهای ۲۵۰ هکتاری تغییر داده شد. این منحنی‌های موازنه می‌توانند به عنوان هزینه فرصت، یک هدف در ازای هدف دیگر در نظر گرفته شوند. نحوه محاسبه ۲۵۰ هکتار مشابه عدد ۲۵۰ میلیون مترمکعب است که قبلاً ارائه شد.

ارزش‌های واقعی (یعنی هزینه های فرصت) بین سود و میزان مصرف آب و هم‌چنین بین سود و سطح زیر کشت باغات پسته، به وسیله شیب خطوط صاف وصل کننده نقاط کارآی حدی نشان داده شده در شکل‌های ۱ و۲ بیان شده است. برای مثال شیب پاره خط AB در شکل ۱ حاکی از آن است که در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.4.6]

این قسمت از منحنی موازنه برای افزایش هر یک ریال سود، باید ۱ لیتر آب بیشتر مصرف شود. بنابراین هزینه فرصت یک ریال افزایش در سود کل فعلی می توان به عنوان قربانی کردن ۱ لیتر آب‌های زیر زمینی و کمبود آن در آینده را در نظر گرفت. به طور مشابه، شیب پاره خط FG (شکل۲) بر این اشاره دارد که در این قسمت از منحنی، هزینه فرصت یک هکتار افزایش در سطح باغات پسته منطقه برابر با کاهش سودی معادل ۸۰۰۰۰۰ ریال می باشد.

کاهش سود ناشی از افزایش سطح زیر کشت ممکن است که غیر واقعی به نظر آید. با این حال، با توجه به ثابت و محدود بودن آب در منطقه، افزایش بیشتر سطح زیر کشت باعث کاهش عملکرد، افزایش هزینه‌های متغیر و در نهایت کاهش سود خواهد شد. به‌عبارت دیگر، با ثابت بودن میزان کل آب در دسترس و افزایش سطح زیر کشت، نسبت آب به زمین کاهش خواهد یافت و در نتیجه، سود کاهش خواهد یافت. برای مثال، اگر با ثابت بودن میزان کل آب دردسترس، سطح زیرکشت تا اندازه‌ای افزایش یابد که مقدار آب در هکتار مثلاً به یک مترمکعب در سال برسد، نه تنها سود به صفر خواهد رسید بلکه تولید نیز صفر شده و تمام باغات پسته از بین خواهند رفت. البته باید توجه نمود که افزایش سطح زیر کشت قبل از سطح ۲۸۵۰۰ هکتار باعث افزایش سود می شود.

بعد از تعریف منحنی‌های موازنه ، مرحله بعد محاسبه بهترین جواب مصالحه‌ای است. این عمل به وسیله استفاده از روش برنامه‌ریزی مصالحه‌ای صورت می‌گیرد. فرض کنید که اختلافات بین ارزش اهداف و ایدآل‌های آنها دارای اهمیت یکسانی باشند (یعنی $\alpha_1 = \alpha_2$) و با استفاده از مدل L_1 (P=۱) ، می‌توان بهترین جواب مصالحه‌ای به دست‌آورد. بدین ترتیب نقطه M ($۳/۹۴\times۱۰^{۱۱}$ ریال سود و ۲۳۸ میلیون متر مکعب مصرف آب) در شکل ۱ بهترین جواب مصالحه‌ای برای اهداف سود و آب را بیان می‌کند. به طور مشابه نقطه N ($۴/۴۵\times۱۰^{۱۱}$ ریال سود و ۲۹۳۸۰ هکتار زمین) در شکل ۲ بهترین جواب مصالحه‌ای بین اهداف سود و سطح زیر کشت را ارائه می‌نماید. تحلیل حساسیت بر روی وزن‌های α می‌تواند تصمیم گیرنده را با داده‌های مربوط به پایداری و اعتبار و دامنه‌ای که بهترین جواب مصالحه‌ای در آن قرار دارد آشنا نماید.

