

کاربرد برنامه‌ریزی فرا آرمانی در تعیین الگوی بهینه کشت محصولات کشاورزی مطالعه موردی: شهرستان نیشابور

حسن سخدری^۱ - محمود صبحی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۲

چکیده

تخصیص بهینه زمین‌های کشاورزی در یک منطقه یکی از مسائل بسیار اساسی در استفاده بهینه از منابع تولید کشاورزی است. برنامه‌ریزی فرا آرمانی یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. در این برنامه‌ریزی تصمیم‌گیری‌هایی انعطاف‌پذیرتر از سایر برنامه‌ریزی‌های آرمانی برای تصمیم‌گیرندگان فراهم می‌شود. در مطالعه حاضر، الگوی بهینه کشت با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی و فرا آرمانی برای کشاورزی منطقه نیشابور در دوره زمانی ۸۷-۸۶ تعیین شد. نتایج نشان داد که کل سطح زیرکشت در برنامه ریزی آرمانی ۶۹۰۱۶ هکتار و در برنامه‌ریزی فرا آرمانی مقدار ۷۲۰۹۲ هکتار می‌باشد. همچنین، در تمام الگوهای بهینه کشت محصول گندم بیشترین سطح زیرکشت را به خود اختصاص داد. با توجه به تحولات زیاد در تخصیص یارانه‌ها و کاهش شدید منابع آب در طی سال‌های اخیر، استفاده از الگوهای بهینه کشت که در آن انحراف از آرمان‌ها کمتر است، پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی فرا آرمانی، الگوی بهینه کشت، نیشابور

مقدمه

جدیدتری داده است. یکی از این روش‌ها، برنامه‌ریزی فرا آرمانی^۵ می‌باشد. این روش ابزاری مفیدتر و انعطاف‌پذیرتر نسبت به سایر روش‌های برنامه‌ریزی آرمانی برای کمک به تصمیم‌گیرندگان می‌باشد و به تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهد تا دانسته‌ها و ترجیحات خود را در مورد وضعیت مسئله به راحتی اعمال کنند (۱۵).

مطالعاتی که در زمینه تعیین الگوی بهینه کشت با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی انجام گرفته کم می‌باشد (۱، ۲، ۳، ۶ و ۷). رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی روشی است مبتنی بر اصول بهینه‌سازی ریاضی که به منظور تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری‌های نهایی و مطلوب مدیران، به شکل نامعادلات خطی ظاهر می‌شود. این مدل به لحاظ کردن دستیابی همزمان به چندین هدف بر مبنای اولویت، از انعطاف‌پذیری بیشتری در تصمیم‌گیری‌های واقعی واحدهای اقتصادی برخوردار است (۴).

این شهرستان یکی از شهرستان‌های شمالی استان خراسان رضوی است. دشت نیشابور که جزئی از حوضه آبریز کال شور نیشابور است در دامنه جنوبی ارتفاعات بینالود و در شمال شرق کویر مرکزی واقع شده است. وسعت کل حوضه ۷۳۰۰ کیلومتر مربع است که

از روش‌هایی که در بخش کشاورزی کاربرد فراوانی دارد و در تعیین الگوی بهینه کشت دارای کاربرد می‌باشد مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی^۳ است. این مدل‌ها یکی از قدیمی‌ترین و گسترده‌ترین روش‌هایی است که مورد استفاده تصمیم‌گیرندگان قرار می‌گیرد و ممکن است به این علت باشد که در این روش از تصمیم‌گیری چند معیاره، از اطلاعات ناقص استفاده می‌شود (۴). به طور کلی در مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی انحرافات میان سطح آرمان و هدف مورد نظر در هر آرمان به حداقل می‌رسد و این عمل با استفاده از حداقل کردن متغیر-های انحرافی نامطلوب^۴ صورت می‌پذیرد (۹ و ۱۲). محققین بسیاری در زمینه‌های مختلف کاربرد روش برنامه‌ریزی آرمانی مطالعه کرده‌اند (۱۰، ۱۱، ۱۴ و ۱۶). اما امروزه این مدل‌ها جای خود را به روش‌های

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

(Email: saboohi@uoz.ac.ir)

(* - نویسنده مسئول)

3- Goal Programming

4- Meta-Goal Programming

در مطالعه حاضر از مدل برنامه‌ریزی فرا آرمانی برای تخصیص بهینه زمین‌های کشاورزی در سال زراعی ۸۶-۸۷ در شهرستان نیشابور استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از وزارت جهاد کشاورزی بدست آمده است. جدول شماره ۱ فهرست علائم و شاخص‌های مورد استفاده در مدل‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

