

کاربرد بهینه سازی فازی در تنظیم جیره خوراکی گاوهای شیری

داود درویشی سلوکلائی^۱، رضا عامری و اسدا... تیموری یانسری^۲، اسماعیل یزدانی پرایبی^۳، ابراهیم اکبری^۴

چکیده

هزینه خوراک در تغذیه گاو شیری حدود ۶۵ تا ۷۵ درصد هزینه های دامداری را شامل می شود. کاهش قیمت تمام شده خوراک مصرفی دام، با توجه به محدودیت منابع خوراکی در هر منطقه یا فصل و همچنین، نیاز به صرفه جویی در مصرف علوفه و نهایتاً کاهش قیمت تمام شده شیر، مساله بهینه سازی برنامه تغذیه دام امری ضروری می باشد. از آنجایی که عدم قطعیت و فقدان دقت لازم در تنظیم بهینه جیره های خوراکی با روش های موجود که عمدتاً براساس برنامه ریزی های خطی انجام می شود، وجود دارد، استفاده از روش مناسب دیگر جهت برآوردن این امر کاملاً بدیهی است. با توجه به اینکه در حالت عدم قطعیت و سروکار داشتن با داده های غیردقیق، ریاضیات فازی ابزاری کارآمد می باشد، لذا مساله بهینه سازی تنظیم جیره خوراکی با استفاده از روش بهینه سازی فازی می تواند بسیارکارا باشد. لذا در این تحقیق، تنظیم مواد مغذی جیره های کاملاً مخلوط گاوهای شیری در اوایل شیردهی با استفاده از روش برنامه ریزی خطی فازی انجام و نتایج آن با نتایج مدل برنامه ریزی خطی معمولی (قاطع) مقایسه شدند. قیمت تمام شده یک کیلوگرم جیره در حالت قاطع ۱۱۳۵/۷ ریال تعیین شده، علاوه بر این، استفاده از قیود فازی ضمن تأمین مواد مغذی در سطحی مطلوب، به راحتی می توان با استفاده از اقلام خوراکی رایج در تغذیه گاوهای شیری هزینه یک کیلوگرم جیره کاملاً مخلوط را به ۱۲۲۲/۵ ریال کاهش داد. بدیهی است، استفاده از روش بهینه سازی فازی و همچنین قیود فازی امکان تنظیم و تغییر جیره ها در سطحی ارزانتر از قیمت تمام شده جیره های کاملاً مخلوط را ممکن می سازد که با تهیه یک نرم افزار مناسب، استفاده از روش بهینه سازی فازی در تنظیم جیره خوراکی را برای استفاده آسان کاربر، نیز فراهم گردید.

کلمات کلیدی: گاو شیرده، جیره خوراکی، مدل برنامه ریزی خطی، بهینه سازی فازی.

مقدمه

در تولید شیر مهمترین بخش هزینه ها مربوط به هزینه خوراک دام می باشد. به همین دلیل برای کاهش قیمت تمام شده شیر، استفاده از جیره هایی با کمترین قیمت تمام شده امری ضروری است. در تنظیم جیره های مصرفی گاوهای شیری بایستی موارد زیر را در نظر گرفت:

- (۱) احتیاجات دام به انواع مواد مغذی.
- (۲) اندازه گیری ترکیبات شیمیایی مواد خوراکی و محتوی مواد مغذی آنها.
- (۳) تعیین میزان خوراک مصرفی روزانه دام.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور مرکز تبریز ddarvishi@gmail.com

۲- عضو هیات علمی دانشگاه مازندران

۳- عضو هیات علمی دانشکده فنی امام محمد باقر (ع) ساری

۴- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد واحد ساری

۴) استفاده از یک روش مناسب، آسان و کاربردی ریاضی با توجه به ماهیت مواد خوراکی، نیاز تغذیه ای دامها و

همچنین

قیمت منابع خوراکی.

