Archive of SID
DOI: 10.22059/ijbse.2017.124419.664607 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۴۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷ (ص ۱۵۹-۱۴۹)

انتخاب اندازه بهینه گله از نظر مصرف انرژی به کمک روش برنامه ریزی خطی فازی در مزارع پرورش گاو شیری استان تهران

پریا سفیدپری[۱]، شاهین رفیعی[۲*]، محمد شریفی[۳]، اسداله اکرم[۴]

۱. دانشجوی دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

۲. استاد، گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.

۳. استادیار، گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

۴. دانشیار، گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۹ – تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۶/۵ – تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۸/۱۶)

چکیده

در مطالعه حاضر مدل برنامه‌ریزی خطی فازی با ضرایب سمت راست فازی در واحدهای پرورش گاو شیری در استان تهران با هدف دستیابی به استراتژی بهینه‌سازی در مصرف انرژی و تعیین اندازه مناسب گله ارائه شده است. براساس نتایج مدل طراحی شده با هدف بیشینه‌سازی شاخص بهره خالص انرژی (NEG) و حداقل‌سازی شاخص شدت انرژی (EI)، بهترین اندازه گله در سه گروه از نظر جمعیت گله (۱۰۰> رأس گاو، بین۱۰۰-۱۵۰ رأس گاو و ۱۵۰< رأس گاو) به ترتیب برابر ۷۳، ۱۴۲ و ۱۸۸ به‌دست آمد. جهت مقابله با مسأله عدم قطعیت در داده‌های کشاورزی، برنامه‌ریزی خطی با رویکرد منطق فازی جهت بهینه‌سازی در نظر گرفته شد. براساس نتایج و مقایسه آن با روش برنامه‌ریزی خطی، می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که روش برنامه‌ریزی خطی فازی به دلیل لحاظ نمودن شرایط عدم قطعیت در مدل از انعطاف و قابلیت اطمینان بیشتری برخوردار بوده و به همین دلیل می‌توان از این روش در حل بسیاری از مسائل برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی انرژی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: گاو شیری، برنامه‌ریزی خطی فازی، انرژی مصرفی، بهینه‌سازی

مقدمه

آرزوی انسان برای رسیدن به کمال مبین تئوری بهینه‌سازی است. انسان می‌خواهد بهترین را تجسم و توصیف کرده و به آن دست یابد (Beightler *et al*., 1979). اما از آنجایی که می‌داند نمی‌تواند تمام شرایط حاکم بر بهترین را به خوبی شناسایی و تعریف نماید در بیشتر موارد به جای جواب بهترین یا بهینه مطلق، به یک جواب رضایت‌بخش بسنده می‌کند (Warner, 1996). بهینه‌سازی را می‌توان به دنبال بهبود عملکرد در رسیدن به نقطه یا نقاط بهینه دانست.

تحلیل الگوی مصرف انرژی از ضرورت‌های مهم در بررسی پروژه‌های کشاورزی هستند. با تحلیل الگوی مصرف انرژی می‌توان با ارائه راهکارهایی جهت مصرف بهینه انرژی، از اتلاف بیش از حد آن جلوگیری کرده و در جهت بهبود وضعیت موجود و افزایش سودآوری حرکت نمود. تاکنون مطالعاتی در زمینه الگوی مصرف انرژی در واحدهای پرورش گاو شیری انجام شده است (Meul, *et al*., 2007; Kraatz, *et al*., 2009a & b; Kraatz, 2012; Moitzi, 2010)؛ اما هیچ یک به بهینه‌سازی مصرف انرژی در این واحدها با استفاده از فنون بهینه‌سازی نپرداخته‌اند. در زمینه بهینه‌سازی منابع تولید با استفاده از مدل‌های تجزیه و تحلیل ریاضی نیز تحقیقاتی صورت گرفته است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد. در پژوهشی از روش دلفی در برنامه‌ریزی خطی (LP) استفاده شد تا بدین منظور گزینه‌های منابع انرژی تجدیدپذیر قابل بهره‌برداری برای کشور هند را تعیین کنند. در این مطالعه یک مدل برنامه‌ریزی خطی جهت اختصاص بهینه منابع تجدیدپذیر انرژی به مصارف گوناگون نظیر روشنایی، پخت‌وپز، پمپاژ، سامانه‌های گرمایش و سرمایش و حمل‌ونقل طراحی شد (Iniyana, and K, Sumathy, 2003). در سال ۲۰۰۵ مطالعه موردی بر روی تعیین چرخه حیات با بهره‌گیری از روش برنامه‌ریزی خطی فازی (FLP) که از مطالعه زیمرمن بهره گرفته شده بود، ارائه شد. در نتیجه این تحقیق، این روش از نظر عملکرد در یافتن یک جواب بهینه برای حل مسایل فنی و اقتصادی مناسب پیشنهاد گردید (Tan,

* نویسنده مسئول : shahinrafiee@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

2005; Zimmermann, 1992). بکارگیری برنامه‌ریزی خطی فازی در اختصاص بهینه منابع انرژی (الکتریسیته) مطالعه‌ی دیگری بود که توسط جباراج و همکاران انجام شد. در این تحقیق، هدف کمینه کردن هزینه‌ها جهت اختصاص بهینه منابع انرژی مختلف در تولید الکتریسیته در هند است. محدودیت‌های مدل شامل کارایی، کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای، آلایندگی، تقاضا، پتانسیل، هزینه و ... بود (Jebaraj *et al.*, 2008). صادقی و میرشجاعیان حسینی از برنامه‌ریزی خطی فازی جهت برنامه-ریزی تأمین انرژی در ایران استفاده کردند. برنامه‌ریزی خطی فازی روشی مناسب جهت سیاست‌گذاری در بخش انرژی معرفی شد؛ چراکه قابلیت فازی بودن از مزایای این روش محسوب می-شود. در این مطالعه از ضرایب فازی در تابع هدف استفاده شد (Sadeghi and Mirshojaeian Hosseini, 2006).

وجود مشکلات متعدد در بخش دامپروری از منظر انرژی مصرفی مسأله‌ای است که تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در خصوص آن انجام نگرفته است؛ در حالی‌که مصرف انرژی و عدم استفاده از الگوی بهینه مصرف آن منشأ بسیاری از این مشکلات می‌باشد که با بررسی وضعیت موجود و سپس تحلیل الگوی مصرف انرژی و ارائه راهکارهای بهینه‌سازی مصرف می‌توان از اتلاف بیش از حد آن جلوگیری کرده و در انتها در جهت بهبود وضعیت در آینده گامی مؤثر برداشت. در این راستا در مطالعه حاضر به استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی فازی در بهینه‌سازی اندازه گله در واحدهای دامپروری گاو شیری و مقایسه آن با روش برنامه‌ریزی خطی قطعی پرداخته می‌شود. با مبنا در نظر گرفتن رفتار دامداری‌های مورد مطالعه از نظر مصرف نهاده‌ها، جمعیت گله بهینه براساس شرایط موجود در منطقه برآورد گردید. این تحقیق با این سوال انجام گرفت که آیا با فرض ثابت بودن منابع فعلی، جمعیت گله‌ها بهینه است؟ کدام واحدها امکان افزایش جمعیت گله و در مقابل کدام واحدها بیش از ظرفیت موجود دام پرورش می‌دهند؟