برنامه‌ریزی آرمانی و فرا آرمانی

فرم کلی یک برنامه‌ریزی آرمانی به صورت رابطه شماره ۱ می‌باشد (۱۵):

$$f_e(X) + n_e - p_e = r_e \quad e = 1, \dots, q, \quad (1)$$

$$g_a(X) \leq b_a \quad a = 1, \dots, v,$$

$$x \in R^n.$$

۳۹۰۰ کیلومتر مربع آن را دشت و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهند. آب و هوای این منطقه بری، نیمه خشک و خشک و متوسط درجه حرارت آن ۱۲ درجه سانتیگراد و میزان بارندگی ۲۹۲ میلی متر گزارش شده است. میزان تبخیر نیز به علت بالا بودن درجه حرارت هوا زیاد بوده و متوسط آن برای کل حوضه ۲۳۳۵ میلی متر در سال است. منبع اصلی تأمین آب مورد نیاز منطقه چاه بوده که از آبخانه زیرزمینی دشت نیشابور تغذیه می‌شوند. این شهرستان یکی از شهرستانهای مهم تولیدکننده محصولات زراعی در استان می‌باشد که دارای زمین‌های حاصلخیز می‌باشد اما به لحاظ منابع آب دچار محدودیت است (۵).

مواد و روش‌ها

تخصیص بهینه زمین‌های کشاورزی در یک منطقه یکی از مسائل بسیار اساسی در استفاده بهینه از منابع تولید کشاورزی است.

جدول ۱- فهرست علائم مورد استفاده در مطالعه

متغیر تصمیم:	مجموعه‌ها
X_{cs} : سطح زیرکشت محصول c در فصل s	$c \in \{1, 2, \dots, C\}$, c : مجموعه مربوط به محصول
متغیرهای مدل:	$s \in \{1, 2, \dots, S\}$, s : مجموعه مربوط به فصل
n_e : متغیرهای انحرافی نامطلوب منفی مربوط به آرمان e	$i \in \{1, 2, \dots, I\}$, i : مجموعه مربوط به ماه
p_e : متغیرهای انحرافی نامطلوب مثبت مربوط به آرمان e	$t \in \{1, 2, \dots, T\}$, t : مجموعه مربوط به نوع کود شیمیایی
$f_e(x)$: توابع مقعر مربوط به آرمان‌ها	$j \in \{1, 2, \dots, J\}$, j : مجموعه مربوط به محصول
$g_a(x)$: توابع محدب مربوط به محدودیت a	پارامترها
q : تعداد آرمان‌ها	C : نقدینگی مورد انتظار برای محصولات
v : تعداد محدودیت‌ها	L : تعداد نیروی کار مورد انتظار
ω_e : وزن‌های ترجیحی	M : ساعات کار ماشین‌آلات کشاورزی مورد انتظار
r_e : هدف مربوط به آرمان e	F_t : کود شیمیایی مورد انتظار
D : حداکثر درصد انحرافات وزنی ^۱	W_s : مقدار آب مورد انتظار در فصل s
γ_e : متغیرهای دوتایی ^۲	A : سطح زیرکشت مورد انتظار
$O_k^{(1)}$: مجموعه‌ای از فرا آرمان‌های نوع اول	n_{cs} : مقدار سود ناخالص برای تولید یک هکتار از محصول c در فصل s (هکتار /ریال)
$O_l^{(2)}$: مجموعه‌ای از فرا آرمان‌های نوع دوم	c_{cs} : مقدار هزینه مورد نیاز برای تولید یک هکتار از محصول c در فصل s (هکتار /ریال)
$O_r^{(3)}$: مجموعه‌ای از فرا آرمان‌های نوع سوم	l_{cs} : مقدار نیروی کار مورد نیاز برای تولید یک هکتار از محصول c در فصل s (نفر- روز/هکتار)
$Q_k^{(1)}$: حد انحراف از فرا آرمان نوع اول	m_{cs} : مقدار ساعات کار ماشین‌آلات مورد نیاز برای تولید یک هکتار از محصول c در فصل s (ساعت/هکتار)
$Q_k^{(2)}$: حد انحراف از فرا آرمان نوع دوم	f_{ct} : مقدار مورد نیاز کود شیمیایی از نوع t برای تولید یک هکتار از محصول c (تن /هکتار)
$Q_k^{(3)}$: حد انحراف از فرا آرمان نوع سوم	w_{cs} : مقدار آب مورد نیاز برای تولید یک هکتار از محصول c در فصل s (مترمکعب/هکتار)

1- The Maximum Percentage Weighted Deviation

2- Binary

فرا آرمان نوع اول

مجموع مقادیر وزنی متغیرهای انحرافی ناخواسته نرمال سازی شده نباید از یک حد بحرانی Q_1 بیشتر شود. این فرا آرمان به صورت رابطه ۴ اعمال می شود (۱۵):

$$\sum_{e=1}^q \omega_e \frac{n_e}{r_e} \leq Q_1. \quad (۴)$$

فرا آرمان نوع دوم

مقادیر حداکثر انحرافات وزنی متغیرهای نامطلوب نرمال سازی شده نباید از یک حد بحرانی Q_2 بیشتر شود (۱۵):

$$\max \left\{ \omega_e \frac{n_e}{r_e} \right\} \leq Q_2 \Leftrightarrow \begin{cases} \omega_e \frac{n_e}{r_e} - D \leq 0, & e = 1, \dots, q, \\ D \leq Q_2 \end{cases} \quad (۵)$$

در رابطه ۵، D حداکثر درصد انحرافات وزنی می باشد.