برای تنظیم جیره خوراکی روش های متفاوتی وجود دارد. معمولاً این روش ها حداقل احتیاجات به مواد مغذی را برای حداکثر تولید شیر دام تأمین می کنند. مدل های برنامه ریزی خطی را به منظور یافتن کمترین قیمت تمام شده که تمامی احتیاجات گاو شیرده را تأمین می کنند، می توان بکار برد. بهرحال، پارامترهای این مدل غالباً بصورت قطعی در نظر گرفته می شوند که واقعی نبوده و ماهیتی تقریبی دارند و لذا مدل های معمول منجر به تأمین احتیاجات واقعی دام نمی گردند. بهرحال، تأمین واقعی احتیاجات برای تنظیم جیره خوراکی در حین استفاده از این مدلها، غیرممکن است. احتیاجات مواد مغذی و محدودیت های میزان مصرف اقلام خوراکی در دامها براساس آزمایشات تغذیه ای متعددی اندازه گیری می شوند که معمولاً این تخمین ها در آزمایشات نقطه ای نیستند و به صورت

بازه ای یا دامنه ای بیان می شوند. لذا مجموعه ها و اعداد فازی ابزار مناسبی برای مدل بندی و تجزیه و تحلیل اینگونه مسایل که فاقد قطعیت و دقت لازم می باشند، هستند.

برنامه ریزی خطی فازی شیوه ای مناسب برای حل مسایل تنظیم جیره گاوهای شیری هنگامی که احتیاجات دامها و ترکیبات مواد مغذی هرکدام از اقلام خوراکی مورد استفاده در جیره کاملاً مخلوط به صورت اعداد فازی بیان شده باشند، به حساب می آیند. در این حالت، تمامی ضرایب عددی که بصورت تقریبی و نادقیق بیان می شدند را می توان با استفاده از اصطلاحاتی مانند «تقریباً»، «در حدود» یا «در دامنه» و ... بیان کرد.

در تنظیم جیره های کاملاً مخلوط در سطح یک گاوداری شیری گروه بندی شده عمدتاً در یک گروه، گاوها تقریباً مشابه، کم و بیش هم وزن، تقریباً هم سن و با شکم زایش یکسان قرار می گیرند و احتیاجات مواد مغذی آنها براساس میانگین وزنی و سن گله یا گروه محاسبه می شود. بدیهی است که میانگین یک بازه نمی تواند بخوبی اطلاعات مربوط به بازه را بازگو کند و این درحالی است که اگر توابع عضویت مربوط به این بازه ها در اختیار باشند، تصمیم گیری ها می تواند براساس اطلاعات کاملتری صورت گیرد. در این راستا برنامه ریزی خطی فازی می تواند با انعطافی که در انتخاب ضرایب دارد به تصمیم گیری در مورد تنظیم جیره خوراکی مناسب کمک موثرتری داشته باشد. زیرا برای مدل سازی مناسب عدم قطعیت ذاتی که کاربر در داده های مربوط به تنظیم جیره خوراکی با آنها مواجه است، بسیار مفید است.

در این تحقیق از برنامه ریزی خطی فازی متقارن برای تنظیم جیره های کاملاً مخلوط مصرفی گاوهای شیرده در اوایل دوران شیردهی (از زمان زایش تا ۷۰ روز پس از زایمان) که وزنی بین ۶۰۰ تا ۷۰۰ کیلوگرم دارند، استفاده شده و نتایج آن با نتایج مدل برنامه ریزی خطی معمولی (قاطع) مقایسه شده است.

مدل برنامه ریزی خطی فازی متقارن

به طور کلی، یک مساله برنامه ریزی خطی فازی یک تابع هدف و یک مجموعه قیود را در بر می گیرد. معمولاً تابع هدف توسط یک

متغیره n $Z(x_1, x_2, \dots, x_n)$ مدل بندی می شود که مقدار بهینه x_j ، $j = 1, \dots, n$ ، در یک مجموعه قیود تعریف شده توسط محدودیت داده شده بوسیله توابع b_i (\geq) (\leq) $g_i = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ و $i = 1, \dots, m$ مشخص خواهد شد.

مساله برنامه ریزی خطی زیر را در نظر بگیرید:

$$\text{Min} \quad \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad k_i \leq \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq p_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2)$$