تخمینی از مجموعه کارآ در یک فضای هدف سه بعدی

برای رفتن به مرحله بالاتر در این مطالعه، اکنون مجموعه موازنه‌ای و بهترین جواب مصالحه‌ای در حالتی که هر سه هدف به طور هم زمان مد نظر قرار می‌گیرند، محاسبه می‌شوند. برای انجام این کار، مجموعهٔ کارآ برای سه هدف باید ایجاد شود. در میان تکنیک‌های مختلف جهت ایجاد مجموعه کارا، از روش محدودیت استفاده شده است. در این مورد، سود به عنوان تابع هدف در نظر گرفته در حالی که دو هدف دیگر به عنوان محدودیت های پارامتریک مد نظر قرار گرفتند. مجموعه کارا به وسیله تغییرات پارامتریک سمت راست‌های دو محدودیت آب و زمین ایجاد می‌شود. پایین‌ترین و بالاترین مرز و سطوح افزایش در هر دو محدودیت در قسمت قبلی مطالعه بیان شد. حل برنامه‌ریزی خطی مربوطه بیش از ۴۰ نقطه کارآ ایجاد نمود.

بیان بیش از ۴۰ الگوی کشت برای تصمیم گیرنده، حجم بالایی از اطلاعات است که به احتمال زیاد مشکل است تا توسط او مورد قبول واقع شود. برای فرار از این مشکل که در اکثر روش‌های برنامه‌ریزی چند هدفی رایج است، از تکنیک تصفیه ارائه شده به وسیله رومرو و همکاران (۱۴) استفاده شد تا اندازه مجموعه کارا کاهش یابد.این تکنیک تصفیه، جواب‌های کارایی که به طور کافی متفاوت از جواب‌های کارای قبلی نیست را حذف می‌نماید. به پیروی از رومرو و همکاران (۱۴) رابطهٔ تصفیهٔ زیر مورد استفاده قرار گرفت :

$$\left[\sum_{j=1}^{k}(\pi_j\left|F_j^t(x)-F_j^h(x)\right|)^p\right]^{\frac{1}{p}} < d \qquad [۲۱]$$

در این جا k، تعداد هدف، π_j وزن‌های درجه بندی استفاده شده برای اسکالر کردن اهداف مختلف، $F_j^t(x)$ یک جواب کارا در فضای هدف بوده و عدم تشابه آن با توجه به جواب $F_j^h(x)$

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.4.6]

مورد آزمون قرار می‌گیرد، d پارامتر آزمون – فاصله استفاده شده و p پارامتر متریک است. در بررسی فعلی، فرایند تصفیه برای متریک p=۱ (یعنی برای L_1) اجرا شد. با استفاده از رابطه تصفیه در مورد بیش از ۴۰ نقطه کارا، یک نمونه قابل کنترل و در بردارندهٔ تنها ۸ نقطه کارا تعیین شد. نمونه مذکور هشت نقطه کارا با بیشترین اختلاف بین جواب‌ها را بیان می‌کند.

جدول ۳ نقاط کاراً در فضای هدف و تصمیم را نشان می‌دهد. بهترین جواب مصالحه‌ای، نقطهٔ ایدآل و نقطهٔ ضد ایدآل نیز در پایین جدول ۳ اضافه شده‌اند.

نمونه‌ای از موازنه بین سه هدف را می‌توان از اطلاعات موجود در جدول ۳ تعیین کرد. چنانچه جدول ۳ نشان می‌دهد؛ با کاهش میزان مصرف آب و افزایش سطح زیر کشت ، سود کاهش می‌یابد. هم‌چنین با افزایش سطح زیر کشت و کاهش میزان مصرف آب، الگوی کشت به سمت فعالیت‌های زمین بر و آب اندوز هدایت می‌شود، به طوری که فعالیت X_{5222} که میزان مصرف ۲۳۰۰۰ متر مکعب آب را دارد حذف شده و فعالیتX_{3232} نیز از سطح آن کاهش می یابد. بهترین جواب مصالحه‌ای نشان دهندهٔ ۲۵۱ میلیون متر مکعب مصرف آب، ۲۹۲۵۲ هکتار سطح زیر کشت، و $۳/۹۸\times۱۰^{۱۱}$ ریال سود می‌باشد.در این نقطه میزان مصرف آب به اندازه ۵۸ میلیون متر مکعب کمتر از حداکثر نمودن سود به تنهایی است. با این جواب به هدف صرفه جویی در مصرف آب و جلوگیری از تخریب منابع آب زیر زمینی نزدیک‌تر شده ایم. با این وجود هنوز از جواب ایدآل و هم‌چنین میزان مصرف پایدار آب (۲۰۰ میلیون متر مکعب) فاصله زیادی وجود دارد. میزان سطح زیر کشت در بهترین جواب مصالحه‌ای به اندازه ۷۲۵ هکتار از حالت حداکثر نمودن سود به تنهایی بیشتر است، ولی از نقطه ایدآل به اندازه ۷۴۸ هکتار کمتر می باشد و میزان سود نیز در حالت بهترین جواب مصالحه‌ای به اندازه ۴۹ میلیارد ریال از حالت حداکثر سازی سود کمتر است.