به جزء این دو نوع فرا آرمان، به دیگر مواردی نیز می توان اشاره کرد که به طور مستقیم بر محاسبه توابع دستیابی حداقل انحرافات نامطلوب تأثیرگذار نیستند و نوع سوم فرا آرمانها را تشکیل می دهند.

فرا آرمان نوع سوم

مجموع مقادیر آرمانهایی که تأمین نشده اند^۷ نباید از یک حد بحرانی Q_3 بیشتر شوند (۱۵):

$$n_e - M_e y_e \leq 0 \quad e = 1, \dots, q, \\ \sum_{e=1}^q y_e \leq Q_3, \quad (۶)$$

که y_e متغیرهای دوتایی^۸ و M_e یک عدد بزرگ اختیاری است که معمولاً برابر با هدف آرمان در نظر گرفته می شود. در نتیجه، ارزش $\sum_{e=1}^q y_e$ در جواب بهینه، تعداد آرمانهایی را که به هدف خود نرسیده اند، بیان می کند.

اگر فرا آرمان نوع یک توسط مجموعه $O_k^{(1)} \subset \{1, 2, \dots, q\}$ اعمال شود، آرمان آن به صورت زیر بازنویسی می شود (۱۵):

$$\sum_{e \in O_k^{(1)}} \omega_e \frac{n_e}{r_e} \leq Q_k^{(1)}. \quad (۷)$$

بطور مشابه اگر فرا آرمان نوع دوم توسط مجموعه $O_l^{(2)}$ و فرا

در این مدل یک برنامه ریزی با q آرمان و v محدودیت سخت^۱ وجود دارد که در آن توابع $f_e(x)$ مقعر و توابع $g_a(x)$ محدب هستند. n_e و p_e به ترتیب متغیرهای انحرافی نامطلوب منفی و مثبت هستند. در یک برنامه ریزی آرمانی این متغیرهای انحرافی نامطلوب توسط روشهایی مانند اولویت^۲، وزنی و مینی ماکس^۳ به حداقل ممکن کاهش می یابند. ترکیب این روشها نیز می تواند برای رسیدن به جوابهای بهینه مسئله برنامه ریزی آرمانی استفاده شود. هنگام استفاده از روش وزنی، تابع دستیابی^۴ به حداقل انحرافات نامطلوب به صورت رابطه ۲ بیان می شود (۱۵).

$$h(n) = \sum_{e=1}^q \omega_e \frac{n_e}{r_e}, \quad (۲)$$

که ω_e نشان دهنده وزنی ترجیحی برای آرمان e است. در رابطه ۲ تمام متغیرهای انحرافی به وسیله تقسیم آنها بر هدف متناظر با هر آرمان نرمال سازی می شوند. اگر هدف متناظر با این متغیرها صفر و یا منفی باشد این نرمال سازی از روشهای دیگری مانند نرمال سازی اقلیدسی انجام می شود (۱). جوابهای بهینه در روش وزنی از حداقل کردن مجموع مقادیر وزنی^۵ متغیرهای انحرافی نامطلوب نرمال سازی شده بدست می آید. از طرف دیگر اگر روش مینی ماکس انتخاب شود، تابع دستیابی به حداقل انحرافات نامطلوب به صورت رابطه ۳ بیان می شود (۱۵):

$$\max_{e=1, \dots, v} \left\{ \omega \frac{n_e}{t_e} \right\} \quad (۳)$$

جوابهای بهینه برنامه ریزی آرمانی در رابطه ۳ از حداقل کردن حداکثر انحرافات وزنی متغیرهای نامطلوب نرمال سازی شده بدست می آید (۱۵).

فرض کنید که یک تصمیم گیرنده در نظر دارد سطوح آرمانی معینی را برای مقادیر نهایی توابع دستیابی به حداقل انحرافات در نظر بگیرد. این فرض موجب ایجاد آرمانهایی می شود که در برخی موارد جزئی از آرمانهای اصلی است و به همین دلیل این نوع آرمانها را فرا آرمان معرفی کرده اند (۱۵).

با توجه به مطالب ذکر شده سه نوع فرا آرمان وجود دارد که به صورت زیر بیان می شود:

- 1- Hard Constraint
- 2- Lexicographic
- 3- Minmax
- 4- Achievement Function
- 5- Percentage Sum of Weighted

- 6- The Maximum Percentage Weighted Deviation
- 7- The Percentage of Unachieved goals
- 8- Binary