$$m_j \leq x_j \leq M_j, \quad j = 1, \dots, n. \quad (3)$$

رابطه (۱) تابع هدف، مینیمم سازی قیمت تمام شده جیره کاملاً مخلوط و c_j ها قیمت رایج اقلام خوراکی، x_j نیز مقدار خوراک j ام برای استفاده می باشد. رابطه (۲) و (۳) به ترتیب محدودیت مواد مغذی و محدودیت میزان مصرف مواد خوراکی مورد نیاز می باشند که باید برآورده شوند. همچنین، هرکدام از ضرایب عددی فوق می توانند بصورت اعداد فازی بیان شوند که با توجه به شرایط مساله در نظر گرفته می شوند. هدف اصلی این برنامه ریزی تامین حداقل احتیاجات مواد مغذی دامها با مصرف کمترین مجموع مواد خوراکی است که مصرف آنها منجر به دستیابی به حداکثر تولید شیر در دام گردد. در این حالت، با استفاده از برنامه ریزی خطی فازی متقارن می توان احتیاجات را به صورت اعداد فازی در نظر گرفت. در این نوع مدل بنیاد فازی رض می شود تصمیم گیرنده قصد ندارد تابع هدف را ماکزیمم یا مینیمم کند بلکه قصد دارد به صورت فازی به سطح دلخواهی از آن برسد و یا محدودیت ها در یک حد مطلوبی برآورده شوند. به این ترتیب تفاوت بین تابع هدف و محدودیت ها از بین می رود و تابع هدف اولیه خود به صورت یک محدودیت وارد مدل می شود که در واقع نوعی تقارن بین هدف و محدودیت ها خواهد بود.

قید بزرگتر مساوی فازی زیر را در نظر بگیرید:

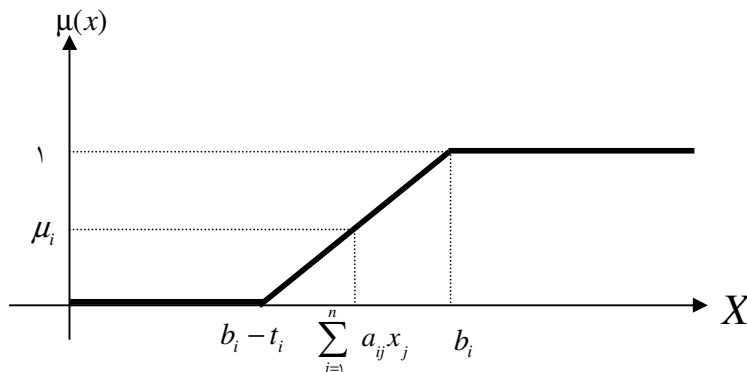
(۴)

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i$$

که در آن b_i بصورت عددی فازی با تولرانس $t_i (> 0)$ می باشد. حال اگر نامساوی (۴) را بصورت زیر تعبیر کنیم، آنگاه خواهیم داشت:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq (b_i - t_i, b_i) \quad (5)$$

اگر میزان برآورده شدن این قید را با μ نشان دهیم، آنگاه نمودار تابع عضویت (میزان برآورده شدن) این قید به صورت نمودار ۱ خواهد بود.



نمودار ۱- تابع عضویت (میزان برآورده شدن) محدودیت بزرگتر مساوی فازی

که $b_i - t_i$ نقطه شروع برآورده شدن محدودیت i ام و t_i انحراف مجاز از این محدودیت می باشد. $\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j$ مربوط به محدودیت i ام است. همانطور که در نمودار ۱ مشاهده می شود، اگر محدودیت $\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j$ بزرگتر از b_i باشد، میزان برآورده شدن محدودیت کامل و برابر یک و همچنین برای مقادیر کوچکتر از $b_i - t_i$ ، صفر خواهد بود. بین این دو مقدار، میزان برآورده شدن قید نیز بین صفر و یک خواهد بود (با این فرض که قصد خواهیم داشت λ_i را ماکزیمم کنیم) و آنرا به صورت زیر نشان می دهیم:

$$\lambda_i = \left[\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - (b_i - t_i) \right] / t_i \quad (5)$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$\mu_i = \begin{cases} 1 & : b_i \leq \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \\ \left[\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - (b_i - t_i) \right] / t_i & : (b_i - t_i) \leq \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i \\ 0 & : \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i - t_i \end{cases} \quad (6)$$

با ضرب t_i در طرفین رابطه (۵) خواهیم داشت:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - t_i \lambda_i \geq b_i - t_i$$

و به طور مشابه برای قید کوچکتر مساوی فازی نیز خواهیم داشت:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + t_i \lambda_i \leq b_i + t_i$$