با توجه به جدول ۳ می توان گفت که در جواب مصالحه‌ای هیچ کدام از اهداف به طور کامل محقق نشده‌اند. با این وجود به سمت ایدآل‌ها نزدیک شده‌ایم. نکته قابل ذکر در این مطالعه این است که برای محاسبه بهترین جواب مصالحه‌ای، p=۱ در نظر گرفته و فرض شد که سه هدف فوق دارای اهمیت یکسانی هستند($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$). با این وجود می توان با تغییر p و αها جواب‌های دیگری را به دست آورد. مثلاً اگر اهمیت حفاظت از منابع آب مهم‌تر از دو هدف دیگر باشد وزن آن در تابع هدف مصالحه‌ای بزرگ‌تر در نظر گرفته می‌شود. بدین ترتیب می‌توان به نقطه بهره‌برداری پایدار از آب (۲۰۰ میلیون متر مکعب) نزدیک‌تر شد.

هر چند که بدون توجه به ترجیحات تصمیم گیران و برنامه‌ریزان نمی‌توان گفت که نقطه بهینه کدام یک از جواب‌ها در مجموعه کاراست، اما با فرض منطقی "نزدیکی به نقطه ایدآل" می‌توان گفت که بهترین جواب مصالحه‌ای یک نقطه بهینه پارتو است. برنامه‌ریزی خطی حداکثر سازی سود، هر چند که هدف سود حداکثر را به دست می‌دهد، ولی اهداف دیگر از جمله حفظ سطح فعلی باغات پسته منطقه و جلوگیری از تخریب منابع آب را ارضا نمی کند. از طرفی بهترین نقطه مصالحه‌ای هر چند که هیچ کدام از اهداف را به طور کامل برآورده نمی‌کند، مصالحه‌ای بین آنها ایجاد می نماید. بنابراین در مسایلی که چند هدف وجود داشته و همهٔ آنها دارای اهمیت بالایی باشند، استفاده از مسأله برنامه‌ریزی خطی تک هدفی جواب‌های غیر واقعی به دست می‌دهد. در این موارد استفاده از برنامه‌ریزی چند هدفی و از جمله برنامه‌ریزی مصالحه‌ای می‌تواند جواب‌هایی را ارائه دهد که به واقعیت نزدیک‌تر هستند.

نتیجه‌گیری

کشت و تولید پسته در شهرستان رفسنجان را می‌توان به عنوان مصداق بارزی از عدم هم‌آهنگی موجود بین بهره‌برداری از منابع مختلف تولید در بلند مدت ذکر نمود. در دهه ۱۳۳۰، یعنی زمان شروع سرمایه‌گذاری وسیع در ایجاد باغات پسته، آب نسبت به زمین محدودیت زیادی نداشت. در حالی که، امروزه کمبود آب

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.4.6]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.4.6] [Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-19]