در برخی موارد، محدودیت‌های ذکر شده برای فرا آرمان‌ها یک مجموعه‌ی امکان‌پذیر تهی^۱ را تعریف می‌کنند و اگر حتی یک جواب امکان‌پذیر در این مجموعه وجود داشته باشد، احتمال غیر کارا بودن آن به وجود خواهد آمد (۱۵). مثال‌هایی از این نوع توسط تمیز و جانس (۱۳) و کابلرو و همکاران (۸) ارائه شده است. برای رهایی از این نوع خطا می‌توان مدل برنامه‌ریزی فرا آرمانی $[GP]^2$ را به صورت رابطه ۱۰ ارائه کرد (۱۵):

$$\begin{aligned}
 & \min \left\{ \beta_1^{(1)}, \dots, \beta_{r_1}^{(1)}, \beta_1^{(2)}, \dots, \beta_{r_2}^{(2)}, \beta_1^{(3)}, \dots, \beta_{r_3}^{(3)} \right\} \\
 & s.t. \quad f_e(X) + n_e - p_e = r_e, \quad e = 1, \dots, q, \\
 & \quad g_a(X) \leq b_a, \quad a = 1, \dots, v, \\
 & \quad \sum_{e \in O_k^{(1)}} \omega_e \frac{n_e}{r_e} + \alpha_k^{(1)} - \beta_k^{(1)} = Q_k^{(1)}, \quad k = 1, \dots, r_1, \\
 & \quad \omega_e \frac{n_e}{r_e} - D \leq 0, \quad e \in O_l^{(2)}, \quad l = 1, \dots, r_2, \\
 & \quad D_l + \alpha_l^{(2)} - \beta_l^{(2)} = Q_l^{(2)}, \quad l = 1, \dots, r_2, \\
 & \quad n_e - M_e y_e \leq 0, \quad e \in O_r^{(3)}, \quad r = 1, \dots, r_3, \\
 & \quad \frac{\sum_{e \in O_r^{(3)}} y_e}{card(O_r^{(3)})} + \alpha_r^{(3)} - \beta_r^{(3)} = Q_r^{(3)}, \quad r = 1, \dots, r_3, \\
 & \quad y_e \in \{0, 1\}, \quad e \in O_r^{(3)}, \quad r = 1, \dots, r_3, \\
 & \quad n_e, p_e \geq 0, \quad e = 1, \dots, q \\
 & \quad x \in R^n, \\
 & \quad \alpha_k^{(1)}, \beta_k^{(1)}, \alpha_l^{(2)}, \beta_l^{(2)}, \alpha_r^{(3)}, \beta_r^{(3)} \geq 0.
 \end{aligned} \tag{10}$$

مورد استفاده در مطالعه حاضر به صورت رابطه (۱۱) تا (۱۳) در نظر گرفته شده است:

$$G_1: \sum_{s=1}^S \sum_{c=1}^C n_{cs} x_{cs} + n_1 - p_1 = N \tag{11}$$

$$G_2: \sum_{s=1}^S \sum_{c=1}^C l_{cs} x_{cs} + n_2 - p_2 = L \tag{12}$$

$$G_3 - G_4: \sum_{s=1}^s \sum_{c=1}^C w_{cs} x_{cs} + n_{3+s} - p_{3+s} = W_s \quad \forall s = 1, 2, \dots, s \tag{13}$$

رابطه ۱۱ مربوط به سود ناخالص می‌باشد. متغیر انحرافی نامطلوب برای این رابطه n_1 است. رابطه ۱۲ آرمان نیروی کار مورد نیاز برای محصولات می‌باشد و متغیر انحرافی نامطلوب در آن p_2 است. رابطه ۱۳ آرمان آب مورد نیاز برای تولید محصولات در فصل

آرمان نوع سوم توسط مجموعه‌ی $O_r^{(3)}$ اعمال شوند، آرمان‌های آنها به ترتیب به صورت رابطه ۸ و ۹ بازنویسی می‌شوند:

$$\omega_e \frac{n_e}{r_e} - D_l \leq 0, \quad e \in O_l^{(2)}, D_l \leq Q_l^{(2)} \tag{8}$$

$$\begin{cases} n_e - M_e y_e, & e \in O_r^{(3)} \\ \frac{\sum_{e \in O_r^{(3)}} y_e}{card(O_r^{(3)})} \leq Q_r^{(3)}, \\ y_e \in \{0, 1\}, & e \in O_r^{(3)}, \end{cases} \tag{9}$$

در مدل ۱۰ فرض می‌شود که مجموعه $k = 1, \dots, r_1$ فرا آرمان نوع اول، مجموعه $k = 1, \dots, r_2$ فرا آرمان نوع دوم و مجموعه $k = 1, \dots, r_3$ فرا آرمان نوع سوم برای تصمیم‌گیرندگان وجود دارد. مقادیر β ها مربوط به متغیرهای انحرافی نامطلوب فرا آرمان‌های نوع اول، دوم و سوم هستند. همچنین، برای دستیابی به حداقل انحرافات نامطلوب در این مدل می‌توان از هر یک از انواع روش‌های وزنی، اولویت‌ی و یا مینی ماکس استفاده کرد (۱۵).