حال اگر λ را برابر مینیمم λ_i ها قرار دهیم، مدل برنامه ریزی خطی به شکل زیر خواهد شد:

$$\begin{aligned} & \text{Max} \quad \lambda \\ & \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - t_i \lambda \geq b_i - t_i \end{aligned}$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + t_i\lambda \leq b_i + t_i \tag{۷}$$

$$\lambda \leq 1$$

$$\lambda, x_j \geq 0$$

همانطور که در فرمول (۷) مشخص است هدف در اینجا ماکزیمم کردن « حداقل میزان برآورده شدن قیود » است. مقادیری را که λ می پذیرد بین صفر و یک می باشد که به عنوان محدودیت باید به مدل اضافه شود. حالت مطلوب این است که λ هر چه بیشتر به یک نزدیک تر باشد. لذا می توان میزان اقناع شدن قیود را بعنوان مجموعه فازی در نظر گرفت. در این تحقیق از برنامه ریزی خطی فازی متقارن برای تنظیم جیره های کاملاً مخلوط مصرفی گاوهای شیرده در اوایل دوران شیردهی (از زمان زایش تا ۷۰ روز پس از زایمان) که وزنی بین ۶۰۰ تا ۷۰۰ کیلوگرم دارند، استفاده شده و نتایج آن با نتایج مدل برنامه ریزی خطی معمولی (مدل قاطع) مقایسه شده است.

مواد و روش ها

از بین چندین اقلام خوراکی مورد استفاده در تغذیه دام تنها از ۱۱ ماده خوراکی (یونجه، دانه جو، تفاله خشک چغندر قند، سیلاژ ذرت با ماده خشک بین ۳۲ و ۳۸ درصد، کنجاله تخم پنبه با ۴۱ درصد پروتئین خام، صابونهای کلسیمی، ملاس چغندر قند، کنجاله سویا با ۴۴ درصد پروتئین خام، کنجاله آفتابگردان، سبوس گندم و پودر صدف) استفاده شده و از نظر تامین احتیاجات به مواد مغذی تنها احتیاجات ۷ ماده مغذی (انرژی، پروتئین، چربی، کلسیم، فسفر، NFC، NDF)، در نظر گرفت. جدول ۱ ترکیب شیمیایی این مواد را نشان می دهد:

جدول ۱- ترکیب شیمیایی اقلام خوراکی مورد استفاده در تنظیم جیره کاملاً مخلوط

انرژی کیلوکالری در کیلوگرم	پروتئین گرم در کیلوگرم	چربی گرم در کیلوگرم	NDF ^۱ گرم در کیلوگرم	NFC ^۲ گرم در کیلوگرم	کلسیم گرم در کیلوگرم	فسفر گرم در کیلوگرم	قیمت کیلوگرم به ریال	
۱۱۹۰	۱۹۲	۲۵	۴۱۶	۲۵۷	۱۴/۷	۲/۸	۱۷۵۰	یونجه
۱۸۶۰	۱۲۴	۲۲	۲۰۸	۶۱۷	۰/۶	۳/۹	۱۷۰۰	دانه جو
۱۴۷۰	۱۰	۱۱	۴۵۸	۳۵۸	۹/۱	۰/۹	۱۹۰۰	تفاله خشک چغندر قند
۱۴۵۰	۸۸	۳۲	۴۵۰	۳۸۷	۲/۸	۲/۶	۷۰۰	سیلاژ ذرت زرد با ماده خشک بین ۳۲ و ۳۸ ٪
۱۷۱۰	۴۴۹	۱۹	۳۰۸	۱۵۷	۲	۱۱/۵	۲۱۵۰	کنجاله تخم پنبه با ۴۱٪ پروتئین خام
۵۰۲۰	۰	۸۴۵	۰	۰	۱۲۰	۰	۲۵۰۰	صابونهای کلسیمی
۱۸۴۰	۸۵	۲	۱	۷۹۸	۱/۵	۰/۳	۷۰۰	ملاس چغندر قند

1- Neutral Detergent Fiber (NDF)
2- Non Fibrous Carbohydrates (NFC)

انرژی کیلوکالری در کیلوگرم	پروتیین گرم در کیلوگرم	چربی گرم در کیلوگرم	NDF ¹ گرم در کیلوگرم	NFC ² گرم در کیلوگرم	کلسیم گرم در کیلوگرم	فسفر گرم در کیلوگرم	قیمت کیلوگرم به ریال
۲۱۳۰	۴۹۹	۱۶	۱۴۹	۲۷۰	۴	۷/۱	۳۲۰۰
کنجاله سویا با ۴۴٪ پروتیین خام							
۱۳۸۰	۲۸۴	۱۴	۴۰۳	۲۲۲	۴/۸	۱۰	۱۲۰۰
کنجاله آفتابگردان							
۱۶۱۰	۱۷۳	۴۳	۴۲۵	۲۹۶	۱/۳	۱۱/۸	۷۵۰
سبوس گندم							
پودر صدف					۳۸۰		۲۵۰

قیمت ها براساس قیمت رسمی فروش اقلام خوراکی توسط اتحادیه دامداران استان مازندران در مهرماه ۱۳۸۴ می باشد.

