نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۱، ص. ۱۵۸-۱۵۰

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 26, No. 3, Fall 2012, p. 150-158

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

حسن سخدری[۱] - محمود صبوحی[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 تصمیم گیری‌هایی 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 زمانی۸۷-۸۶ 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.

واژه های کلیدی: برنامه‌ریزی فرا آرمانی، الگوی بهینه کشت، نیشابور

مقدمه

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 روش-هایی 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 برنامه-ریزی 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 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 دانسته ها 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 برمبنای اولویت، از انعطاف‌پذیری بیشتری در تصمیم گیری‌های 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

۱و۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: (Email: saboohi@uoz.ac.ir

3- Goal Programming
4- Meta-Goal Programming
5- Unwanted Deviation Variables

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 روش ها

تخصیص بهینه زمین‌های کشاورزی در یک منطقه یکی از مسائل بسیار اساسی در استفاده بهینه از منابع تولید کشاورزی است. در مطالعه حاضر از مدل برنامه‌ریزی فرا آرمانی برای تخصیص بهینه زمین‌های کشاورزی در سال زراعی ۸۷-۸۶ 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):

$$f_e(X)+n_e-p_e=r_e \qquad e=1,.....,q, \qquad (۱)$$
$$g_a(X)\le b_a \qquad a=1,.....,v,$$
$$x\in R^n.$$

جدول ۱- فهرست علائم مورد استفاده در مطالعه

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

1- The Maximum Percentage Weighted Deviation
2- Binary

در این مدل یک برنامه‌ریزی با q آرمان و v محدودیت سخت[1] 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 برنامه‌ریزی آرمانی این متغیرهای انحرافی نامطلوب توسط روش‌هایی مانند اولویتی[2]، وزنی و مینی ماکس[3] به حداقل ممکن کاهش می‌یابند. ترکیب این روش‌ها نیز می‌تواند برای رسیدن به جواب‌های بهینه مسئله برنامه‌ریزی آرمانی استفاده شود. هنگام استفاده از روش وزنی، تابع دستیابی[4] به حداقل انحرافات نامطلوب به صورت رابطه ۲ بیان می‌شود (۱۵).

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

که ω_e نشان‌دهنده‌ی وزن‌های ترجیحی برای آرمان e است. در رابطه ۲ تمام متغیرهای انحرافی به وسیله تقسیم آنها بر هدف متناظر با هر آرمان نرمال‌سازی می‌شوند. اگر هدف متناظر با این متغیرها صفر و یا منفی باشد این نرمال‌سازی از روش‌های دیگری مانند نرمال‌سازی اقلیدسی انجام می‌شود (۱). جواب‌های بهینه در روش وزنی از حداقل کردن مجموع مقادیر وزنی[5] متغیرهای انحرافی نامطلوب نرمال‌سازی شده بدست می‌آید. از طرف دیگر اگر روش مینی ماکس انتخاب شود، تابع دستیابی به حداقل انحرافات نامطلوب به صورت رابطه ۳ بیان می‌شود (۱۵):

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

جواب‌های بهینه برنامه‌ریزی آرمانی در رابطه ۳ از حداقل کردن حداکثر انحرافات وزنی متغیرهای نامطلوب نرمال‌سازی شده بدست می‌آید (۱۵).

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

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

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

فرا آرمان نوع اول

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

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

فرا آرمان نوع دوم

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

$$\max\left\{\omega_e\frac{n_e}{r_e}\right\}\le Q_2 \Leftrightarrow \left\{\begin{matrix}\omega_e\dfrac{n_e}{r_e}-D\le 0, & e=1,\ldots,q,\\ D\le Q_2\end{matrix}\right\} \qquad (۵)$$

در رابطه ۵، D حداکثر درصد انحرافات وزنی[6] می‌باشد.

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

فرا آرمان نوع سوم

مجموع مقادیر آرمان‌هایی که تأمین نشده‌اند[7] نباید از یک حد Q_3 بیشتر شوند (۱۵):

$$n_e-M_e y_e\le 0 \qquad e=1,\ldots,q,$$
$$\frac{\sum_{e=1}^{q}y_e}{q}\le Q_3, \qquad (۶)$$

که y_e متغیرهای دوتایی[8] و M_e یک عدد بزرگ اختیاری است که معمولاً برابر با هدف آرمان در نظرگرفته می‌شود. در نتیجه، ارزش $\sum_{e=1}^{q}y_e$ در جواب بهینه، تعداد آرمان‌هایی را که به هدف خود نرسیده‌اند، بیان می کند.