آرمان‌ها

آرمان‌های مربوط به مسئله تخصیص بهینه زمین‌های کشاورزی

جدول ۲- اهداف مربوط به آرمان‌های شهرستان نیشابور

هدف	آرمان
۵۰۱/۱۰	G_1 سود ناخالص (میلیارد ریال)
۳۰۴۶/۷۳	G_2 نیروی کار مورد نیاز (هزار نفر)
۴۱۴/۹۶	G_3 آب پاییزه (میلیون متر مکعب)
۲۱۲/۰۴	G_4 آب بهاره (میلیون متر مکعب)

با توجه به این اولویت‌بندی، جواب‌های بهینه مدل برنامه ریزی آرمانی با استفاده از روش ترتیبی^۱ به صورت رابطه ۱۴ بدست می‌آید:

s است. متغیرهای انحرافی در این دو آرمان p_3 و p_4 هستند. با توجه به شرایط اقلیمی در ایران و در شهرستان نیشابور، دو کشت پاییزه (از اول مهر تا آخر اسفند) و بهاره (از اول فروردین تا آخر شهریور) برای تخصیص آب به محصولات پاییزه و بهاره در نظر گرفته شده‌است. در جدول شماره ۲ سطح اهداف مربوط به آرمان‌های ذکر شده در روابط ۱۱ تا ۱۳ برای شهرستان نیشابور نشان داده شده است. این اهداف بر اساس حداکثر مقادیری است که باید در شهرستان در یک سال زراعی وجود داشته باشد، برآورد شده است.

برای مدل‌سازی برنامه‌ریزی آرمانی، آرمان‌های موجود در جدول ۲ را می‌توان اولویت‌بندی کرد. آرمان‌های مربوط به سود ناخالص و نیروی کار مورد نیاز در اولویت اول و آرمان‌های مربوط به آب پاییزه و بهاره در اولویت دوم در نظر گرفته می‌شوند.

$$lex \quad Min. \quad a = \left[\left(\frac{n_1}{501.10} + \frac{p_2}{304673} \right), \left(\frac{p_3}{414/96} + \frac{p_4}{212/04} \right) \right]$$

$$s.t. \quad G_1 \quad G_4$$

$$\sum_{s=1}^s \sum_{c=1}^c c_{cs} x_{cs} \leq C$$

$$\sum_{s=1}^s \sum_{c=1}^c m_{cs} x_{cs} \leq M \tag{14}$$

$$\sum_{s=1}^s \sum_{c=1}^c f_{ct} x_{cs} \leq F_t$$

$$\sum_{c=1}^c x_{cs} \leq A$$

$$x_{cs} \geq 0, \quad n_i, p_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, 6.$$

جدول ۳- نتایج مربوط به برآورد مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای شهرستان نیشابور (واحد هکتار)

محصول	متغیر	الگوی کشت فعلی	الگوی کشت برآوردی برنامه‌ریزی آرمانی	درصد تغییر نسبت به کشت فعلی
گندم	x_{11}	۸۱۰۰	۴۱۳۲۱	+۵۱۰
جو	x_{21}	۶۱۱۶	۱۵۴۶۳	+۱۵۲
ذرت دانه‌ای	x_{31}	۱۱۱۱۱	-	-۱۰۰
چغندر قند	x_{42}	۱۵۱۵۰	-	-۱۰۰
پنبه	x_{52}	۱۱۵۵۰	-	-۱۰۰
گوجه	x_{62}	۱۰۸۵۰	۴۲۱۱	-۶۱
خیار	x_{72}	۹۰۱۶	۶۸۳۱	-۲۴
کل	A	۷۱۸۹۳	۶۷۸۲۶	-۷

منبع: یافته‌های تحقیق

۱۵ است:

بنابراین، با توجه به اولویت‌بندی مذکور و همچنین مدل ۱۰، مدل برنامه‌ریزی فرا آرمانی مربوط به شهرستان نیشابور به صورت رابطه

$$\begin{aligned}
 & \text{lex Min } (\beta_1, 2\beta_2 + \beta_3 + \beta_4) \\
 & \text{s.t. } G_1 - G_4 \\
 (a1) \quad & \frac{n_1}{501.10} + \frac{p_2}{3046.73} + \alpha_1 - \beta_1 = Q_1^{(1)}, \\
 (a2) \quad & \begin{cases} p_3 - 414/96 y_1 \leq 0, \\ p_4 - 312/04 y_2 \leq 0, \\ \{(y_1 + y_2)/2\} + \alpha_2 - \beta_2 = Q_1^{(3)} \end{cases} \\
 (b) \quad & \frac{p_3}{414/96} + \frac{p_4}{212/04} + \alpha_3 - \beta_3 = Q_2^{(1)} \\
 (c) \quad & \begin{cases} p_3/414/96 - D \leq 0; & p_4/212/04 - D \leq 0 \\ D + \alpha_4 - \beta_4 = Q_1^{(2)} \end{cases} \\
 & \sum_{s=1}^s \sum_{c=1}^c c_{cs} x_{cs} \leq C \\
 & \sum_{s=1}^s \sum_{c=1}^c m_{cs} x_{cs} \leq M \\
 & \sum_{s=1}^s \sum_{c=1}^c f_{ct} x_{cs} \leq F_t \\
 & \sum_{c=1}^c x_{cs} \leq A \\
 & x_{cs} \geq 0, \\
 & n_i, p_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, 10, \\
 & \alpha_i, \beta_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, 4, \\
 & y_1, y_2 \in \{0, 1\}
 \end{aligned} \tag{۱۵}$$

است که تأمین نشدند (حد انحراف از فرا آرمان نوع سوم).

