



تعیین مؤثرترین اسیدهای چرب مرتبط با چربی شیر گاوهای هلشتاین با استفاده از الگوریتم انتخاب ویژگی

شهریار کارگر^{۱*}، مرضیه مکرّم^۲

۱- استادیار بخش علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲- استادیار بخش مدیریت مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۰۷ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۰۲)

چکیده

آگاهی از تنظیم تولید چربی شیر جهت توسعه راهبردهای تغذیه‌ای برای افزایش ارزش تغذیه‌ای شیر، کاهش خروج انرژی از طریق آن و بهبود توازن انرژی گاوهای شیری حیاتی است. هدف از این پژوهش، تعیین مهم‌ترین اسیدهای چرب مرتبط با چربی شیر گاوهای هلشتاین با استفاده از الگوریتم انتخاب ویژگی بود. الگوریتم انتخاب ویژگی یکی از روش‌های داده‌کاوی به منظور انتخاب بهترین و مؤثرترین فراسنجه‌های مرتبط برای پیش‌بینی هدف مورد نظر است. برای انجام این پژوهش از ۳۰۷۲ داده خام و سه روش مهم الگوریتم انتخاب ویژگی با شش مدل مختلف استفاده شد. داده با استفاده از نرم‌افزار WEKA واکاوی شد. نتایج نشان داد که روش رتبه‌بندی الگوریتم انتخاب ویژگی مناسب‌ترین روش برای انتخاب مهم‌ترین اسیدهای چرب مرتبط با چربی شیر با استفاده از رگرسیون لجستیک و طبقه‌بندی درختی با کم‌ترین میزان خطا است. بر این اساس، مهم‌ترین اسیدهای چرب مرتبط با ساخت چربی شیر، ایکوزا تری انوئیک اسید (۳:۲۰ C_n-۳)، ایکوزا دی انوئیک اسید (۴:۲۰ C_n-۶)، مجموع کل اسیدهای چرب ترانس ۱:۱۶ C، ترانس-۱۰:۱۶ C، ترانس-۶:۷، ۸:۱۶ C، مجموع کل اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه ترانس، ترانس-۱۱:۱۱، سیس-۱۵:۲:۱۸ C، مجموع کل اسیدهای چرب ترانس ۱:۱۸ C، آدرنیک اسید (۴:۲۰ C_n-۶) و سیس-۱۲:۱:۱۸ C تعیین شدند. الگوریتم انتخاب ویژگی اثر اسیدهای چربی به غیر از ایزومر ترانس-۱۰:۱۰، سیس-۱۲:۱۲ اسید لینولئیک مزدوج و ایزومر ترانس-۱۰:۱:۱۸ C را بر ساخت چربی شیر مؤثر نشان داد که ضروری است اهمیت زیست‌شناختی آن‌ها در پژوهش‌های آینده مورد سنجش قرار بگیرد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم انتخاب ویژگی، داده‌کاوی، کاهش چربی شیر، گاو شیری