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و برآورد انرژی مصرفی

گسترده بودن جامعه آماری مورد مطالعه در این تحقیق لزوم استفاده از روش نمونه‌برداری را محقق کرد. در این مطالعه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. نتایج این روش نمونه‌گیری با رعایت اصول نمونه‌گیری قابل اعتماد و قابل تعمیم به کل جامعه است. دلیل دیگر جهت انتخاب این روش نمونه‌گیری، هماهنگی و تطابق آن با روش اتخاذ شده توسط مرکز آمار ایران و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی در آمارگیری کشور است. در این روش نمونه‌گیری، احتمال انتخاب در هر مرحله برای کلیه واحدهای جامعه یکسان است. برای تعیین حجم نمونه از فرمول آماری پیشنهاد شده توسط کوکران استفاده شد. کوکران برای محاسبه تعداد نمونه لازم در روش نمونه‌گیری تصادفی، رابطه (۱) را ارائه کرده است (Snedecor and Cochran, 1989):

$$n = \frac{Nt^2S^2}{Nd^2 + t^2S^2} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

که در آن N، اندازه جامعه آماری یا تعداد دامداران تولید-کننده در منطقه مورد مطالعه، t ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t-استیودنت به‌دست می‌آید. S^2 برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه، d دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و n حجم نمونه است. برای تخمین انحراف معیار جامعه یک نمونه اولیه از ۲۵ واحد به طور تصادفی انتخاب شد. سپس شاخص شدت انرژی به عنوان یکی از پارامترهای مهم مورد بررسی در این تحقیق انتخاب شده و انحراف معیار آن به‌دست آمد؛ بنابراین اندازه نمونه مورد نیاز برای تعداد کل ۱۲۰ بهره‌بردار در منطقه مورد مطالعه ۴۸ واحد برآورد گردید که برای اطمینان بیشتر تعداد ۵۰ پرسشنامه به صورت حضوری تکمیل شد.

مطالعه حاضر با هدف بهینه‌سازی وضعیت موجود در مصرف انرژی در واحدهای پرورش گاو شیری و ارائه راهکارهای مصرف بهینه آن با انتخاب بهینه اندازه گله صورت گرفت. لازم به توضیح است در واحدهای مذکور گاو با نژاد هلشتاین، متوسط تعداد دام ۱۴۲ رأس در گله و متوسط عملکرد شیر هر رأس ۸/۱ تن در سال به صورت نیمه صنعتی نگهداری می‌شود.

نهاده‌های مورد استفاده در تولید شیر در مناطق موردنظر شامل نیروی انسانی، ماشین‌ها و تأسیسات (تراکتور، آسیاب، میکسر و ...)، سوخت، الکتریسیته و خوراک دام می‌باشد. ستانده در سامانه مورد مطالعه، شیر و کود تولیدی در نظر گرفته شد که شیر محصول اصلی این واحدها می‌باشد. در خصوص نهاده-های نیروی انسانی، سوخت فسیلی، الکتریسیته و خوراک دام، با مشخص بودن میزان مصرف نهاده و معین بودن میزان انرژی مصرفی هر واحد، میزان انرژی این نهاده‌ها از ضرب کردن مقدار مصرف نهاده‌های مذکور در معادل انرژی محاسبه می‌شود. به-طوری کلی می‌توان چنین بیان کرد (رابطه ۲):

$$E_{input} = I_{consumption} \times ec_{input} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

که در آن، E_{input} انرژی معادل نهاده‌های مصرفی برحسب مگاژول، $I_{consumption}$ میزان نهاده مصرفی (نیروی انسانی، سوخت

www.SID.ir

Archive of SID

فسیلی، الکتریسیته و خوراک دام) برحسب واحد آن و ec_{input} محتوای انرژی نهاده برحسب مگاژول بر واحد می‌باشد. معادل انرژی انواع نهاده‌های مورد استفاده از مرور منابع استخراج و در جدول ۲ آمده است. به منظور محاسبه انرژی ماشین‌های کشاورزی از رابطه (۳) استفاده شد (Sefeedpari *et al.*, 2014).

$$ME = \frac{G \times M_p \times t}{T} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

که در این رابطه، ME انرژی ماشین و تجهیزات در واحد هر رأس گاو (مگاژول/رأس گاو)، G وزن ماشین و تجهیزات (کیلوگرم)، t مجموع ساعات کار ماشینی به ازای هر رأس (ساعت)، T عمر مفید ماشین (ساعت) و M_p محتوای انرژی کار ماشینی (مگاژول/کیلوگرم) می‌باشد. انرژی در نظر گرفته شده برای ماشین‌ها و تجهیزات دامپروری با توجه به ضرایب انرژی در جدول ۲ محاسبه گردید.

همچنین جهت اطمینان از محتوای انرژی شیر براساس آنچه در منابع آمده است، از روش‌های تحلیل و تبدیل فاکتورها برای بدست آوردن محتوای انرژی شیر استفاده شد (FAO, 2003). محتوای انرژی مربوط به کربوهیدرات، پروتئین و چربی در شیر، در جدول ۱ آمده است. با حاصل‌ضرب محتوای انرژی مربوط به هر یک از مواد غذایی در درصد هر یک از این مواد در ستانده‌ها که با آزمایش نمونه شیر محاسبه شد، مجموع انرژی-های حاصل، نمایانگر انرژی هرکیلوگرم از ستانده‌های شیر گاو خواهد بود. لازم به توضیح است در این مطالعه برای واحدهای گاوداری کلیه محاسبات بر حسب مگاژول برای یک رأس گاو محاسبه شده است و محاسبات مربوط به یک دوره شیردهی (۳۰۵ روز) و خشکی (۶۰ روز) می‌باشد.

جدول ۱. محتوای انرژی و درصد ترکیبات شیر (FAO, 2003)

		کربوهیدرات	پروتئین	چربی
محتوای انرژی	(مگاژول/کیلوگرم)	۱۶/۲	۱۷/۹	۳۶/۸
میزان موجود در شیر	٪	۴/۶	۳/۳	۳/۹

جدول ۲. محتوای انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید شیر

عنوان	واحد	محتوای انرژی (MJ/Unit)	مراجع
نهاده‌ها			
نیروی انسانی	h	۱/۹۶	(Kitani,1999)
تراکتور و تجهیزات خودگردان	kg. a*	۹-۱۰	(Kitani,1999)
تجهیزات ثابت	kg. a	۸-۱۰	(Kitani,1999)
سایر ادوات و ماشین‌ها	kg. a	۶-۸	(Kitani,1999)
فولاد	kg	۶۲/۷	(Chauhan *et al*., 2006)
آهن سفید	kg	۳۸	(Lawson *et al*., 1996)
پلی اتیلن	kg	۴۶/۳	(Kittle, 1993)
موتور الکتریکی	kg	۶۴/۸	(Chauhan *et al*., 2006)
گازوییل	L	۴۷/۸	(Kitani,1999)
بنزین	L	۴۶/۳	(Kitani,1999)
نفت	L	۳۶/۷	(Kitani,1999)
گاز طبیعی	m^3	۴۹/۵	(Kitani,1999)
الکتریسیته	kWh	۱۱/۹۳	(Ozkan, 2004)
کنسانتره	kg	۶/۳	(Meul *et al*., 2007)
سیلو	kg	۲/۲	(Wells, 2001)
یونجه	kg	۱/۵	(Sainz, 2003)
ستانده‌ها			
شیر	kg	۷/۱۴	(Coley *et al*., 1998)
کود گاوی	kg	۰/۳۰	(Singh, and Mittal, 1992)