نتایج و بحث

محصولات مورد مطالعه در مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی و فرا آرمانی برای تعیین الگوی بهینه کشت شامل گندم، جو، ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی، پنبه، چغندر قند و خیار آبی است. علاوه بر این محصولات، محصولات دیگری در این منطقه کشت می‌شود اما سطح زیر کشت وسیع و سازگار بودن این محصولات با اقلیم منطقه نیشابور دلیل انتخاب آنها بود. جدول شماره ۳ نتایج مربوط به برآورد مدل برنامه‌ریزی آرمانی و همچنین سطح زیر کشت فعلی محصولات مورد مطالعه را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که میزان کشت فعلی محصولات مورد مطالعه برابر با ۷۱۸۹۳ هکتار است و پس از برآورد

در مدل فرا آرمانی ۱۵، (a1) فرا آرمان نوع اول است که در اولویت اول با وزن یک قرار دارد. (a2) فرا آرمان نوع سوم است که در اولویت دوم با وزن ۲ قرار دارد. b فرا آرمان نوع اول است که در اولویت دوم با وزن یک قرار دارد. جواب‌های بهینه‌ی مدل فرا آرمانی ۱۵ را می‌توان با استفاده از روش ترتیبی که توسط ایجنزو و کاولر (۱۰) مطرح شد، بدست آورد. $Q_1^{(1)}$ و $Q_2^{(1)}$ به ترتیب مربوط به حد انحراف از مجموع مقادیر متغیرهای انحرافی نامطلوب نرمال‌سازی شده (حد انحراف از فرا آرمان نوع اول) برای اولویت اول و دوم می‌باشد. $Q_1^{(2)}$ مربوط به حد انحراف از حداکثر مقادیر وزنی متغیرهای انحرافی نرمال‌سازی شده (حد انحراف از فرا آرمان نوع دوم) است و $Q_1^{(3)}$ مربوط به حد انحراف از مجموع مقادیر آرمان‌هایی

سطح زیرکشت کل در برنامه‌ریزی آرمانی بیشتر است. همچنین با افزایش حد انحراف از آرمان‌ها برای اولویت اول ($Q_1^{(1)}$) سطح زیرکشت کل افزایش می‌یابد (شکل ۲).

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر از برنامه‌ریزی آرمانی و فرا آرمانی جهت تعیین الگوی بهینه کشت در شهرستان نیشابور استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش حد انحراف فرا آرمان نوع اول در اولویت اول ($Q_1^{(1)}$) سطح زیرکشت کل افزایش خواهد یافت. همچنین با افزایش $Q_1^{(1)}$ از صفر درصد به صد درصد، سطح زیرکشت کل از ۶۹۰۱۶ به ۷۲۰۹۲ هکتار افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه آرمان‌های مورد استفاده در اولویت‌بندی ۱ بیشتر مورد تأکید زارعین نیشابور است (با توجه به نظرات کارشناسان جهاد کشاورزی شهرستان)، استفاده از الگوی بهینه کشت در اولویت‌بندی ۱ در درجه اول اهمیت قرار دارد. با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی و میزان منابع تولید کشاورزی در شهرستان نیشابور، می‌توان از گزینه‌های مختلف الگوی کشت برنامه‌ریزی فرا آرمانی استفاده کرد. در سال‌های اخیر تحولات زیادی در زمینه تخصیص یارانه‌ها به منابع تولید کشاورزی صورت گرفته و همچنین با توجه به کاهش شدید منابع آب استفاده از الگوی‌های بهینه کشت که در آن انحراف از آرمان‌ها کم (به عنوان مثال $Q_1^{(1)} = 0$) است، مناسب‌تر هستند. همچنین با توجه به نتایج تحقیق، پیشنهاد می‌شود در سال‌های زراعی آینده از کشت محصولات چغندر قند و پنبه جلوگیری شود.

الگوی کشت برنامه‌ریزی آرمانی این مقدار به ۶۷۸۲۶ کاهش می‌یابد. همچنین سه محصول ذرت دانه‌ای، چغندر قند و پنبه در الگوی کشت برنامه‌ریزی آرمانی وجود ندارند. سطح زیرکشت گندم از ۸۱۰۰ هکتار در شرایط فعلی به ۳۳۵۵۲ هکتار در الگوی برنامه‌ریزی آرمانی افزایش یافته است.