با استفاده از جداول احتیاجات مواد مغذی گاوهای شیری (NRC¹، ۲۰۰۱)، احتیاجات مواد مغذی به صورت حداقل و حداکثر به صورت قاطع و فازی استخراج شدند و در حل مسایل بهینه سازی فازی مورد استفاده قرار گرفتند که جدول ۲ نیازها و احتیاجات گاوهای شیرده در اوایل دوران شیردهی را براساس حداقل و حداکثر مقدار بصورت فازی و قاطع نشان می دهد. ممکن است میزان اغماض (انحراف) در برآورده شدن قیود برای مواد مغذی و اقلام خوراکی مورد نیاز متفاوت باشد. بطور مثال می توان در مورد برآورده شدن انرژی اغماض بیشتری را نسبت به پروتیین در نظر گرفت. پس از تبدیل تمام قیود فازی با استفاده از روش [5] QSB² مدل تنظیم شده جیره حل شده است.

جدول ۲- محدودیت ها و احتیاجات گاوهای شیرده در اوایل شیردهی با وزنی بین ۶۰۰ تا ۷۰۰ کیلوگرم

به صورت حداقل و حداکثر مقادیر قاطع و فازی

احتیاجات (محدودیت ها)	واحد	قاطع		فازی	
		حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
انرژی	کیلوکالری	۱۵۰۰	۱۶۵۰	۱۵۲	۱۴۸
پروتیین	گرم	۱۵۵	۱۸۰	۱۶۰	۱۵۰
چربی	گرم	۳۰	۸۰	۳۵	۲۵
NDF ³	گرم	۳۰۰	۴۰۰	۳۲۰	۲۸۰
NFC ⁴	گرم	۳۵۰	۴۲۰	۳۸۰	۳۲۰
کلسیم	گرم	۱۰		۱۰/۵	۹/۵
فسفر	گرم	۵		۵/۲۵	۴/۷۵
کربوهیدراتها	گرم		۷۳۰		۷۴۰

1- National Research Council(NRC)
 2- Quantitative Systems for Business(QSB)
 3- Neutral Detergent Fiber(NDF)
 4- Non Fibrous Carbohydrates(NFC)

۱/۹ ۲/۱		۲	نسبت کلسیم به فسفر	
۱		۱	کیلوگرم	کل جیره
۲۲۰	۲۸۰	۲۵۰	گرم	یونجه
۲۸۰	۳۲۰	۳۰۰	گرم	دانه جو
۱۰۰	۲۰۰	۱۵۰	گرم	تفاله خشک چغندر قند
۱۰۰	۲۰۰	۱۵۰	گرم	سیلاژ ذرت زرد با ماده خشک بین ۳۲ و ۳۸٪
۱۰۰	۱۴۰	۱۲۰	گرم	کنجاله تخم پنبه با ۴۱٪ پروتئین خام
۳۰	۵۰	۴۰	گرم	صابونهای کلسیمی
۲۵	۳۵	۳۰	گرم	ملاس چغندر قند
۱۰۰	۱۴۰	۱۲۰	گرم	کنجاله سویا با ۴۴٪ پروتئین خام
۸۰	۱۲۰	۱۰۰	گرم	کنجاله آفتابگردان
۱۲۵	۱۷۵	۱۵۰	گرم	سیوس گندم
۲۰	۳۰	۲۵	گرم	پودر صدف