*a: عمر مفید ماشین (سال)

www.SID.ir

Archive of SID

جهت محاسبه انرژی ورودی و خروجی معادل هر یک از نهاده‌ها و ستانده‌ها، میزان مصرف هر یک از آن‌ها در ضریب انرژی ویژه آن نهاده یا ستانده ضرب شد. با محاسبه مجموع انرژی ورودی نهاده‌ها و احتساب عملکرد شیر در سامانه می‌توان شاخص بهره خالص انرژی (Net Energy Gain) و شدت انرژی (Energy Intensity) را به شرح زیر (رابطه ۴ و ۵) محاسبه نمود (Moore, 2010). شاخص‌های مذکور به ترتیب میزان اختلاف انرژی خروجی و ورودی و انرژی مصرفی را به ازای تولید هر لیتر شیر به خوبی نمایش می‌دهد (Sefeedpari *et al.*, 2015;).

(رابطه ۴) بهره خالص انرژی(مگاژول/ رأس)= انرژی خروجی (مگاژول/رأس) - انرژی ورودی (مگاژول/رأس)

(رابطه ۵) شدت انرژی (مگاژول/لیتر شیر)= انرژی ورودی (مگاژول/رأس) / عملکرد شیر (لیتر/رأس)

مدل برنامه‌ریزی خطی

بهینه‌یابی عبارت است از یافتن یک یا چند جواب موجه که مربوط به مقادیر بحرانی یک یا چند تابع هدف باشند. هنگامی‌که مسأله بهینه‌یابی تنها شامل یک تابع هدف باشد، عمل یافتن جواب بهینه، بهینه‌یابی تک‌هدفه نامیده می‌شود (Rezaei & Davoodi Monfared, 2007). از آن‌جایی‌که کلیه روابط ریاضی این مدل از نوع درجه یک می‌باشند، مدل خطی نامیده می‌شود. این روش با بهینه کردن (حداکثر یا حداقل کردن) متغیر وابسته‌ای که به صورت خطی با مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل مرتبط می‌شود و با در نظر گرفتن تعدادی محدودیت خطی تشکیل‌یافته از متغیرهای مستقل در ارتباط است. هر مدل برنامه‌ریزی خطی از سه قسمت تشکیل یافته شده است (Mehregan, 2007). شکل کلی یک مدل برنامه‌ریزی خطی را می‌توان به صورت زیر نوشت (رابطه ۶) (Koorepazan Dezfuli, 2008):

(رابطه ۶)

$$max\ (or\ \ min) \qquad z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$$

$$s.t.:$$

$$\sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij} x_j \le b_i$$

$$x_j \ge 0$$

به‌طوری‌که z تابع هدف، c_j ضرایب تابع هدف، a_{ij} ضرایب محدودیت‌ها، b_i مقادیر ثابت سمت راست محدودیت‌ها و x_j متغیرهای تصمیم مورد بررسی مدل می‌باشند. تعداد متغیرها برابر n و تعداد محدودیت‌ها برابر m می‌باشد یعنی $j=1,...,n$ و $i=1,...,m$. مجموعه بردارهای $X=[x_{ij}]$ که قیدهای مسأله را ارضا کنند، مجموعه جواب‌های امکان‌پذیر نامیده می‌شوند.

همان‌گونه که قبلاً نیز اشاره شد طیف گسترده‌ای از مسایل بهینه‌سازی را می‌توان به کمک برنامه‌ریزی خطی حل نمود؛ اما با این حال در بسیاری از مسایل عملی به خاطر طبیعت سامانه مورد بررسی، عملاً نمی‌توان ضرایب و متغیرهای تابع هدف و محدودیت‌ها را به صورت اعداد صریح، قطعی و دقیق در نظر گرفت. بنابراین استفاده از یک نوع برنامه‌ریزی خطی فازی ضروری به نظر می‌رسد. در حقیقت در برنامه ریزی خطی مرسوم عموماً ضرایب مساله تصمیم‌گیری توسط افراد خبره با مقادیر دقیق تعیین می‌شوند، ولی در محیط‌های فازی، فرض وجود اطلاعات دقیق توسط افراد خبره دور از واقعیت است. بدین ترتیب، طرح مدل سازی فازی در مسایل تصمیم گیری واقعی با داده های نادقیق، منطقی و مناسب به نظرمی رسد.

مفاهیم منطق فازی

پس از معرفی منطق فازی در دهه هفتاد توسط لطفی‌زاده، دانشمند ایرانی تبار و استاد دانشگاه برکلی امریکا و کاربردهای موفقیت آمیز آن، به کارگیری این نظریه در سایر زمینه‌ها همچون شبیه‌سازی، هوش مصنوعی، مدیریت، تحقیق در عملیات و... گسترش فراوان یافته است. در ادامه به معرفی برخی از مهم‌ترین مفاهیم منطق فازی می‌پردازیم.

تعریف ۱- مجموعه فازی

اگر X مجموعه مرجعی باشد که هر عضو آن را با x نمایش دهیم مجموعه فازی $\tilde{A}$ در X به وسیله زوج‌های مرتبی به صورت رابطه (۷) بیان می‌شود (Zahedi, 1999).

$$\tilde{A} = \left\{ \left(x, \mu_{\tilde{A}}(x) \right) \middle| x \in X \right\} \qquad \text{(رابطه ۷)}$$

$\mu_{\tilde{A}}(x)$ تابع عضویت و یا درجه عضویت می‌باشد که میزان تعلق x به مجموعه فازی $\tilde{A}$ را نشان می‌دهد و برد این تابع اعداد حقیقی غیرمنفی می‌باشد که یک مقدار بیشینه برای آن در نظر می‌گیریم و به صورت فاصله بسته [۰،۱] در نظر گرفته می‌شود (Zahedi, 1999).

تعریف۲- تابع عضویت

نحوه ایجاد مجموعه‌های فازی و تعریف تابع عضویت آن‌ها بستگی به زمینه و دامنه کاربری آن‌ها دارد. تعریف تابع عضویت مناسب بسیار مهم است؛ زیرا اگر تابع عضویت تعریف شده برای مجموعه‌های فازی مناسب نباشد کلیه تحلیل و بررسی‌های پس

www.SID.ir

Archive of SID

از آن دچار انحراف می‌شود. انواع تابع عضویت شامل تابع عضویت مثلثی، ذوزنقه‌ای، گوسی و زنگوله‌ای می‌باشد که در ادامه به معرفی تابع عضویت تعریف‌شده برای این تحقیق پرداخته شده است.