جدول ۳. مجموعه نقاط کارا و الگوهای کشت برای سه هدف

متغیرهای تصمیم (هکتار)									توابع هدف		نقاط کارا
X_{5222}	X_{4342}	X_{3332}	X_{2212}	X_{2221}	X_{2142}	X_{2132}	X_{1332}	X_{1142}	آب (میلیون مترمکعب)	زمین (هکتار)	سود (۱۰[11]ریال)	
۱۵۰۰	۳۹۰۱/٦۱	۸۷۰۱/٦	۰	۱۵۰۰	۳۱۵۹/۷	۵۳۹۸/٤	۰	٤۳۳۸/۷	۳۰۰	۲۸۵۰۰	٤/۳۹	۱
۵۰۰	۳۹۰۱/٦۱	۹۳٤۱/٦۰	۱۰۰۰	۲۵۰۰	٤۲۲٦/۳٦	٤۷۵۸/٤۰	۰	۳۲۷۲/۰۲	۳۰۰	۲۹۵۰۰	٤/۳۸	۲
۰	۳۹۰۱/٦۱	۹٦٤۲/۳۸	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۰	٦۲۷/۵۵	۳۸۳۰/۰٦	۷٤۹۸/۳۹	۲۵۰	۲۸۵۰۰	۳/۹۹	۳
۰	۳۹۰۱/٦۱	۸۸۵۲/۹۱	۱۵۰۰	۲۵۰۰	۰	٦۲۷/۵۵	٤٦۱۹/۵٤	۷٤۹۸/۳۹	۲۵۰	۲۹۵۰۰	۳/۹۹	٤
۰	۳۹۰۱/٦۱	۷٤۳٤/۳۷	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۰	۰	٦۲٦۵/٦۱	۷٤۹۸/۳۹	۲۲۵	۲۸۵۰۰	۳/۸۳	۵
۰	۳۹۰۱/٦۱	۷۰٤٤/۹۱	۱۵۰۰	۲۵۰۰	۰	۰	۷۰۵۵/۰۹	۷٤۹۸/۳۹	۲۲۵	۲۹۵۰۰	۳/۸۲	٦
۰	۳۹۰۱/٦۱	٤٦۷٦/٤۹	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۰	۰	۹٤۲۳/۵۱	۷٤۹۸/۳۹	۲۰۰	۲۸۵۰۰	۳/۵۷	۷
۰	۳۹۰۱/٦۱	۳۸۸۷/۰۱	۱۵۰۰	۲۵۰۰	۰	۰	۱۰۲۱۲/۹۹	۷٤۹۸/۳۹	۲۰۰	۲۹۵۰۰	۳/۵٦	۸
–	۳۹۰۱/٦۱	۸۹۷۹/۹۱	۱۵۰۰	۲۲۵۰	۰	٦۲۷/۵۵	٤٤۹٤/۵٤	۷٤۹۸/۳۹	۲۵۱	۲۹۲۵۲	۳/۹۸	بهترین جواب مصالحه‌ای
–	–	–	–	–	–	–	–	–	۰	۳۰۰۰۰	٤/٤۷	نقطه ایدال
–	–	–	–	–	–	–	–	–	۳۰۹	۰	۰	نقطه ضد ایدآل

مأخذ: یافته‌های تحقیق

به بحرانی در منطقه تبدیل شده است. در این رابطه، وجود باغات فراوان پسته در منطقه و کمبود آب کافی برای آبیاری از ویژگی‌های اصلی شهرستان رفسنجان است.

در سال‌های اخیر، برای حل مشکل کم آبی در منطقه مورد بررسی، به طور کلی، گزینه‌های زیر مطرح شده‌اند: الف) ادامه روند کنونی که نتیجه منطقی آن می‌تواند تخریب منابع آب و در نهایت نابودی باغات پسته باشد، ب) انتقال آب از سایر مناطق کشور به این منطقه که نیاز به سرمایه‌گذاری مالی و فنی عظیمی دارد ج) استفاده از روش‌های آب شیرین‌کن که آن هم تاحدود زیادی دارای مشکل گزینه دوم است و د) کاهش میزان مصرف آب تا سطح پایداری بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی.

نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که برای انتخاب گزینه برتر نمی‌توان تنها براساس یک معیار تصمیم‌گیری نمود. برای مثال، دنبال نمودن هدف حداکثر نمودن سود در هکتار می‌تواند برنامه بهینه را به سمت گزینه‌ای رهنمون کند که نتیجه نهایی آن تخریب آب باشد. هم‌چنین، در صورتی‌که تنها هدف برنامه شامل بهره‌برداری پایدار از آب‌های زیرزمینی قرار داده شود و توجهی به سود باغداران منطقه نشود، برنامه مورد قبول آنها واقع نخواهد شد و در صورت اجرا موجب ضرر و زیان باغداران خواهد شد.

با توجه به مطالب فوق، به نظر می‌رسد که گزینه‌ای مورد قبول است که اهداف توجه به حداکثر شدن سود باغداران، تأمین بهره‌برداری پایدار از منابع آب و هم‌چنین حفظ سطح زیرکشت فعلی باغات را در بر داشته باشد. با این حال، دست‌یابی کامل به هر سه هدف فوق محتمل نمی‌باشد. بنابراین، استفاده از راه حل میانی که حاصل توافقی بین این اهداف باشد به نظر منطقی و مناسب می‌آید. در این راستا، استفاده از برنامه‌ریزی مصالحه‌ای می‌تواند راه‌کار مناسبی را ارائه نماید.