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

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

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

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

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

$$\omega_e \frac{n_e}{r_e} - D_l \le 0, \qquad e \in O_l^{(2)}, D_l \le Q_l^{(2)} \tag{۸}$$

$$\begin{cases} n_e - M_e y_e, & e \in O_r^{(3)} \\ \dfrac{\sum_{e \in O_r^{(3)}} y_e}{card(O_r^{(3)})} \le Q_r^{(3)}, & \\ y_e \in \{0,1\}, & e \in O_r^{(3)}, \end{cases} \tag{۹}$$

در مدل ۱۰ فرض می‌شود که مجموعه $k = 1,...,r1,$ فرا آرمان نوع اول، مجموعه $k = 1,...,r2,$ فرا آرمان نوع دوم و مجموعه $k = 1,...,r3,$ فرا آرمان نوع سوم برای تصمیم‌گیرندگان وجود دارد. مقادیر βها 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

در برخی موارد، محدودیت‌های ذکر شده برای فرا آرمان‌ها یک مجموعه‌ی امکان‌پذیر تهی[1] را تعریف می کنند 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):

$$\begin{aligned}
([GP]^2) \qquad & \min \quad \left\{ \beta_1^{(1)},...,\beta_{r1}^{(1)},\beta_1^{(2)},...,\beta_{r2}^{(2)},\beta_1^{(3)},...,\beta_{r3}^{(3)} \right\} \\
& s.t. \qquad f_e(X) + n_e - p_e = r_e, \qquad e = 1,...,q, \\
& g_a(X) \le b_a, \qquad a = 1,...,v, \\
& \sum_{e \in O_k^{(1)}} \omega_e \frac{n_e}{r_e} + \alpha_k^{(1)} - \beta_k^{(1)} = Q_k^{(1)}, \qquad k = 1,...,r1, \\
& \omega_e \frac{n_e}{r_e} - D \le 0, \qquad e \in O_l^{(2)}, \qquad l = 1,...,r2, \\
& D_l + \alpha_l^{(2)} - \beta_l^{(2)} = Q_l^{(2)}, \qquad l = 1,...,r2, \\
& n_e - M_e y_e \le 0, \qquad e \in O_r^{(3)}, \qquad r = 1,...,r3, \\
& \frac{\sum_{\in O_r^{(3)}} y_e}{card(O_r^{(3)})} + \alpha_r^{(3)} - \beta_r^{(3)} = Q_r^{(3)}, \qquad r = 1,...,r3, \\
& y_e \in \{0,1\}, \qquad e \in O_r^{(3)}, \qquad r = 1,...,r3, \\
& n_e, p_e \ge 0, \qquad e = 1,...,q \\
& x \in R^n, \\
& \alpha_k^{(1)},\beta_k^{(1)},\alpha_l^{(2)},\beta_l^{(2)},\alpha_r^{(3)},\beta_r^{(3)} \ge 0.
\end{aligned} \tag{۱۰}$$

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

$$G_1: \quad \sum_{s=1}^{S}\sum_{c=1}^{C} n_{cs}x_{cs} + n_1 - p_1 = N \tag{۱۱}$$

$$G_2: \quad \sum_{s=1}^{S}\sum_{c=1}^{C} l_{cs}x_{cs} + n_2 - p_2 = L \tag{۱۲}$$

$$G_3 - G_4: \quad \sum_{s=1}^{s}\sum_{c=1}^{C} w_{cs}x_{cs} + n_{3+s} - p_{3+s} = W_s \qquad \forall s = 1,2,...s \tag{۱۳}$$

رابطه ۱۱ مربوط به آرمان 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

1- Empty Feasible Set

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 نظرگرفته 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 آرمان های مربوط به آب پاییزه و بهاره در اولویت دوم در نظرگرفته می‌شوند.