مقدمه

ترانس-۱۰:۱ C۱۸:۱ تناقضی با ساخت چربی در شیر نداشته است (Lock *et al.*, 2007). هم‌چنین، در پژوهشی بر مبنای واکاوی مؤلفه‌های اصلی و فرارگرسینون ترکیب اسیدهای چرب بلند زنجیر شیر مشخص شد که نیاز به غلظت آستانه‌ای ایزومر ترانس-۶، ۷ و ۸ C۱۸:۱ (۰/۶۹ درصد) برای القاء بیشینه کاهش در چربی شیر کم‌تر از ترانس-۱۰:۱ C۱۸:۱ (۲/۳۷ درصد) است و از این رو چنین نتیجه‌گیری شد که ممکن است ایزومر ترانس-۶، ۷ و ۸ C۱۸:۱ در ایجاد کاهش چربی شیر مهم‌تر باشد. بر این اساس، مدارک جدید علمی نقش ایزومر ترانس-۱۰:۱ C۱۸:۱ را در تنظیم چربی شیر کم‌تر حمایت می‌کنند (Kadegowda *et al.*, 2008). لذا، پژوهش‌های بیش‌تری مورد نیاز است تا اثر بالقوه سایر اسیدهای چرب بر کاهش چربی شیر در گاوهای هلشتاین شناسایی و سنجیده شود. الگوریتم انتخاب ویژگی^۱ یکی از روش‌های داده‌کاوی^۲ است و به زعم دانسته نویسنندگان تحقیق حاضر، در هیچ مقاله‌ای از آن برای واکاوی مهم‌ترین اسیدهای چرب مرتبط با چربی شیر گاوهای هلشتاین استفاده نشده است. از این رو، هدف از این پژوهش تعیین مهم‌ترین اسیدهای چرب مرتبط با چربی شیر گاوهای هلشتاین با استفاده از الگوریتم انتخاب ویژگی بود.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از ۳۰۷۲ داده برای تعیین مهم‌ترین اسیدهای چرب مرتبط با چربی شیر استفاده شد (Kargar *et al.*, 2017b). این داده حاصل یک طرح پژوهشی است که در آن اثر منبع روغن (روغن سویا در مقابل روغن ماهی)، منبع دانه غله (دانه ذرت در مقابل دانه جو) و بر هم کنش بین آن‌ها بر الگوی اسیدهای چرب شیر گاوهای هلشتاین سنجیده شده است (Kargar *et al.*, 2017b). داده با سه روش مهم الگوریتم انتخاب ویژگی یعنی روش‌های رتبه‌بندی^۳، گام به گام حرصانه^۴ و اولین-بهترین^۵ جهت تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر چربی شیر با استفاده از نرم‌افزار WEKA (نسخه ۳/۸؛ Kargar and *et al.*, 2015) واکاوی شد (Kargar and

آگاهی از تنظیم ساخت چربی شیر جهت توسعه راهبردهای تغذیه‌ای برای افزایش ارزش تغذیه‌ای شیر، کاهش دفع انرژی از طریق آن و بهبود توازن انرژی گاوهای شیری حیاتی است. چربی متغیرترین ترکیب شیر بوده و مقدار آن با تغذیه جیره‌های کم الیاف/پرکنسانتره و یا جیره‌هایی که دارای مکمل‌های چربی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه هستند، کاهش می‌یابد (Bauman and Griinari, 2001). ایزومر ترانس-۱۰، سیس-۱۲ اسید لینولئیک مزدوج که طی ایزومریزاسیون اسید لینولئیک شکل می‌گیرد (Wallace *et al.*, 2007) تنها واسط زیست‌هیدروژنه‌ای است که بعد از تزریق در مقادیر مختلف به داخل شیردان، مشخصاً ساخت چربی شیر را در گاو شیرده مهار می‌کند (Chouinard *et al.*, 1999). اغلب افزایش تولید شکمبه‌ای ایزومر ترانس-۱۰، سیس-۱۲ اسید لینولئیک مزدوج را علت اصلی کاهش چربی شیر دانسته‌اند اما اندازه‌گیری‌های مستقیم نشان می‌دهند که خروج شکمبه‌ای ایزومر ترانس-۱۰، سیس-۱۲ اسید لینولئیک مزدوج در گاوهای شیری کم‌تر از ۱/۵ گرم در روز است (Shingfield and Griinari, 2007). به هر حال، نشان داده شده است که تولید روزانه ۳/۹ گرم از ایزومر ترانس-۱۰، سیس-۱۲ اسید لینولئیک مزدوج در شیر به تنهایی موجب ۴۴ درصد کاهش در تولید چربی می‌شود (Baumgard *et al.*, 2000).