نتایج و بحث

نتیجه حل مدل قاطع در اولین ستون جدول ۳ آورده شده است که قیمت یک کیلوگرم جیره مدل قاطع ۱۳۳۵/۷ ریال بدست آمده است. در این مدل تمامی اعداد به صورت قطعی و دقیق در نظر گرفته شده است. از اینرو، تنظیم جیره مصرفی به یک ساله _____ می گردد. مدل فازی که براساس اعداد فازی یا بازه ای تنظیم شده است دارای مجموعه برنامه ریزی خطی معمولی تبدیل می گردد. مدل فازی که براساس اعداد فازی یا بازه ای تنظیم شده است دارای مجموعه جوابی به صورت بازه ای می باشد که تنها میزان خوبی آنها متفاوت است. برای بدست آوردن کرانه های مجموعه جواب های مدل فازی یک بار $\lambda = 0$ و بار دیگر $\lambda = 1$ قرار داده و در هر دو حالت هزینه جیره را حداقل کرده، در این دو حالت محدودیت هزینه را از مدل حذف نموده، چون در هدف، مینیمم سازی آن مطرح است. با توجه به کرانه های هزینه، حالت های مختلفی در نظر گرفته شده، که حداقل هزینه در حالت $\lambda = 1$ برابر ۱۴۷۶/۹ ریال و حداقل هزینه در حالت $\lambda = 0$ برابر ۱۲۲۲/۵ ریال می باشد. جواب های ممکنه و بهینه فازی نیز بین ۱۲۲۲ و ۱۴۷۷ ریال خواهند بود. حالت های مختلف و نتایج مربوطه در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- مقایسه نتایج مدل های جیره خوراکی در حالت قاطع و فازی

جوابهای مدل های فازی						جواب مدل جواب کران های قاطع			نام جیره		
I	H	G	F	E	D	C	B	A	تغییر مربوطه واحد در مساله	نام خوراک	
هزینه <۱۴۷۷ ۱۳۴۹/۵<	هزینه <۱۳۴۹/۵ ۱۲۲۲<	هزینه <۱۴۷۷ ۱۳۹۲<	هزینه <۱۳۹۲ ۱۳۰۷<	هزینه <۱۳۰۷ ۱۲۲۲<	حد اکثر <۱۴۷۷ حد اقل <۱۲۲۲	۱/۴ ۱۸۵	۱۹۴/۳	۲۵۰	x _۱	گرم	یونجه
۲۲۹/۲	۲۲۲/۹	۲۰۱/۹	۲۲۶/۱	۲۰۴/۹	۲۲۵/۸	۱۳	۲۵۷/۸	۲۸۰/۷	x _۲	گرم	دانه جو
۲۹۲/۱	۳۰۴/۶	۲۸۹/۴	۲۹۸/۱	۳۰۶/۷	۲۸۸/۷	۹۰			x _۳	گرم	تفاله خشک چغندر قند
۱۳۰/۲	۱۶۱/۴	۱۲۳/۶	۱۴۵/۳	۱۶۹/۸	۱۴۶/۸	۱۰۰	۲۰۰	۱۵۰	x _۴	گرم	سیلاژ ذرت زرد با ماده خشک بین ۳۲ و ۳۸ %
۶۴/۸	۱/۱	۸۳/۷	۳۴	۳۰/۹	۳۰/۹	۱۳		۲۱/۵	x _۵	گرم	کنجاله تخم پنبه با ۴۱ % پروتئین خام
۸/۳	۳/۸	۹/۸	۶/۱	۲/۷	۵/۹	۱۴		۵/۳	x _۶	گرم	صابونهای کلسیمی
۲۸	۳۱/۱	۲۷/۴	۲۹/۵	۳۲	۲۹/۷	۲۵	۳۵	۳۰	x _۷	گرم	ملاس چغندر قند
۹۲/۱	۱۰۴/۶	۸۹/۴	۹۸/۱	۱۰۷/۹	۹۸/۷	۸۰	۱۲۰	۱۰۰	x _۸	گرم	کنجاله سویا با ۴۴ % پروتئین خام
۱۴۰/۱	۱۵۵/۷	۱۳۶/۸	۱۴۷/۷	۱۵۹/۹	۱۴۸/۴	۱۲۵	۱۷۵	۱۵۰	x _{۱۰}	گرم	سبوس گندم
۱۵/۱	۱۴/۹	۱۵/۵	۱۵	۱۶/۱	۱۵	۱۲	۱۷	۱۲/۵	x _{۱۱}	گرم	پودر صدف