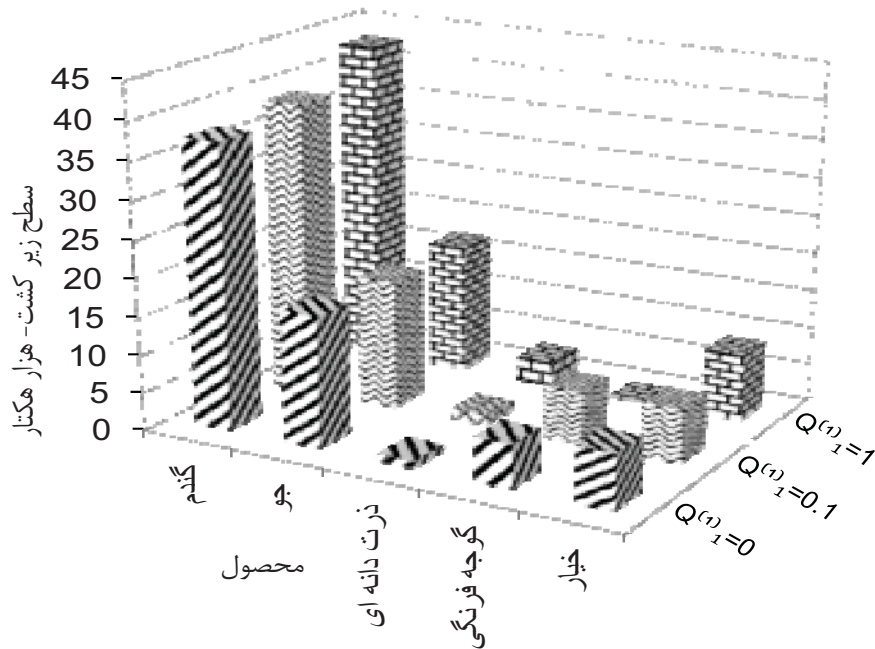
محصول جو نیز در همین وضعیت قرار دارد. بقیه محصولات سطح زیرکشت فعلی آنها از الگوی کشت برنامه‌ریزی آرمانی بیشتر است. جدول شماره ۴ نتایج مربوط به برآورد مدل برنامه‌ریزی فرا آرمانی با سطوح مختلف ($Q_1^{(1)} = 0$ و $Q_1^{(1)} = 1$ و $Q_1^{(1)} = 0.1$) منظور از سطوح مختلف، مقدار انحرافی است که ما مجاز هستیم از آرمان اصلی تجاوز داشته باشیم برای مثال زمانی که $Q_1^{(1)} = 1$ باشد به اندازه ۱/۰ مجاز هستیم از آرمان اصلی تجاوز داشته باشیم. که حد انحراف از مجموع مقادیر متغیرهای انحرافی نامطلوب نرمال‌سازی شده برای اولویت اول ($Q_1^{(1)}$) را نشان می‌دهد (با ثابت بودن سایر فرا آرمان‌ها). ملاحظه می‌شود که در هر سه الگوی کشت دو محصول چغندر قند و پنبه حذف شده است. البته در الگوی کشت با $Q_1^{(1)} = 1$ محصول گوجه‌فرنگی نیز از الگوی کشت حذف شده است.

شکل شماره ۱ سطح زیرکشت محصولات مختلف را در سطوح متفاوت حد انحراف فرا آرمان نوع اول در اولویت اول ($Q_1^{(1)}$) نشان می‌دهد. همچنان که ملاحظه می‌شود محصول گندم بیشترین سطح زیرکشت را در تمام سطوح $Q_1^{(1)}$ دارد. کمترین سطح زیرکشت نیز مربوط به محصول ذرت دانه‌ای می‌باشد. همچنان که مشاهده می‌شود سطح زیرکشت محصولات چغندر قند و پنبه صفر شده است. با مقایسه جدول‌های شماره ۴ و ۵ ملاحظه می‌شود که در سطوح مختلف $Q_1^{(1)}$ سطح زیرکشت بهینه کل در برنامه‌ریزی فرا آرمانی از

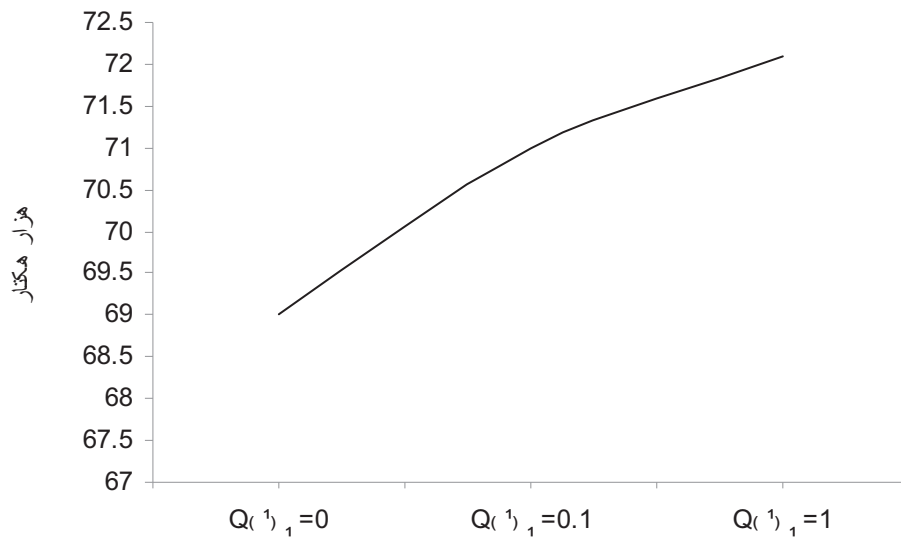
جدول ۴- نتایج مربوط به مدل برنامه‌ریزی فرا آرمانی