جیره‌هایی که سبب کاهش چربی شیر می‌شوند با تغییر در سوخت و ساز چربی در شکمبه موجب شکل‌گیری ایزومر ترانس-۱۰:۱ C۱۸:۱ به جای ایزومر ترانس-۱۱:۱ C۱۸:۱ می‌شوند (Shingfield and Griinari, 2007; Bauman and Griinari, 2001). اگر چه، در بین جیره‌های مختلفی که سبب کاهش چربی شیر شده‌اند، همواره افزایش در غلظت ایزومر ترانس-۱۰:۱ C۱۸:۱ در چربی شیر گزارش شده است، ولی تزریق شیردانی ۴۲/۶ گرم در روز از اسید چرب نسبتاً خالص (۹۵ درصد) ترانس-۱۰:۱ C۱۸:۱ در گاوهای شیری طی یک دوره چهار روزه اگر چه سبب افزایش غلظت آن از ۰/۴۷ به ۱/۱۱ گرم بر ۱۰۰ گرم اسید چرب در شیر شد، تأثیری بر تولید چربی شیر نداشت و این امر نشان می‌دهد که ایزومر

1. Feature selection algorithm
2. Data mining
3. Ranker
4. Greedy-stepwise
5. Best-first

انجام داده که دارای دو گره است. یک گره به صورت برگ که یک دسته را مشخص می‌کند و یک گره تصمیم که آزمون‌هایی روی یک صفت انجام می‌دهد تا یک شاخه به ازای هر خروجی آزمون تولید کند.

ج- الگوریتم^۱ LMT

این الگوریتم یک مدل طبقه‌بندی است که ترکیبی از پیش‌بینی لجستیک و یادگیری درخت تصمیم‌گیری لجستیک است (Landwehr *et al.*, 2005). این الگوریتم بر اساس رابطه متغیرهای وابسته و مستقل و در نظر گرفتن میزان خطا، داده را به زیر مجموعه‌هایی طبقه‌بندی می‌کند.

روش‌های مختلفی به منظور بررسی روش‌های انتخاب داده و انتخاب بهترین روش وجود دارد که از معروف‌ترین این روش‌ها می‌توان به AMS^۲ و ARAE^۳ اشاره کرد که در این مطالعه استفاده شده است (Naseriparsa *et al.*, 2014). در روش AMS به منظور بررسی دقت مدل از معادله زیر استفاده می‌شود. این روش نسبت بین میانگین تعداد کلاس‌های نادرست پیش‌بینی شده به وسیله مدل به تعداد کل داده است (Dash and Liu, 2003):

$$AMS = \frac{\sum_{i=1}^n MS_i}{N}$$

که MS_i تعداد کلاس‌های نادرست پیش‌بینی شده به وسیله مدل و N تعداد کل داده است. در روش ARAE از میانگین خطای مطلق نسبی به کل داده استفاده می‌شود (Dash and Liu, 2003).

$$ARAE = \frac{\sum_{i=1}^n RAE_i}{N}$$

که RAE_i خطای مطلق نسبی و N تعداد کل داده است. مجموع کل داده مورد مطالعه در این پژوهش و ویژگی هر کدام از آن‌ها (کمینه، بیشینه، میانگین و انحراف معیار) در جدول ۱ ارائه شده است.

(Mokarram, 2017a). در شکل ۱ روند عمل الگوریتم انتخاب ویژگی نمایش داده شده است. روش‌های مختلف انتخاب ویژگی تلاش می‌کنند تا زیر مجموعه‌ای با کمینه تعداد ویژگی (عوامل تأثیرگذار) ممکن برای پیش‌بینی هدف مورد نظر (چربی شیر) پیدا کنند. در تمام این روش‌ها بر اساس کاربرد و نوع تعریف، زیر مجموعه‌ای به عنوان جواب انتخاب می‌شود که بتواند مقدار یک تابع ارزیابی را بهینه کند. فرآیند انتخاب ویژگی در تمامی روش‌ها به بخش‌های زیر تقسیم می‌شود:

۱- تابع تولید کننده: این تابع زیر مجموعه‌های کاندید را برای روش مورد نظر پیدا می‌کند.

۲- تابع ارزیابی: زیرمجموعه مورد نظر را بر اساس روش داده شده، ارزیابی و یک عدد به عنوان خروجی روش در اختیار قرار می‌دهد. با روش‌های مختلف سعی در یافتن زیرمجموعه‌ای دارند که این مقدار را بهینه کند.