مدل برنامه‌ریزی خطی فازی

در سامانه‌های پیچیده‌ای که درک آن‌ها مشکل می‌باشد و یا مسائلی که وابسته به استدلال، تصمیم‌گیری و استنباط بشری هستند، منطق فازی به‌عنوان ابزاری مؤثر به‌شمار می‌رود (Koorepazan Dezfuli, 2008). در بسیاری از مسایل واقعی که به وسیله مدل‌های برنامه‌ریزی خطی فرموله می‌شوند ممکن است نوعی عدم قطعیت در برخی پارامترهای مدل موجود باشد و این ابهام می‌تواند از نوع احتمالی نباشد یا صریحاً پارامترهای مدل با اعداد فازی بیان شود. کاربرد فازی در برنامه ریزی ریاضی دارای تاریخچه نسبتاً طولانی است (Tanaka *et al.*, 1974). نخستین فرمول‌بندی مساله برنامه ریزی خطی فازی توسط (Zimmermann, 1992) مطرح شد. بعد از آن مدل‌ها و روش‌های متعددی پیشنهاد شد. یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای حل این مسایل فرموله کردن مسأله با فازی در نظر گرفتن پارامترهای مدل، ساختار محدودیت‌ها و تابع هدف است. سپس با استفاده از عملیات مجموعه‌های فازی و خواص آن مدل فازی به یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی قطعی تبدیل می‌شود که با حل آن می‌توان به جواب مدل فازی رسید. در برنامه‌ریزی خطی فازی، با در نظر گرفتن اعداد فازی برای پارامترهای مدل، ساختار فازی ایجاد و رویکرد حل ارایه می‌شود (Zahedi, 1999). معمول‌ترین شکل یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی برای یک مسأله حداکثرسازی به صورت زیر است (رابطه ۸):

(رابطه ۸)

$$max \sum_{j=1}^{n} \tilde{C}_j \tilde{X}_j$$

s.t. :

$$\sum_{j=1}^{n} \tilde{A}_{ij} \tilde{X}_j \le \tilde{B}_i, \qquad (i \in N_m)$$

$$\tilde{X}_j \ge 0, \qquad (j \in N_n)$$

که در آن $\tilde{A}_{ij}$، $\tilde{B}_{ij}$، $\tilde{C}_{ij}$ اعداد فازی و $\tilde{X}_j$ ها متغیرهای فازی می‌باشند. در روابط فوق عملگرهای جمع و ضرب، عملگرهای فازی و علامت "$\le$" رتبه‌بندی اعداد فازی است (Koorepazan Dezfuli, 2008). مواردی که می‌توان مدل برنامه‌ریزی خطی را در حالت فازی توسعه داد عبارتند از:

حداکثر یا حداقل کردن تابع هدف به طور قطعی مطرح نشود بلکه بهینه کردن تابع هدف به طور تقریبی در نظر گرفته شود.

محدودیت‌های مدل می‌توانند در حالت فازی مطرح شوند. علامت $\le$ با معنی قطعی مطرح نشود بلکه به صورت تقریبی بیان می‌شود $\tilde{\le}$.

ضرایب مدل نیز می‌توانند اعداد فازی شوند.

در نتیجه یک مدل برنامه‌ریزی خطی یک مدل یگانه و مشخص نیست بلکه به شرایط واقعی و فرضیاتی که برای مدل کردن در نظر گرفته می‌شود بستگی دارد و مدل برنامه ریزی خطی فازی بدست می‌آید.

روند کلی حل مسایل برنامه‌ریزی خطی فازی به این صورت است که ابتدا آن‌ها را به مدل خطی یا غیرخطی کلاسیک تبدیل و سپس از روش‌های استاندارد موجود مانند روش سیمپلکس برای حل آن‌ها استفاده می‌کنند. برای حل مسایل برنامه‌ریزی خطی فازی الگوریتم‌های زیادی توسط محققین مختلف ارائه گردیده است که در ادامه به ذکر مرسوم‌ترین روش آن که براساس اصل پیشنهادی بلمن-زاده استوار است، پرداخته شده است (Bellman, and Zadeh, 1970).

مدل برنامه‌ریزی خطی با ضرایب سمت راست فازی

مدل برنامه‌ریزی خطی فازی در حالی که فقط مقادیر سمت راست محدودیت‌ها ($\tilde{B}_i$) اعداد فازی هستند، به صورت رابطه (۹) است:

(رابطه ۹)

$$max \sum_{j=1}^{n} C_j X_j$$

s.t. :

$$\sum_{j=1}^{n} A_{ij} X_j \le \tilde{B}_i, \qquad i = 1,2,...,m$$

$$X_j \ge 0 \qquad \forall j$$

همانطور که اشاره گردید، در حالت کلی، یک مسأله برنامه‌ریزی خطی فازی ابتدا می‌بایست به یک مسأله قطعی تبدیل شود و سپس با روش‌های استاندارد حل شده و جواب بهینه آن به‌دست آید. در نتیجه جواب نهایی مسأله قطعی خواهد بود که با توجه به ساختار فازی مسأله به دست آمده است. حال جهت تبدیل مدل برنامه‌ریزی خطی فازی به مدل قطعی فرض کنید تابع عضویت اعداد فازی سمت راست محدودیت‌ها به فرم رابطه (۱۰) باشد:

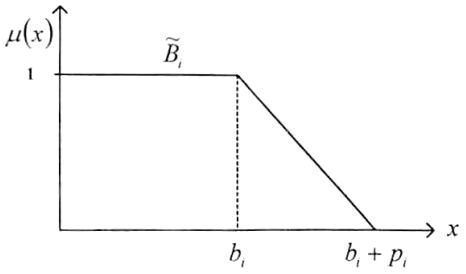
(رابطه ۱۰)

$$\mu_{\tilde{b}_i}(x) = \begin{cases} 1 & x \le b_i \\ \dfrac{b_i + p_i - x}{p_i} & b_i \le x \le b_i + p_i \\ 0 & b_i + p_i \le x \end{cases}$$

www.SID.ir

Archive of SID

که تابع عضویت آن مطابق شکل ۱ است:



شکل ۱. تابع عضویت اعداد فازی سمت راست محدودیت‌ها

برای هر بردار X ($X=(x_1,x_2,...,x_n)$)، ابتدا درجه عضویت $D_i(X)$ که بیانگر درجه عضویت تأمین محدودیت i توسط بردار X است، طبق رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود:

$$D_i(x) = \mu_{b_i}(\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j) \qquad \text{(رابطه ۱۱)}$$

هر $D_i(x)$ تشکیل یک مجموعه فازی در R^n می‌دهد که اشتراک آن‌ها $\bigcap_{i=1}^{m} D_i$ منطقه موجه یا فضای جواب مسأله است. به دلیل آن‌که فضای جواب مسأله فازی است، تابع هدف را بایستی بدست آوریم. این کار با محاسبه حد پایین و حد بالا برای مقدار تابع هدف انجام می‌شود. حد پایین مقدار تابع هدف (Z_l) با حل مسأله برنامه‌ریزی خطی رابطه (۱۲) به دست می‌آید:

(رابطه ۱۲)

$$\max \quad Z = CX$$
$$s.t.:$$
$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \geq b_i$$
$$x_j \geq 0$$

و حد بالای مقدار تابع هدف (Z_u) به وسیله حل مسأله برنامه ریزی خطی رابطه (۱۳) به‌دست خواهد آمد:

(رابطه ۱۳)

$$\max \quad Z = CX$$
$$s.t.:$$
$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \leq b_i + p_i$$
$$x_j \geq 0$$

تابع عضویت مجموعه فازی مقادیر تابع هدف ($G(x)$) به صورت رابطه (۱۴) تعریف می‌شود:

(رابطه ۱۴)

$$\mu_{G(x)} = \begin{cases} 1 & CX \leq Z_u \\ \dfrac{CX - Z_i}{Z_u - Z_l} & Z_l \leq CX \leq Z_u \\ 0 & CX \leq Z_l \end{cases}$$