جدول ۲- اهداف مربوط به آرمان‌های شهرستان نیشابور

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

با توجه به این اولویت‌بندی، جواب‌های بهینه مدل برنامه ریزی آرمانی با استفاده از روش ترتیبی[1] به صورت رابطه ۱۴ بدست می‌آید:

$$
\begin{aligned}
&lex \quad Min. \quad a=\left[\left(\frac{n_1}{501.10}+\frac{p_2}{3046.73}\right),\left(\frac{p_3}{414/96}+\frac{p_4}{212/04}\right)\right]\\
&s.t. \quad G_1 \quad G_4\\
&\sum_{s=1}^{s}\sum_{c=1}^{c} c_{cs}x_{cs}\le C\\
&\sum_{s=1}^{s}\sum_{c=1}^{c} m_{cs}x_{cs}\le M \qquad (۱۴)\\
&\sum_{s=1}^{s}\sum_{c=1}^{c} f_{ct}x_{cs}\le F_t\\
&\sum_{c=1}^{c} x_{cs}\le A\\
&x_{cs}\ge 0, \quad n_i, p_i\ge 0, \quad i=1,...,6.
\end{aligned}
$$

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

بنابراین، با توجه به اولویت‌بندی مذکور و همچنین مدل ۱۰، مدل برنامه‌ریزی فرا آرمانی مربوط به شهرستان نیشابور به صورت رابطه ۱۵ است:

1- Sequential Method

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

در مدل فرا آرمانی ۱۵، ($a1$) فـرا آرمـان نـوع اول اسـت کـه در اولویت اول با وزن یک قرار دارد. ($a2$) فرا آرمان نوع سوم است کـه در اولویت دوم با وزن ۲ قرار دارد. b فرا آرمان نوع اول است کـه در اولویت دوم با وزن یک قرار دارد. c فرا آرمان نوع دوم اسـت کـه در اولویت دوم با وزن یک قرار دارد. جواب‌های بهینه‌ی مدل فرا آرمـانی ۱۵ را می‌توان با استفاده از روش ترتیبی کـه توسـط ایجنـزو و کـاولر (۱۰) مطرح شد، بدست آورد. $Q_1^{(1)}$ و $Q_2^{(1)}$ به ترتیب مربـوط بـه حـد انحراف از مجموع مقادیر متغیرهای انحرافی نـامطلوب نرمـال‌سـازی شده(حـد انحـراف از فـرا آرمـان نـوع اول) بـرای اولویـت اول و دوم مـی‌باشـد. $Q_1^{(2)}$ مربـوط بـه حـد انحـراف از حـداکثر مقـادیر وزنـی متغیرهای انحرافی نرمال‌سازی شده (حد انحـراف از فـرا آرمـان نـوع دوم) است و $Q_1^{(3)}$ مربوط به حد انحراف از مجموع مقادیر آرمان‌هایی است که تأمین نشدند (حد انحراف از فرا آرمان نوع سوم).

نتایج و بحث

محصولات مورد مطالعه در مدل‌های برنامه‌ریـزی آرمـانی و فـرا آرمانی برای تعیین الگوی بهینه کشت شامل گندم، جو، ذرت دانـه‌ای، گوجـه‌فرنگـی، پنبـه، چغندرقنـد و خیـارآبی اسـت. عـلاوه بـر ایـن محصولات، محصولات دیگری در این منطقه کشت می‌شود اما سطح زیرکشت وسیع و سازگار بودن این محصولات با اقلیم منطقه نیـشابور دلیل انتخاب آنها بود. جدول شماره ۳ نتایج مربـوط بـه بـرآورد مـدل برنامه‌ریزی آرمانی و همچنین سطح زیرکشت فعلی محصولات مـورد مطالعه را نشان می‌دهد. ملاحظه مـی‌شـود کـه میـزان کـشت فعلـی محصولات مورد مطالعه برابر با ۷۱۸۹۳ هکتار است و پـس از بـرآورد

الگوی کشت برنامه‌ریزی آرمانی این مقدار به ۶۷۸۲۶ کاهش می‌یابد. همچنین سه محصول ذرت دانه‌ای، چغندرقند 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 $Q_1^{(1)}=.1$) 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 ۰/۱ 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 ذرت‌دانه‌ای می‌باشد. همچنان که مشاهده می‌شود سطح زیرکشت محصولات چغندرقند 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 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).