۳- شرط خاتمه: برای تصمیم‌گیری در مورد زمان توقف الگوریتم است.

در ادامه به کمک تابع تعیین اعتبار مشخص می‌شود که آیا زیر مجموعه انتخاب شده معتبر است یا خیر. گامه تعیین اعتبار به کمک این تابع در شکل ۲ نشان داده شده است.

درخت‌های تصمیم، روشی برای نمایش یک سری از قوانین هستند که منتهی به یک رده یا مقدار می‌شوند. درخت‌های تصمیمی که برای پیش‌بینی متغیرهای دسته‌ای استفاده می‌شوند، درخت‌های طبقه‌بندی نامیده می‌شوند. الگوریتم‌های درخت تصمیم که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته‌اند عبارتند از:

الف- الگوریتم Naive Bayes

این الگوریتم برای طبقه‌بندی داده از احتمال وقوع یا عدم وقوع پدیده‌ها استفاده می‌کند. در واقع، بر اساس ویژگی‌های ذاتی احتمال با آموزش و ارزیابی داده در نهایت داده را به زیر مجموعه‌هایی طبقه‌بندی می‌کند.

ب- الگوریتم J48

این الگوریتم سعی می‌کند تا به صورت بازگشتی مجموعه داده را با استفاده از اطلاعات نرمال به زیر مجموعه‌هایی تقسیم کند که از ریشه به سمت برگ حرکت کرده و در نهایت به طبقه مورد نظر می‌رسد. تولید درخت تصمیم اولیه از مجموعه داده مهم‌ترین بخش این الگوریتم محسوب می‌شود. این الگوریتم در نهایت یک طبقه‌بندی

1. Logistic model tree
2. Average number of misclassified samples
3. Average relative absolute error

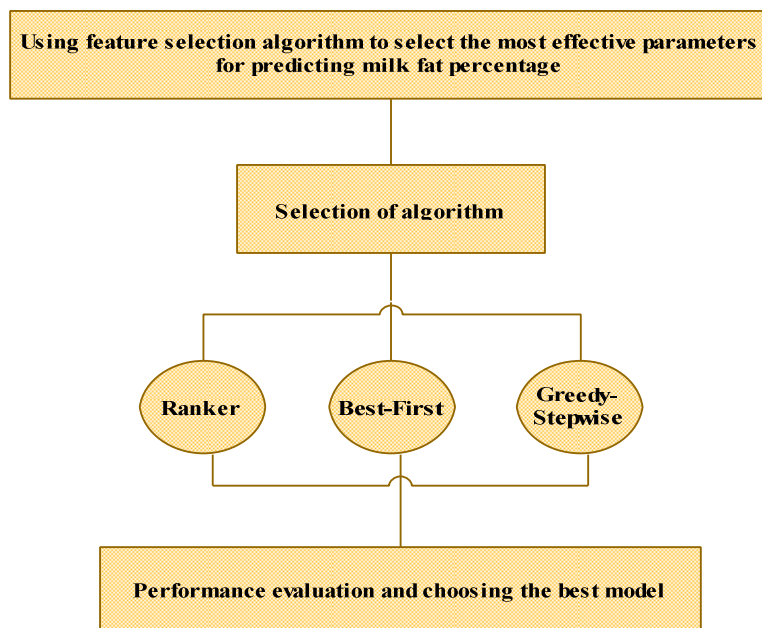


Fig. 1. Feature selection algorithm process to select the most effective fatty acids affecting milk fat percentage
 شکل ۱- روند الگوریتم انتخاب ویژگی برای انتخاب مؤثرترین اسیدهای چرب مرتبط با درصد چربی شیر