محصول	متغیر	الگوی برآوردی برنامه‌ریزی فرا آرمانی برای $Q_1^{(1)} = 0$	الگوی برآوردی برنامه‌ریزی فرا آرمانی برای $Q_1^{(1)} = 0.1$	الگوی برآوردی برنامه‌ریزی فرا آرمانی برای $Q_1^{(1)} = 1$
گندم	x_{11}	۳۷۵۱۱	۳۸۶۱۱	۴۲۸۰۲
جو	x_{21}	۱۷۳۵۱	۱۷۰۴۳	۱۷۱۵۳
ذرت دانه‌ای	x_{31}	۱۰۲۱	۱۳۰۶	۳۳۱۱
چغندر قند	x_{42}	-	-	-
پنبه	x_{52}	-	-	-
گوجه‌فرنگی	x_{62}	۵۸۲۱	۶۹۱۱	-
خیار	x_{72}	۷۳۱۲	۷۱۲۶	۸۸۲۶
کل سطح زیرکشت	A	۶۹۰۱۶	۷۰۹۹۷	۷۲۰۹۲

منبع: یافته‌های تحقیق



شکل ۱- سطح زیر کشت محصولات مورد مطالعه در سطوح مختلف $Q_1^{(1)}$



شکل ۲- سطح زیر کل در سطوح مختلف $Q_1^{(1)}$

منابع

- ۱- اسدپور ح،، خلیلیان ص. و پیکانی غ. ۱۳۸۴. نظریه و کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی آرمانی فازی در بهینه‌سازی الگوی کشت. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ویژه نامه بهره‌وری و کاربری، ۳۰۹: ۳۰۷-۳۳۸.
- ۲- چیدری ا. و قاسمی ع. ۱۳۷۸. کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی، فصلنامه علمی-پژوهشی اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۸: ۶۱-۷۶.

- ۳- چیدری ا. و کرامت زاده ع. ۱۳۸۵. تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با استفاده از مدل الگوی کشت بهینه تلفیق زراعت و باغداری مطالعه موردی سد بارزو شیروان. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۵۴: ۲۶-۳۶.
- ۴- چیدری ا.، شرزهای غ. و کرامت زاده ع. ۱۳۸۴. تعیین ارزش اقتصادی آب با رهیافت برنامه ریزی آرمانی (مطالعه موردی: سد بارزو شیروان). تحقیقات اقتصادی، ۷۱: ۳۹-۶۶.
- ۵- حبیبی م. ۱۳۸۸. روش های بهره برداری آب از منابع غیر متعارف: مطالعه موردی بررسی استفاده از آب های بازیافتی (پساب خانگی) تصفیه خانه نیشابور در دشت کشاورزی نیشابور، سایت شرکت آب و فاضلاب خراسان رضوی، www.en.abfakhorasan.ir
- ۶- دريجانی ع. و کوپاهی م. ۱۳۷۹. کاربرد تکنیک برنامه ریزی آرمانی قطعی و فازی در بهینه سازی تولیدات کشاورزی، مجموعه مقالات سومین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، ۱: ۶۹۹-۷۲۵.
- ۷- رستگاری پور ف. و صبحی م. ۱۳۸۸. تعیین الگوی بهینه کشت با استفاده از برنامه ریزی فازی خاکستری (مطالعه موردی شهرستان قوچان). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال سیزدهم، ۴۸: ۴۰۵-۴۱۳.
- 8- Caballero R., Rey L., and Ruiz F. 1996. Determination of satisfying and efficient solution in convex multi-objective programming optimization. *Journal of Operational Research*, 37:125-137.
- 9- Ignizio J.P. 1983. Generalized goal programming. *Journal of Computers and Operation Research*, 10:277-289.
- 10- Ignizio J.P., and Cavalier T. 1994. *Linear Programming*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, PP: 267-282.
- 11- Pal B.B., and Basu I. 1996. Selection of appropriate priority structure for optimal land allocation in agricultural planning through goal programming. *Journal of Agricultural Economics*, 51: 342- 354.
- 12- Pal B.B., and Moitra B.N. 2003. A goal programming procedure for fuzzy multiobjective linear fractional programming problem. *Journal of Fuzzy Sets and Systems*, 139: 395-405.
- 13- Romero C. 1991. *Handbook of Critical Issues in goal programming*. Pergamon Press, Oxford, pp: 45-87.
- 14- Tamiz M., Jones D.F., and Romero C. 1998. Goal programming for decision making: An overview of the current state-of-the-art. *Journal of Journal of Operational Research*, 111: 569-581.
- 15- Uria M.V.R., Caballero R., Ruiz F., and Romero C. 2002. Meta-goal programming. *Journal of European Journal of Operation Research*, 136: 422-429.