در بررسی جاری، ضمن معرفی روش برنامه‌ریزی مصالحه‌ای، کاربرد آن در سیاست‌گذاری‌های آتی و انتخاب بین گزینه‌های تأمین آب کشاورزی ارائه شد. نتایج به دست آمده نشان دهنده مزایای استفاده از این روش برنامه‌ریزی در مدیریت نهاده ارزشمند آب در منطقه مورد مطالعه، نسبت به مدل‌های بهینه‌سازی تک‌هدفی، است. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد که در انتخاب و ارزیابی اقتصادی گزینه‌های مطرح در تأمین آب کشاورزی برای منطقه مورد مطالعه، به‌جای مدل‌های برنامه‌ریزی سنتی تک‌هدفی، از روش برنامه‌ریزی ریاضی مصالحه‌ای استفاده شود.

منابع مورد استفاده

۱. شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان. سال‌های مختلف. گزارش دشت‌های زیر حوزه رفسنجان، وزارت نیرو، کرمان.

2. Abo-Sinna, M.A. 2004. Multipleobjective programming problems: a survey and some applications. Appl. Math. and Comput. 57: 61-88.
3. Cohon, J.L., R.L. Church and D.P. Sheer. 1979. Generating multiobjective trade-offs: an algorithm for bicriteria problems. Water Resour. Res. 15: 1001-1009.
4. Cohon, J.L. and D.H. Marks. 1975. A review and evaluation of multiobjective programming techniques. Water Resour. Res. 11: 208 -220.
5. Datta, B. and R.C. Peralta. 1986. Interactive computer graphics - based multiobjective decision-making for regional groundwater management. Agric. Water Manag. 11: 91-116.
6. Duckstein, L. and S. Opricovic. 1980. Multiobjective optimization in river basin development. Water Resour. Res. 16: 14-20.
7. Gershon, M., L. Duckstein and R. Mcaniff. 1982. Multiobjective river basin planning with qualitative criteria. Water Resour. Res. 18: 193-202.
8. Gisser, M. 1970. Linear programming models for estimating the agricultural demand function for imported water in the Pecos river basin. Water Resour. Res. 8: 1373-1384.
9. Haimes, Y.Y. and W.A. Hall. 1974. Multiobjective in water resource systems analysis. Water Resour. Res. 10: 615-624.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.4.6]

10.Hayashi, K. 2000. Multicriteria analysis for agricultural resource management: a critical survey and future perspectives. Europ. J. Operational Res. 122: 486-500.
11.Magnouni, S.E. and W. Treichel. 1994. A multicriterion approach to groundwater management. Water Resour. Res. 30: 1881-1895.
12.Makowski, M., L. Somlyody and D. Watrins. 1996. Multiple criteria analysis for water quality management in the Nitra basin. Water Resour. Res. 32: 937-951.
13.Monarchi, D.E., C.C. Kisiel and L. Ducrstein. 1973. Interactive multiobjective programming in water resources: a case study. Water Resour. Res. 9: 837-850.
14.Romero, C., F. Amador and A. Barco. 1987. Multiple objectives in agricultural planning: a compromise programming application. Am. J. Agric. Econ. 69: 78-86.
15.Romero, C. and T. Rehman. 1984. Goal programming and multiple criteria decision-making in farm planning: an expository analysis. J. Agric. Econ. 35: 177-190.
16.Romero, C. and T. Rehman. 1985. Goal programming and multiple criteria decision-making in farm planning: some extensions. J. Agric. Econ. 36: 171-185.
17.Romero, C., T. Rehman and J. Domingo. 1988. Compromise risk programming for agricultural resource allocation problem: an illustration. J. Agric. Econ. 39: 271-276.
18.Shakya, K.M. and W.A. Leuchner. 1993. A multiple objective land use planning model for Nepal hills farms. Agric. Sys. 133-149.
19.Thampapilia, D.J. and J.A. Sinden. 1979. Trade - offs for multiple objective planning through linear programming. Water Resour. Res. 15: 1028-1033.
20.Torkamani, J. 2002. Incorporating multiple objectives in farm planning: application of goal programming technique. Iran Agric. Res. 21: 73-84.
21.Wills, C.E. and R.D. Perlack. 1980. A comparison of generating techniques and goal programming for public investment, multiple objective decision making. Am. J. Agric. Econ. 61: 66-74.
22.Zekri, S. and L.M. Albisu. 1993. Economic impact of soil salinity in agriculture: A case study of Bardens area, Spain. Agric. Sys. 41: 369-386.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.4.6]