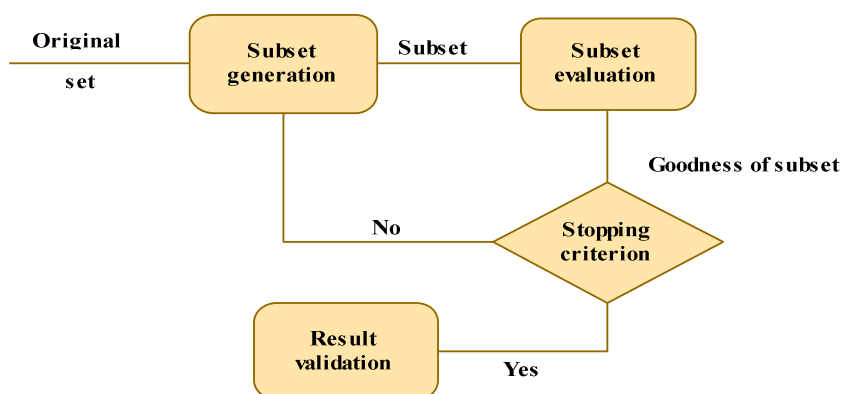


Fig. 2. Feature selection algorithm steps
 شکل ۲- گام‌های الگوریتم انتخاب ویژگی

طبقات پیش‌بینی شده درست و غلط از الگوریتم‌های Naive Bayes (جدول ۲)، J48 (جدول ۳) و LMT (جدول ۴) استفاده شد که نتایج آن به تفکیک الگوریتم به کار رفته و با در نظر گرفتن حالت آزمون 10 Fold و مدل طبقه‌بندی مجموعه آموزش کل در جداول ۳ تا ۵ نمایش داده شده است.

در طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم Naive Bayes و J48 روش‌های Best-First و Greedy-Stepwise با بیش‌ترین ضریب همبستگی و با کم‌ترین تعداد طبقات پیش‌بینی شده غلط به عنوان مناسب‌ترین روش‌ها برای تعیین

نتایج و بحث

مهم‌ترین اسیدهای چرب تأثیرگذار بر درصد چربی شیر که با روش‌های مختلف الگوریتم انتخاب ویژگی به دست آمده به تفکیک روش و مدل در جدول ۱ ارائه شده است. به منظور تولید درخت تصمیم با یک طبقه‌بندی ساده جهت به دست آوردن مناسب‌ترین روش انتخاب اسیدهای چرب مؤثر بر درصد چربی شیر با تعیین آماره‌های ضریب همبستگی، میانگین نسبی خطای مطلق، ریشه میانگین مربع خطا، خطای مطلق نسبی، ریشه مربع خطای نسبی، تعداد

جدول ۱- مؤثرترین اسیدهای چرب اثرگذار بر درصد چربی شیر به دست آمده با روش‌های مختلف انتخاب ویژگی

Table 1. The most effective fatty acids affecting milk fat percentage obtained by different feature selection methods

Parameter	Model	Method
C17:0 to C15:0, C10:1, t10 C16:1, c11 C16:1, c9 C17:1, t10 C18:1, c11+t15 C18:1, c13 C18:1, c15 C18:1, c9 C20:1	CFS-Subset-Eval	Best-First
C17:0 to C15:0, C10:1, t10 C16:1, c11 C16:1, c9 C17:1, t10 C18:1, c11+t15 C18:1, c13 C18:1, c15 C18:1, c9 C20:1	CFS-Subset-Eval	Greedy-Stepwise
c9 C17:1, n-3/n-6 PUFA, n-6/n-3 PUFA, C10:1, c9 C16:1, c9 C20:1, Total C16:1, c11+c15 C18:1, c15 C18:1, n-3 C20:3	Info-Gain-Attribute-Eval	
n-6 C18:3, t6+t7+t8 C16:1, c9 C20:1, c9 C17:1, C10:1, iso C16:0, t10 C18:1, Total t C16:1, Total c C16:1, t10 C16:1	Gain-Ratio-Attribute-Eval	
c9 C17:1, c9 C20:1, C10:1, n-6/n-3 PUFA, n-3/n-6 PUFA, c9 C16:1, t6+t7+t8 C16:1, n-3 C20:3, c11+t15 C18:1, Total C16:1	Symmetric-Attribute-Eval	Ranker
n-3 C20:3, n-6 C20:2, Total t C16:1, t10 C16:1, t6+t7+t8 C16:1, Total t MUFA, t11c15 C18:2, Total t C18:1, n-6 C22:4, c12 C18:1	ReliefF-Attribute-Eval	
n-6/n-3 PUFA, C18:0, Total t C16:1, t10 C16:1, Total t MUFA	Principal-Components	