حداقل درجه برآورده شدن قیود فازی درصد ۱۲٪

۶۹/۷۸ ۳۸/۶۰ ۷۶/۴۵ ۵۴/۶۸ ۳۰/۱۹ ۵۳/۱۹ ۱۰۰ ۰

جدول ۴ - مقادیر احتیاجات تامین شده از جیره های خوراکی مختلف

مدل های فازی								مدل قاطع	نام جیره
I	H	G	F	E	D	C	B	A	
۱۵۶۱/۵	۱۵۳۹/۰۴	۱۵۷۷/۳۵	۱۵۵۰/۴۳	۱۵۳۹/۲۸	۱۵۴۹/۳۸	۱۵۹۷/۷۹	۱۵۱۲/۵	۱۵۳۵/۰۳	انرژی (کیلوکالری)
۱۷۳/۵۵	۱۵۴/۵۵	۱۷۴/۷۱	۱۶۴/۳۵	۱۵۳/۳۴	۱۶۳/۴۱	۱۶۶/۱۲	۱۵۴/۲	۱۶۲/۵۵	پروتیین (گرم)
۳۱/۹۴	۲۸/۸۹	۳۲/۶۸	۳۰/۴۴	۲۸/۰۴	۳۰/۳۱	۳۵	۲۶/۲	۳۰	چربی (گرم)
۳۳۱/۳۴	۳۳۷/۴۱	۳۳۰/۱۳	۳۳۴/۲۶	۳۳۶/۹۲	۳۳۴/۵۲	۳۴۴/۲۹	۳۴۷/۲۲	۳۴۰/۵۸	NDF ¹ (گرم)
۳۸۳/۹۵	۴۰۱/۹۸	۳۷۳/۷۲	۳۹۲/۶۴	۴۰۳/۴۳	۳۹۳/۵۳	۳۸۰	۳۹۲/۷۸	۳۸۹/۴۲	NFC ² (گرم)
۱۱/۴۴	۱۱/۱۱	۱۱/۰۹	۱۱/۱۲	۱۱/۱۲	۱۲/۰۲	۱۱/۰۲	۱۱/۲۲	۱۰/۴۲	کلسیم (گرم)
۵/۴۵	۵/۱۴	۴/۵۵	۵/۳	۵/۱۹	۵/۰۳	۵/۲۵	۵/۳۴	۵/۲۱	فسفر (گرم)
۱۳۸۷/۸۵	۱۳۰۰/۵۳	۱۴۱۲/۱۵	۱۳۴۵/۴	۱۲۸۱/۴۱	۱۳۴۱/۱۶	۱۴۷۶/۹۳	۱۲۲۲/۵۲	۱۳۳۵/۷۱	قیمت یک کیلوگرم (ریال)

1- Neutral Detergent Fiber (NDF)

2- Non Fibrous Carbohydrates (NFC)

جدول ۶- مقایسه جیره ها بر حسب مقدار تامین شده نیازمندیها و قیمت (بطور صعودی از راست به چپ)

C	G	I	F	D	E	H	A	B	انرژی
G	I	C	F	D	A	H	B	E	پروتیین
C	G	I	F	D	A	H	E	B	چربی
B	A	H	E	D	C	F	I	G	NDF ¹
E	H	D	B	F	A	I	C	G	NFC ²
	D	I	B	E,F	H	G	C	A	کلسیم

١٠

I	B	F	C	A	E	H	D	G	فسفر
C	G	I	F	D	A	H	E	B	قيمت

- 1- Neutral Detergent Fiber (NDF)
2- Nonfibrous Carbohydrates (NFC)

به هر حال تمام جیره هایی که در جدول ۳ وجود دارند، خوب هستند اما درجه خوبی آنها متفاوت است. بطوریکه با پرداخت ۱۲۲۲ ریال می توان یک کیلوگرم جیره خوراکی نسبتاً خوبی داشت که هم نیازهای گاوهای شیرده را نیز برطرف کند و هم بسیار ارزان تمام شده و نسبت به مدل قاطع بدست آمده از برنامه ریزی خطی نیز حداقل ۸ درصد بیشتر بتواند هزینه را کاهش دهد.

همچنین باید توجه داشت که کمبود هر ماده مغذی در جیره، تولید شیر و ترکیبات آن را و مازاد آن بازده مورد استفاده قرار گرفتن آنرا کاهش خواهد داد و منجر به افزایش دفع ماده مغذی به داخل محیط، افزایش هزینه تولید شیر، کاهش سود تولید کنندگان و افزایش هزینه مصرف کنندگان خواهد شد.