حال جواب بهینه مسأله، با اشتراک تابع هدف و منطقه موجه و حداکثر کردن آن به‌دست می‌آید. برای اشتراک مجموعه‌های فازی تابع هدف و منطقه موجه از عملگر حداقل استفاده می‌شود. در نتیجه داریم (رابطه ۱۵):

$$\max \ \min \left[\bigcap_{i=1}^{m} D_i(x), G(X)\right] \qquad \text{(رابطه ۱۵)}$$

با تغییر متغیر $\lambda = \max \ \min \left[\bigcap_{i=1}^{m} D_i(x), G(X)\right]$، خواهیم داشت (رابطه ۱۶):

(رابطه ۱۶)

$$max \ \lambda$$
$$s.t.:$$
$$\lambda = min\,(G(x), D_i(x)) \qquad \forall i$$
$$x \geq 0$$

در نتیجه در رابطه (۱۷) داریم:

(رابطه ۱۷)

$$max \ \lambda$$
$$s.t.:$$
$$\lambda \leq G(x)$$
$$\lambda \leq D_i(x) \qquad \forall i$$
$$\lambda, x \geq 0$$

در نهایت مسأله برنامه‌ریزی خطی فازی به مسأله برنامه-ریزی خطی قطعی (مدل کلاسیک) به شرح رابطه (۱۸) تبدیل و حل مسأله به پایان می‌رسد:

(رابطه ۱۸)

$$max \ \lambda$$
$$s.t.:$$
$$\lambda (Z_u - Z_l) - CX \leq -Z_l$$
$$\lambda p_i + \sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \leq b_i + p_i \qquad \forall i$$
$$\lambda \geq 0, X_j \geq 0 \qquad \forall j$$

در مدل فوق، $\lambda \leq 1$ می‌باشد و بهترین حالت زمانی حاصل می-شود که $\lambda=1$ باشد. در واقع مدل فوق عملاً به‌دنبال یافتن مقدار x می‌باشد، به‌گونه‌ای که درجه عضویت مربوط به مجموعه فازی زیر، ماکزیمم گردد (رابطه ۱۹).

$$\left[\left(\bigcap_{i=1}^{m} \tilde{D}_i\right) \bigcap \tilde{G}\right] \qquad \text{(رابطه ۱۹)}$$

به بیان دیگر این مسأله منجر به پیدا کردن نقطه‌ای می‌شود که محدودیت‌ها و هدف را با بیشترین درجه امکان ارضا می‌کند. الگوریتم بکار رفته جهت حل این مدل به روش متقارن معروف است که براساس اصل بلمن- زاده تعریف شده است. لازم به توضیح است جهت حل مدل انتخابی در این تحقیق از

www.SID.ir

Archive of SID

امکان کدنویسی در نرم‌افزار MATLAB استفاده شد. به منظور یافتن بهترین مدل چندین مدل با توابع هدف گوناگون و محدودیت‌های مختلف اجرا شدند و در نهایت توابع هدف و محدودیت‌ها با استفاده از اطلاعات آمده در جدول ۳ بدست آمد. با حل مدل جواب‌های بهینه بدست آمد و مدل همگرا گردید. با داشتن جواب‌های بهینه مسأله مقدار توابع هدف محاسبه شد و شناسه خروجی مدل مشخص گردید. لازم به توضیح است مقدار شناسه خروجی (exitflag) در برنامه بهینه‌سازی کد شده توسط جعبه ابزار بهینه‌سازی نرم‌افزار متلب مقداری عدد صحیح می‌باشد که به یکی از حالت‌های ذیل در خروجی جواب مسأله ارائه می‌گردد. این مقدار مشخص‌کننده میزان مطلوبیت جواب‌های مسأله نمی‌باشد بلکه فقط نحوه اتمام مدل را مشخص می‌نماید و می‌تواند به یکی از سه حالت ذیل باشد:

- مثبت: همگرا شدن مسأله به مقدار بهینه و اتمام موفق الگوریتم بهینه‌سازی
- منفی: ناهمگرایی مسأله به مقدار بهینه و اتمام ناموفق الگوریتم بهینه‌سازی
- صفر: حل ناموفق مسأله بهینه‌سازی و توقف برنامه

در مطالعه موردی این تحقیق، تابع هدف حداکثرسازی شاخص بهره خالص انرژی (NEG) و حداقل‌سازی شاخص شدت انرژی (EI) برای واحدهای گاوداری مورد مطالعه می‌باشد. همچنین مدل دوم جهت تست و ارزیابی مدل اول، با تابع هدف حداقل‌سازی شاخص شدت انرژی حل شد. به این منظور گله‌های گاو براساس جمعیت رأس گاو مولد آن‌ها به سه دسته با فراوانی تعداد واحدهای گاوداری ۱۸واحد (<۱۰۰ رأس)، ۱۳ واحد (۱۵۰-۱۰۰ رأس) و ۱۹ واحد (>۱۵۰ رأس) (مجموعاً ۵۰ واحد گاوداری) تقسیم شدند. انتخاب تعداد طبقات به صورت تجربی بوده و براساس نظر تحلیل‌گر تعیین شد اما همواره توجه گردید تا فراوانی طبقات طوری تعیین شود که طول دسته‌ها و فراوانی هر دسته رابطه منطقی وجود داشته باشد. به منظور دستیابی به تابع هدف در این واحدها، محدودیت‌هایی مختلفی در رابطه با تعداد رأس گله و مثبت بودن متغیرهای تصمیم در نظر گرفته شد. میزان شاخص بهره خالص انرژی، شدت انرژی، مقادیر میانگین، حداقل نهایی و حداکثر نهایی جمعیت گله‌ها در هر یک از گروه‌ها در جدول ۳ تعیین شده است. با استفاده از داده‌های موجود در این جداول می‌توان محدودیت‌های مسأله را نوشت. حل مسأله فوق منجر به یافتن جواب مرزهای پایینی (Z_l) و مرزهای بالایی (Z_u) می‌شود. در نهایت با رسیدن به رابطه (۱۸) و حل آن، جواب‌های بهینه بدست می‌آید.

نتایج و بحث

تحلیل انرژی نهاده‌ها و ستانده

مقدار متوسط مصرف نهاده‌ها برای پرورش یک رأس گاو شیری در یک سال و همچنین میزان ستانده‌های شیر و کود دامی برای هر یک از دام‌ها در جدول ۴ آمده است. طبق نتایج این تحلیل، کل انرژی مورد نیاز برای پرورش هر رأس گاو شیری ۵۲۸۳۵/۱۳ مگاژول است. همچنین، مجموع انرژی‌های ستانده که شامل شیر و کود دامی می‌باشد معادل ۵۸۳۱۵/۳۴ مگاژول محاسبه شده است. با در نظر گرفتن مقادیر فوق و عملکرد محصول شیر که در این تحقیق محصول اصلی مزارع مورد مطالعه محسوب می‌گردد و با استفاده از روابط ۴ و ۵، شاخص‌های بهره خالص انرژی و شدت انرژی به ترتیب برابر ۵۴۸۰/۲۱ مگاژول/ رأس و ۶/۶۴ مگاژول بر لیتر شیر محاسبه گردید.