PUFA = polyunsaturated fatty acids; MUFA = monounsaturated fatty acids

در نهایت به منظور اطمینان از انتخاب مناسب‌ترین روش برای تعیین اسیدهای چرب مرتبط با درصد چربی شیر از دو روش AMS و ARAE برای تعیین میزان خطای هر یک از روش‌ها استفاده شد که نتایج آن در جدول ۵ نمایش داده شده است. بر این اساس، روش Ranker با مدل ارزیابی توصیفات برجسته (ReliefF-attribute-evaluation) و الگوریتم LMT با کم‌ترین میزان خطا به عنوان مناسب‌ترین الگوریتم تعیین شد.

اسیدهای چرب تأثیرگذار بر درصد چربی شیر انتخاب شدند. در طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم LMT، همه روش‌ها به جز روش Ranker با مدل‌های مؤلفه اصلی (Principal-components) و ارزیابی توصیفی متقارن (Symmetric-attribute-evaluation) که بیش‌ترین تعداد طبقات پیش‌بینی شده غلط را داشتند، برای تعیین اسیدهای چرب تأثیرگذار بر درصد چربی شیر مناسب تشخیص داده شدند.

جدول ۲- ارزیابی طبقات با استفاده از الگوریتم Naive Bayes

Table 2. The assessment of classes using Naive Bayes algorithm

Method	Model	Classification model	Test mode	R ²	ARAE	RMSE	RAE	RSAE	Predicted class numbers	
									True	False
Best-First	CFS-Subset-Eval	Full training set	10 Fold class validates	0.85	0.06	0.23	16.68	54.29	59	5
Greedy-Stepwise	CFS-Subset-Eval	Full training set	10 Fold class validates	0.85	0.06	0.23	16.68	54.29	59	5
	Info-Gain-Attribute-Eval	Full training set	10 Fold class validates	0.71	0.11	0.32	29.23	76.48	54	10
	Gain-Ratio-Attribute-Eval	Full training set	10 Fold class validates	0.82	0.07	0.25	19.25	60.01	58	6
Ranker	Symmetric-Attribute-Eval	Full training set	10 Fold class validates	0.66	0.13	0.35	34.82	83.19	52	12
	ReliefF-Attribute-Eval	Full training set	10 Fold class validates	0.43	0.24	0.45	67.56	108.88	42	22
	Principal-Components	Full training set	10 Fold class validates	0.43	0.21	0.42	57.73	99.97	42	22

R² = correlation coefficient; ARAE = average relative absolute error; RMSE = root mean square error; RAE = relative absolute error; RSAE = root square absolute error

جدول ۳- ارزیابی طبقات با استفاده از الگوریتم J48

Table 3. The assessment of classes using J48 algorithm

Method	Model	Classification model	Test mode	R ²	ARAE	RMSE	RAE	RSAE	Predicted class numbers	
									True	False
Best-First	CFS-Subset-Eval	Full training set	10 Fold class	0.88	0.04	0.17	11.02	40.68	60	4
Greedy-Stepwise	CFS-Subset-Eval	Full training set	10 Fold class	0.88	0.04	0.17	11.02	40.68	60	4
	Info-Gain-Attribute-	Full training set	10 Fold class	0.82	0.06	0.22	17.30	52.58	58	6
	Gain-Ratio-Attribute-	Full training set	10 Fold class	0.79	0.07	0.25	19.96	58.14	57	7
Ranker	Symmetrizer-Attribute-	Full training set	10 Fold class	0.82	0.06	0.22	17.30	52.58	58	6
	ReliefF-Attribute-	Full training set	10 Fold class	0.69	0.11	0.29	30.56	69.68	53	11
	Principal-Components	Full training set	10 Fold class	0.77	0.08	0.24	21.99	59.11	56	8

R² = correlation coefficient; ARAE = average relative absolute error; RMSE = root mean square error; RAE = relative absolute error; RSAE = root square absolute error