نتیجه گیری

تنظیم جیره خوراکی دام معمولاً با مدل برنامه ریزی خطی معمولی انجام می گیرد. هرچند اغلب آگاهی کامل و دقیق از داده ها و احتیاجات بکار رفته در مساله غیر ممکن است. از اینرو، روش بهینه سازی فازی برای تنظیم دقیق احتیاجات مواد مغذی و مقدار اقلام خوراکی پیشنهاد شده است. با توجه به مفاهیم مربوط به مجموعه ها و اعداد فازی استفاده شده در این روش، تنظیم جیره بسیار مفیدتر و واقعی تر خواهد شد. مزیت اصلی این روش در این است که می توان اعداد سمت راست قیود مساله برنامه ریزی خطی (احتیاجات) را بصورت بازه ای بیان کرد. از مزیت های دیگر این روش این است که دامدار می تواند جیره خود را با توجه به ملاک هایی چون کم هزینه، پرهزینه، کم انرژی، پرانرژی، کم چرب و پرچرب و ... که خود ملاک هایی فازی هستند، انتخاب کند. همانطور که در این روش مشاهده می شود میزان برآورده شدن قیود فازی با سطح هزینه ای که دامدار حاضر به پرداخت آن می باشد رابطه ای مستقیم دارد. جیره ها می توانند بین ۱۲۲۲ تا ۱۴۷۷ ریال انتخاب شوند. این امر دامدار را قادر می سازد که میزان برآورده شدن احتیاجات دامش را همراه با قیمت تمام شده آن ارزیابی کند. این قدرت انتخاب بسیار مفید خواهد بود. همچنین می توان قیمت تمام شده یک کیلوگرم از جیره کاملاً مخلوط را به ۱۲۲۲ ریال کاهش داد که جیره نسبتاً خوبی است و نسبت به مدل قاطع بدست آمده از برنامه ریزی خطی حداقل ۸ درصد بیشتر می تواند هزینه را کاهش دهد. با استفاده از این روش می توان جیره ها را ارزیابی ارزانتی و مناسبتر تنظیم کرد. اگرچه این روش در تنظیم جیره خوراکی گاوهای شیری مورد استفاده قرار گرفته، اما می توان آنرا در تنظیم جیره خوراکی دام های دیگر نیز به کار برد. همچنین نرم افزاری تهیه شده که در آن از روش بهینه سازی فازی در تنظیم جیره خوراکی دام استفاده خواهد شد.

منابع

- ۱- اقدس طینت، جواد و مرتضوی، سید ابوالقاسم. تنظیم جیره جوجه های گوشتی در فاصله ۳ تا ۶ هفتگی با استفاده از برنامه ریزی خطی فازی متقارن. مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس سیستمهای فازی ایران. دانشگاه امام حسین، شهریور ۱۳۸۳.
- 2- Belman, R.E. and Zadeh, L.A. (1970). Decision making in a fuzzy environment. *Management Science.*, 17: 141-164.
- 3- Cadenas, J.M., Pelta, D.A., Pelta, H.R. and Verdegay, J.L. (2004). Application of fuzzy optimization to diet problems in Argentinian farms. *European Journal of Operational Research.*, 158: 218 – 228.
- 4- Chang & Sullivan, *Quantitative System for Business*, Prentice –Hall, (1988).
- 5- Itoh, T., Ishii, H. and Nanseki, T. (2003). A model of crop planning under uncertainty in agricultural management. *International Journal of Production Economics.*, 81-82: 555-558
- 6- Luenberger, David.G. (1984). *Linear and nonlinear programming*. Addison– Wesley publishing company.
- 7-NRC. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th edition. National Academy Press. Washington, DC.
- 8- Pelta, D.A., Verdegay, L.J. and Cadenas, J.M. (2003). Introducing SACRA: A decision support system for the construction of cattle diets. in: X.Yu, J. kacprzyk, C., Carlsson (Eds.). *Applied Decision Support with Soft Computing*. Studies in Fuzziness and Soft Computing Series. Springer-Verlag. 391-401.
- 9- Shoacheng, T. (1994). Interval number and fuzzy number linear programming. *Fuzzy Sets and Systems.*, 66: 301- 306.
- 10 - Zimmermann, H.J. (1991). *Fuzzy Sets Theory-and its Application*. Boston. Kluwer Academic Publishers.