جدول ۳. اطلاعات مربوط به مدل تخصیص انرژی در تولید شیر

جمعیت گله (رأس گاو)	میانگین بهره خالص انرژی (مگاژول/رأس)	میانگین شدت انرژی (مگاژول/ لیتر شیر)	حداکثر نهایی (رأس)	میانگین گله (رأس)	حداقل نهایی (رأس)
≤۱۰۰	۴۵۱۵,۸۸	۴/۵۵	۱۰۰	۴۵	۱۶
۱۰۰-۱۵۰	۱۰۵۱۲,۹۵	۸/۸۶	۱۵۰	۱۳۴	۱۱۰
>۱۵۰	۲۹۳۸,۸۷	۶/۳۴	۱۰۰۰	۲۰۴	۱۵۳

بهینه‌یابی با روش‌های LP و FLP

مدل ساده برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی خطی فازی با استفاده از میانگین داده‌های بدست آمده از بخش‌های قبل با در نظر گرفتن تابع هدف حداکثرسازی شاخص بهره خالص انرژی و حداقل‌سازی شاخص شدت انرژی و محدودیت‌های مدل انجام شد که نتایج آن در جدول ۵ مشاهده می‌شود. همچنین مقدار شناسه خروجی (Exitflag) مدل کدشده در نرم‌افزار بدست آمد. مقدار شناسه خروجی که نشان‌دهنده علت خاتمه الگوریتم است، برای کلیه واحدها ۱ بدست آمد که بیانگر این است که مدل با موفقیت به حل مقدار x های بهینه همگرا شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

لازم به توضیح است در این سری بهینه‌سازی‌ها، محدودیت‌ها مربوط به اندازه گله‌های دامداران با توجه به ظرفیت هر گله و خصوصیات واحدها از نظر تعداد گله قابل نگه‌داری است و متغیر تصمیم (x_1^*، x_2^*, x_3^*)، تعیین تعداد گله مناسب در هر یک از سه گروه مورد بررسی می‌باشد. لازم به توضیح است که مقدار تابع هدف، مجموع هریک از شاخص های انرژی در حالت بهینه در هر مدل می‌باشد.

جدول ۴. میانگین مقادیر فیزیکی مصرف نهاده‌ها و معادل انرژی هر یک در تولید شیر در یک دوره

عنوان (واحد)	میانگین مقادیر فیزیکی مصرف نهاده‌ها (واحد/ رأس)	میانگین معادل انرژی مصرفی (مگاژول/ رأس)
الف: نهاده‌ها		
نیروی‌کارگری (ساعت)	۲۰۷/۲۶	۴۰۶/۹۴
تجهیزات (کیلوگرم)	۳۰۹/۲۸	۵۲۴/۴۰
گازوئیل (لیتر)	۱۵۰/۸	۷۱۷۳/۸۵
بنزین (لیتر)	۲۰/۷۷	۹۶۱/۷۶
نفت (لیتر)	۳۵۷/۲۶	۲۴۰/۱۱
گاز طبیعی (مترمکعب)	۵/۸۸	۲۸۰/۱۰
الکتریسیته (کیلو وات ساعت)	۱۴۳/۶۱	۱۶۹۹/۲۱
خوراک دام (کیلوگرم)	۱۱۶۱۵/۳۴	۴۱۵۴۸/۷۶
کل انرژی ورودی	۵۲۸۳۵/۱۳	
ب: ستانده‌ها		
شیر (لیتر)	۷۹۴۷/۸۲	۵۷۷۵۶/۳۳
کود (کیلوگرم ماده خشک)	۱۸۶۳/۳۸	۵۵۹/۰۱
کل انرژی خروجی	۵۸۳۱۵/۳۴	

جدول ۵. جواب‌های مسأله بهینه‌یابی انرژی به کمکLP و FLP

نوع مدل	Z_l	Z_u	λ	x_1^*	x_2^*	x_3^*	مقدار تابع هدف مدل۱- شاخص NEG	مقدار تابع هدف مدل۲- شاخص EI	تکرار مدل
LP	--	--	--	۱۰۰	۱۵۰	۱۵۳	۲۴۷۸۱۷۸/۰۷	۱۶/۷۴	--
FLP	۰/۱۱	۰/۲۸	۰/۵۰	۷۳	۱۴۲	۱۸۸	۲۷۳۵۰۰۶/۱۹	۱۵/۳۲	۲۰

در برنامه‌ریزی فوق برای گله‌های گاو شیری، λ درجه عضویت بهینه‌سازی است و نشان می‌دهد که مدل مورد بررسی حدود ۵۰٪ بهینه می‌شود یا درجه عضویتش برای بهینه‌سازی ۰/۵۰ است. همچنین مشاهده شد که میانگین وضعیت بهینه در گروه یک و دو برابر ۷۳ و ۱۴۲ رأس، دارای اندازه گله بیشتر از میانگین وضعیت فعلی (۴۵ و ۱۳۴رأس) و کمتر از حداکثر نهایی (۱۰۰ و ۱۵۰ رأس) و در گروه سوم برابر ۱۸۸ رأس در اندازه بهینه و کمتر از میانگین وضعیت فعلی (۲۰۴ رأس) است. در جدول ۶ مقایسه این نتایج برای هر واحد دامداری با وضعیت بهینه حاصل از برنامه‌ریزی خطی انجام و ارائه گردیده است. همانطور که ملاحظه می‌شود با وضعیت موجود از نظر مصرف انرژی واحدهای با گله کوچکتر، امکان افزایش اندازه گله را داشته و بسیاری از واحدهای با بیش از ۱۵۰ رأس می‌بایست از تعداد گله بکاهند. لذا این نتیجه حاصل می‌شود که در واحدهای بزرگ مصرف انرژی به صورت کاراتری نسبت به واحدهای کوچک و متوسط صورت می‌گیرد. این نتیجه با نتایج تحقیقات مشابه است (Capper *et al*., 2009).

مقایسه نتایج FLP و LP نشان می‌دهد که فازی کردن داده‌ها در برنامه‌ریزی خطی تا چه اندازه حساسیت برنامه‌ریزی را در تعیین واحد بهینه بالا برده است. به عبارتی فرض احتساب میانگین جامعه مورد مطالعه در شرایط فازی از بین رفته و مقادیر ایده‌آل بدست آمده از حدود مختلف داده‌ها بدست می‌آید. در شکل ۲ مقایسه بین مقادیر واقعی و بهینه‌شده در هر دو روش و ضریب رگرسیون آن‌ها مشاهده می‌شود. پر واضح است که نتایج روش برنامه‌ریزی خطی فازی بیش از روش برنامه‌ریزی خطی با داده‌های واقعی همبستگی دارد. همچنین شاخص بهره