محققین (Storry and Rock, 1965) نیز افزایش در غلظت اسید چرب ترانس ۱:۱۸ C را در چربی شیر با تغذیه جیره‌های کم الیاف/پرکنسانتره گزارش کردند. با پژوهش‌های بیش‌تری که در این زمینه صورت گرفت شواهدی دال بر ارتباط غلظت اسید چرب ترانس ۱:۱۸ با کاهش چربی شیر بدست آمد و در ادامه برای تأیید بیش‌تر نقش اسیدهای چرب ترانس ۱:۱۸ بر کاهش چربی شیر از روغن‌های گیاهی ناقص هیدروژنه شده به عنوان منبعی از اسیدهای چرب ترانس ۱:۱۸ استفاده شد. پژوهش‌گران نشان دادند که تغذیه ۲۲۲ گرم در روز از اسیدهای چرب ترانس ۱:۱۸ C سبب کاهش ۲۲ درصدی در تولید چربی شیر شد (Selner and Schultz, 1980). در پژوهش‌های بعدی با تزریق شیردانی ۲۶۰ تا ۳۲۵ گرم در روز از اسیدهای چرب ترانس ۱:۱۸ C کاهش ۱۴ تا ۲۵ درصدی در چربی شیر مشاهده شد (Romo *et al.*, 1994; *al.*, 1996). در هیچ یک از پژوهش‌های ذکر شده در بالا، الگوی اسیدهای چرب روغن گیاهی ناقص هیدروژنه شده گزارش نشده است تا بر آن اساس علت کاهش چربی شیر به یک یا چند اسید چرب نسبت داده شود. در پژوهشی که از ایزومرهای خالص اسیدهای چرب ترانس ۱:۱۸ C استفاده شد، اثری بر تولید چربی شیر با تزریق شیردانی ۲۵ گرم در روز از اسید چرب ترانس ۱:۱۸ C (Rindsig and Schultz, 1974) یا

از این رو، مهم‌ترین اسیدهای چرب مرتبط با چربی شیر ایکوزا تری انوئیک اسید (۳:۲۰ C -n)، ایکوزا دی انوئیک اسید (۲:۲۰ C -n)، مجموع کل اسیدهای چرب ترانس ۱:۱۶ C، ترانس-۱۰-۱:۱۶ C، ترانس-۶، ۷، ۸-۱:۱۶ C، مجموع کل اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دوگانه ترانس، ترانس-۱۱، سیس-۱۵-۲:۱۸ C، مجموع کل اسیدهای چرب ترانس ۱:۱۸ C، آدرنیک اسید (۴:۲۰ C -n) و سیس-۱۲-۱:۱۸ C تعیین شدند.

نظریه‌های توجیهی مختلفی در ارتباط با کاهش چربی شیر وجود دارد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها تئوری کل اسیدهای چرب ترانس است. برای اولین بار، اثر مستقیم مهای اسیدهای چرب ترانس بر ساخت چربی شیر در سال ۱۹۷۰ میلادی گزارش شد (Davis and Brown, 1970). اسیدهای چرب ترانس به صورت واسط‌های زیست‌هیدروژنه به هنگام اشباع شدن اسیدهای چرب غیراشباع در شکمبه به وسیله میکروب‌ها شکل می‌گیرند (Bauman and Griinari, 2001). نقش این اسیدهای چرب در ایجاد و توسعه کاهش چربی شیر بیش‌تر در جیره‌های دارای روغن گیاهی یا روغن ماهی مشاهده شده است. برای نمونه، Moore and Williams (1963) جزو اولین پژوهش‌گرانی بودند که افزایش در غلظت اسید چرب ترانس ۱:۱۸ C را در چربی شیر با تغذیه جیره‌های کم الیاف و غنی از روغن پنبه‌دانه مشاهده کردند.