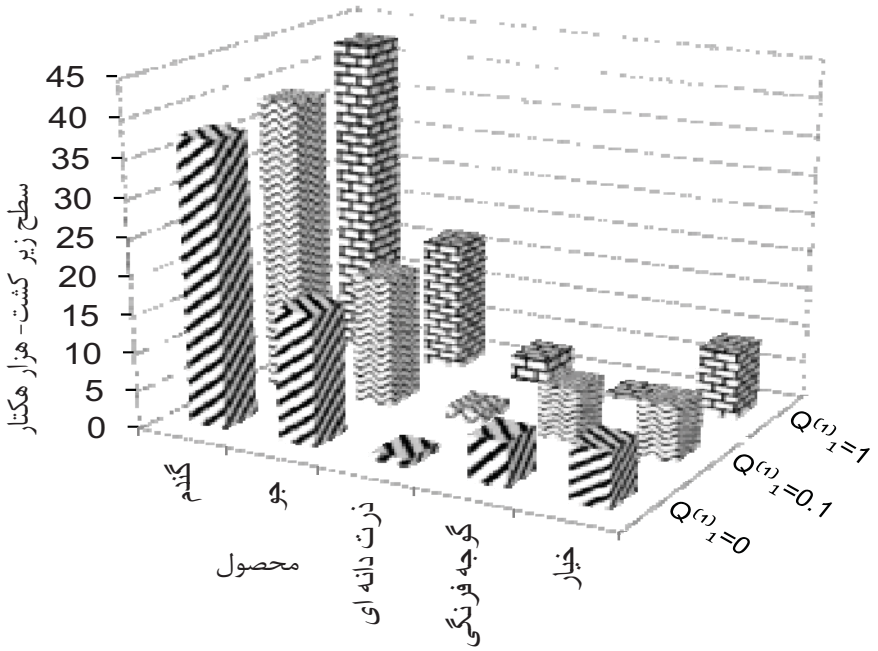
نتیجه‌گیری

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 چغندرقند و پنبه جلوگیری شود.

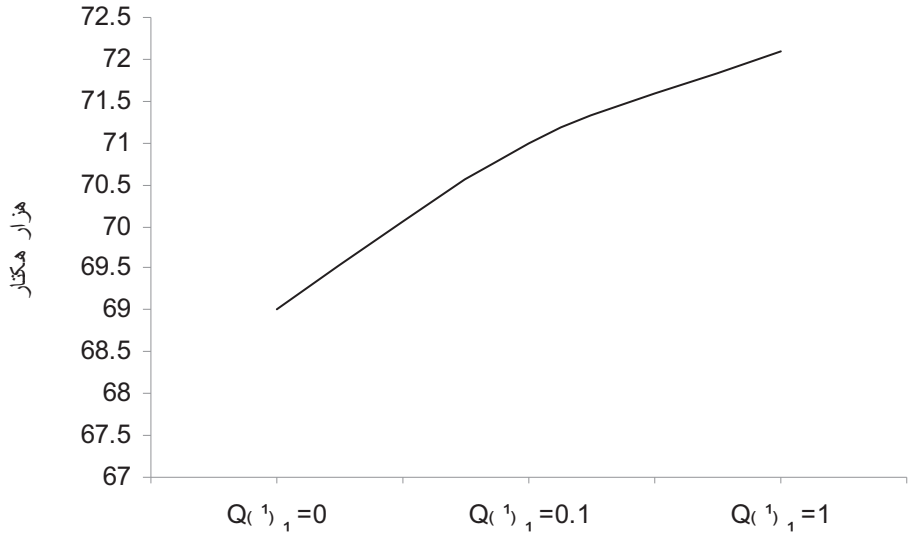
جدول ٤- نتایج مربوط به مدل برنامه ریزی فرا آرمانی

محصول	متغیر	الگوی برآوردی برنامه‌ریزی فرا آرمانی برای $Q_1^{(1)}=0$	الگوی برآوردی برنامه‌ریزی فرا آرمانی برای $Q_1^{(1)}=.1$	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 زیرکشت 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- چیذری 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- چیذری 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. اقتصادکشاورزی و توسعه، ۵۴: ۲۶-۳۶.

۴- چیذری ا.، شرزه‌ای غ. و کرامت‌زاده ع. ۱۳۸۴. تعیین ارزش اقتصادی آب با رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی (مطالعه موردی: سد بارزو شیروان). تحقیقات اقتصادی، ۷۱: ۳۹-۶۶.

۵- حبیبی م. ۱۳۸۸. روش‌های بهره‌برداری آب از منابع غیر متعارف: مطالعه موردی بررسی استفاده از آب‌های بازیافتی (پساب خانگی) تصفیه خانه نیشابور در دشت کشاورزی نیشابور، سایت شرکت آب و فاضلاب خراسان رضوی، www.en.abfakhorasan.ir

۶- دریجانی ع. و کوپاهی م. ۱۳۷۹. کاربرد تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی قطعی و فازی در بهینه سازی تولیدات کشاورزی، مجموعه مقالات سومین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، ۱: ۶۹۹-۷۲۵.

۷- رستگاری پور ف. و صبوحی م. ۱۳۸۸. تعیین الگوی بهینه کشت با استفاده از برنامه‌ریزی 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.