www.SID.ir

Archive of SID

خالص انرژی در روشFLP به مقدار بیشتری دست یافته است که نشان می‌دهد می‌توان با استفاده از نتایج این روش گله را طوری مدیریت نمود که به میزان حداکثر از این شاخص دست یافت؛ به عبارتی روش FLP نتیجه بهتری را در مقایسه با روش LP در رسیدن به تابع هدف در برداشته است. همچنین در مورد شاخص EI که هدف کمینه‌سازی آن مدنظر بود، روش FLPنتایج بهتری را در مقایسه با روش LP نشان داد که حاکی از برتری روش‌های فازی می‌باشد. لازم به توضیح است از آن-جایی‌که در پیشینه تحقیق، مطالعه مشابه‌ای در تعیین ابعاد گله با رویکرد مصرف انرژی یافت نشد، نتایج را نمی‌توان با سایر مطالعات مورد مقایسه قرار داد. نتایج این تحقیق به تصمیم-گیران منطقه در بخش دامپروری نشان می‌دهد که با منابع در دسترس و موجود در منطقه (نهاده‌های مصرفی و عملکرد محصول شیر و کود دامی) چگونه می‌توان در هر یک از واحدهای موجود بسته به جمعیت گله منابع را به صورت بهینه بکار گرفت. در دامداری‌های کوچک و متوسط پتانسیل افزایش اندازه گله با ثابت در نظر گرفتن شرایط مدیریتی وجود دارد. از سوی دیگر در واحدهای بزرگتر به منظور افزایش پایداری در تولید و بهبود سطح مدیریت گله از نظر مصرف انرژی در سیستم تولید می‌بایست اندازه گله کاسته شود تا به مقدار بهینه دست یافت. لذا پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده به رویکرد بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها و انرژی مصرفی با ثابت لحاظ نمودن جمعیت گله پرداخته شود.

جدول ۶. مقایسه وضعیت موجود و نتایج بدست آمده از برنامه‌ریزی خطی فازی

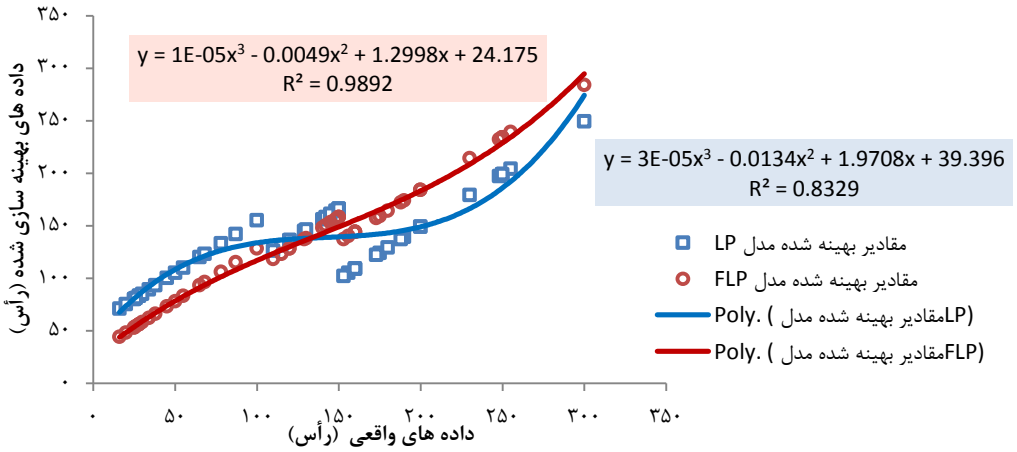
شماره گله	وضعیت فعلی (رأس) (A)	وضعیت بهینه (رأس) (B)	اختلاف با وضعیت بهینه (B-A)×100/A(٪) [1]	شماره گله	وضعیت فعلی (رأس) (A)	وضعیت بهینه (رأس) (B)	اختلاف با وضعیت بهینه (B-A)×100/A(٪)
۱	۴۵	۷۱	۵۷/۷۸	۲۶	۱۴۲	۱۵۴	۸/۴۵
۲	۲۸	۵۸	۱۰۷/۱۴	۲۷	۱۵۰	۱۵۸	۵/۳۳
۳	۲۸	۵۶	۱۰۰	۲۸	۱۴۸	۱۵۶	۵/۴۱
۴	۲۵	۵۱	۱۰۴	۲۹	۱۴۵	۱۵۳	۵/۵۲
۵	۱۶	۴۶	۱۸۷	۳۰	۱۵۰	۱۵۸	۵/۳۳
۶	۲۵	۵۰	۱۰۰	۳۱	۱۳۰	۱۳۴	۳/۰۸
۷	۳۴	۶۲	۸۲/۳۵	۳۲	۱۶۰	۱۴۴	-۱۰
۸	۳۰	۵۵	۸۳/۳۳	۳۳	۱۵۶	۱۴۳	-۸/۳۳
۹	۵۰	۷۸	۵۶	۳۴	۱۷۵	۱۵۵	-۱۱/۴۳
۱۰	۳۸	۶۶	۷۳/۶۸	۳۵	۱۶۰	۱۴۲	-۱۱/۲۵
۱۱	۲۰	۵۱	۱۵۵	۳۶	۱۷۳	۱۵۶	-۹/۸۳
۱۲	۵۵	۸۳	۵۰/۹۱	۳۷	۱۵۳	۱۳۳	-۱۳/۰۷
۱۳	۲۶	۵۴	۱۰۷/۶۹	۳۸	۱۸۰	۱۸۸	-۴/۴۴
۱۴	۱۰۰	۱۳۱	۳۱	۳۹	۱۶۰	۱۴۲	-۱۱/۲۵
۱۵	۶۵	۹۳	۴۳/۰۸	۴۰	۳۰۰	۲۸۲	-۶
۱۶	۷۸	۱۰۶	۳۵/۹۰	۴۱	۲۵۰	۲۳۴	-۶/۴۰
۱۷	۸۷	۱۱۵	۳۲/۱۸	۴۲	۱۹۰	۱۷۴	-۸/۴۲
۱۸	۶۸	۹۶	۴۱/۱۸	۴۳	۲۵۰	۲۳۴	-۶/۴۰
۱۹	۱۲۰	۱۲۵	۴/۱۷	۴۴	۲۳۰	۲۱۲	-۷/۸۳
۲۰	۱۱۵	۱۲۳	۶/۹۶	۴۵	۱۸۸	۱۶۹	-۱۰/۱۱
۲۱	۱۱۰	۱۲۰	۹/۰۹	۴۶	۲۵۵	۲۳۹	-۶/۲۷
۲۲	۱۲۰	۱۳۱	۹/۱۷	۴۷	۲۴۸	۲۳۰	-۷/۲۶
۲۳	۱۵۰	۱۵۸	۵/۳۳	۴۸	۲۵۰	۲۳۳	-۶/۸۰
۲۴	۱۴۰	۱۴۶	۴/۲۹	۴۹	۲۰۰	۱۸۴	-۸
۲۵	۱۲۹	۱۳۷	۶/۲۰	۵۰	۲۰۰	۱۸۱	-۹/۵۰

[1] A: وضعیت فعلی B: وضعیت بهینه مدل برنامه‌ریزی خطی فازی

[2] منفی بودن بیانگر کاهش اندازه گله است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. مقایسه بین مقادیر واقعی و بهینه‌سازی شده در هر دو روش LP و FLP

نتیجه‌گیری

در این مطالعه از روش برنامه‌ریزی خطی فازی با هدف بهینه‌یابی جمعیت گله جهت نیل به شاخص‌های بهره خالص انرژی و شدت انرژی بهینه استفاده شده است. مطالعه موردی صورت گرفته بر روی تعدادی از واحدهای پرورش گاو شیری در استان تهران بوده است که در نهایت تعداد بهینه جمعیت گله برای سه گروه از دامداری‌های با جمعیت کمتر از ۱۰۰ رأس، بین ۱۵۰-۱۰۰ رأس و بیش از ۱۵۰ رأس مشخص گردید. به بیان دیگر، با استفاده از شاخص‌های بهره خالص انرژی و شدت انرژی، تابع هدفی تشکیل شد که بوسیله آن بهینه‌سازی مصرف انرژی با اختصاص تعداد گله مناسب صورت می‌گیرد. نتایج مدل برنامه‌ریزی خطی فازی حاکی از آن است که تعداد گله‌های بهینه در گروه‌های مورد بررسی (کوچک، متوسط و بزرگ) به ترتیب برابر با ۷۳، ۱۴۲ و ۱۸۸ رأس گاو در هر مزرعه است که این مقدار برای روش برنامه‌ریزی خطی به ترتیب برابر با ۱۰۰، ۱۵۰ و ۱۵۳ رأس بدست آمد. با توجه به نتایجی که از این مطالعه حاصل گردید، پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات آتی اطلاعات واقعی واحدهای موجود در منطقه استخراج گردیده و واحدهای کارا از نظر شاخص‌های انرژی به کمک روش‌های رتبه‌بندی نظیر تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) مشخص شوند؛ چرا که با توجه به اینکه روش DEA واحدهای کارا را در وضعیت موجود مشخص می‌کند، از مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج روش DEA می‌توان به اختلاف از حالت ترکیب بهینه گله در یک منطقه پی برده و در جهت بهینه‌شدن مزارع از نظر مصرف انرژی تلاش و سیاست‌های متخذه را در جهت بهینه نمودن اندازه گله اصلاح نمود.

REFERENCES

Beightler, C. S., Phillips, D. T. & Wilde, D. J. (1979) *Foundations of Optimization* (2nd ed.), Englewood Cliffs, NJ, Printice-Hall.

Bellman, R.E. & Zadeh, L.A. (1970) Decision making in a fuzzy environment, Management Science, 17, 141–64.

Capper, J. L., Cady, R. & Bauman, D. (2009). The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. *Journal of Animal Science*. 87, 2160-2167.

Chauhan, N.S., Mohapatra, P.K.J. & Pandey K.P. (2006) Improving energy productivity in paddy production through benchmarking: an application of data envelopment analysis, *Energy Conversion Manage*ment, 47, 1063–85.

Coley D.A., Goodliffe E. & Macdiarmid J. (1998) The embodied energy of *food: the role of diet*, *Energy Policy*, 26, 6, 455-9.

FAO. 2003. Food energy- methods of analysis and conversion factors.

Iniyana S. & Sumathy, K. (2003) The application of a Delphi technique in the linear programming optimization of *future renewable energy options for India*, *Biomass and Bioenergy*, 24, 39–50.

Jebaraj, S., Iniyan S., Suganthi L. & Goic R. (2008) An optimal electricity allocation model for the effective utilization of energy sources in India with focus on biofuels, Management of *Environmental Quality: An International Journal*, 19, 4, 480 – 86.

Kitani, O. (1999) CIGR handbook of agricultural engineering, Volume 5: Energy and biomass engineering. ASAE Publications, St Joseph, MI.

Kittle, A. P. (1993) Alternate daily cover materials and subtitle, the selection technique Rusmar. Incorporated West Chester, PA.

Koorepazan Dezfuli, A. (2008) Theoretical principles of fuzzy sets and its application in modeling of water engineering problems, Iranian Students Booking Agency, Amirkabir Industrial Unit, Tehran. (In Farsi).

Kraatz S., Berg W. & Brunsch R. (2009b) The influence of the cumulative energy demand in feed-supply on the development of *greenhouse gas emissions in dairy farming, In: Energy Efficiency and Agricultural Engineering*

www.SID.ir

Archive of SID

International Scientific Conference in Rousse, Bulgaria. pp. 230-225.

Kraatz, S. (2012) Energy intensity in livestock operations- Modeling of dairy farming systems in Germany", Agricultural Systems, 110, 90-106.

Kraatz, S., Berg, W. & Brunsch, R. (2009a) Factors influencing energy demand in dairy farming, *South African Journal of Animal Science*, 39, 139-140.

Lawson, W. (1996) Building materials energy and the environment – towards ecologically sustainable development, Royal Australian Institute of Architects, Sydney.

Mehregan, M.R. (2007) Operational research, Linear Programming and its application, 4th Ed., Iran University Press., Iran. (In Farsi)

Meul, M., Neven, F., Reheul, D. & Hofman G. (2007) Energy use efficiency of specialized dairy, arable and pig farms in Flanders, Agriculture, Ecosystems and Environment, 119, 135-144.

Moitzi, G., Damm, D., Weingartmann, H. & Boxberger, J. (2010) Analysis of energy intensity in selected Austrian dairy farms with focus on concentrate level in feeding, Bulletin UASVM Agriculture, 67 (1), 194-97.

Moore, S.R. (2010) Energy efficiency in small-scale biointensive organic onion production in Pennsylvania, USA, Renewable Agriculture and Food Systems, 25, 181-88.

Ozkan, B., Kuklu, A. & Akcaoz, H. (2004) An input–output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey, Biomass and Bioenergy, 26, 89–95.

Rezaei, J., Davoodi Monfared, M. (2007) Genetic Algorithms using multi-objective optimization, Pelk Pub., Iran. (In Farsi)

Sadeghi, M. & Mirshojaeian Hosseini, H. (2006) Energy supply planning in Iran by using fuzzy linear programming approach (regarding uncertainties of investment costs), Energy Policy, 34, 993–1003.

Sainz, R.D. (2003) Livestock-environment initiative fossil fuels component: framework for calculation fossil fuel use in livestock systems, from: http://www.fao.org.

Sefeedpari, P., Shokoohi, Z. & Behzadifar, Y. (2014). Energy use and carbon dioxide emission analysis in sugarcane farms: a survey on Haft-Tappeh Sugarcane Agro-Industrial Company in Iran. Journal of Cleaner Production, 83, 212-219.

Sefeedpari, P., Rafiee, S., Akram, A., Chau, K.W. & Pishgar Komleh S.H. (2015) Modeling Energy Use in Dairy Cattle Farms by Applying Multi-Layered Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (MLANFIS). International Journal of Dairy Science 10 (4), 173-185.

Singh S. & Mittal, J. P. (1992) Energy in production agriculture, Mittal pub., New Delhi.

Snedecor, G.W., Cochran, W.G. (1989) Statistical Methods 8th ed., Iowa State Press, USA.

Tan, R.R. (2005) Application of symmetric fuzzy linear programming in life cycle assessment, Environmental Modelling & Software, 20, 1343–46.

Tanaka, H., Okuda, T. & Asai, K. (1974). On fuzzy mathematical programming, *The Journal of Cybernetics*, 3, 37-46.

Warner, M. (1996) International Encyclopedia of Business and Management, Londen, Routledge.

Wells, D. (2001) Total energy indicators of agricultural sustainability: dairy farming case study. Technical paper, Ministry of Agriculture and Forestry, Wellington. ISBN: 0-478-07968-0; from: http://www.maf.govt.nz.

Zahedi, M., (1999) Fuzzy sets theory and its application. First ed., IUP pub., Tehran.

Zimmermann, H. J. (1992) *Methods and applications of fuzzy mathematical programming*, In: Yager, R.R., Zadeh, L.A. (Eds.), An Introduction to Fuzzy Logic Applications in Intelligent Systems, Kluwer, Boston.

www.SID.ir