ترانس ۱:۱۸ C که با تغذیه اسید اولئیک شکل می‌گیرند، تأثیری بر تولید چربی شیر ندارند (Selner and Schultz, 1980). بر این اساس، چنین استنباط شد که الگوی اسیدهای چرب ترانس ۱:۱۸ C به جای کل اسیدهای چرب ترانس ۱:۱۸ C یک عامل کلیدی در ایجاد و توسعه کاهش چربی شیر است.

۲۵ گرم در روز از آمیزه یکسانی از اسیدهای چرب ترانس-۱۱ و ترانس-۱۲ C:۱۸:۱ گزارش نشد (Griinari *et al.*, 2000b). به علاوه، سایر پژوهش‌گران با تغذیه ۵۰۰ گرم در روز اسید اولئیک افزایش سه برابری در غلظت اسیدهای چرب ترانس ۱:۱۸ C را بدون کاهش در چربی شیر مشاهده کردند و نشان دادند که اسیدهای چرب

جدول ۴- ارزیابی طبقات با استفاده از الگوریتم LMT

Table 4. The assessment of classes using LMT algorithm

Method	Model	Classification model	Test mode	R ²	ARAE	RMSE	RAE	RSAE	Predicted class numbers	
									True	False
Best-First	CFS-Subset-Eval	Full training set	10 Fold class	0.94	0.06	0.14	16.93	32.95	62	2
Greedy-Stepwise	CFS-Subset-Eval	Full training set	10 Fold class	0.94	0.06	0.14	16.93	32.95	62	2
	Info-Gain-Attribute-	Full training set	10 Fold class	0.94	0.08	0.17	22.97	40.21	62	2
	Gain-Ratio-Attribute-	Full training set	10 Fold class	0.97	0.09	0.17	26.08	40.84	62	2
Ranker	Symmetrizer-Attribute-	Full training set	10 Fold class	0.88	0.09	0.18	24.94	42.64	60	4
	ReliefF-Attribute-	Full training set	10 Fold class	0.94	0.03	0.12	8.96	27.57	62	2
	Principal-Components	Full training set	10 Fold class	0.82	0.10	0.21	27.11	49.92	58	6

R² = correlation coefficient; ARAE = average relative absolute error; RMSE = root mean square error; RAE = relative absolute error; RSAE = root square absolute error

می‌دهد که ایزومر ترانس-۱۰:۱ C اثر ضد ساخت چربی شیر نداشته است (Lock *et al.*, 2007). هم‌چنین، در پژوهشی بر مبنای واکاوی مؤلفه‌های اصلی و فرارگرسین مشخص شد که نیاز به غلظت آستانه‌ای ایزومر ترانس-۶، ۷ و ۸ C:۱۸:۱ (۰/۶۹ درصد) برای القاء بیشینه کاهش در چربی شیر کم‌تر از ترانس-۱۰:۱ C (۲/۳۷ درصد) است و از این رو چنین نتیجه‌گیری شد که ممکن است ایزومر ترانس-۶، ۷ و ۸ C:۱۸:۱ در ایجاد کاهش چربی شیر مهم‌تر باشد (Kadegowda *et al.*, 2008).

تزریق شیردانی آمیزه‌ای از ایزومرهای سیس-۹، ترانس-۱۱ و ترانس-۱۰، سیس-۱۲ اسید لینولئیک مزدوج به میزان ۳۰ گرم در روز به گاوهای شیری تولید چربی شیر را ۵۰ درصد کاهش داد (Chouinard *et al.*, 1999). در پژوهش‌های بعدی این ایزومرهای اسید لینولئیک مزدوج به طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفتند و نتایج نشان

برخی محققین (Griinari *et al.*, ۱۹۹۵) برای اولین بار مشاهده کردند که افزایش اسیدهای چرب ترانس ۱:۱۸ C با کاهش چربی شیر در گاوهایی که جیره کم الیاف/پرکنسانتره دریافت کرده بودند مرتبط است نه با جیره‌های پرالیاف. پژوهش‌های بعدی نشان داد که کاهش چربی شیر با افزایش غلظت ایزومر ترانس-۱۰:۱ C مرتبط است نه با افزایش غلظت کل اسیدهای چرب ترانس ۱:۱۸ C در چربی شیر (Griinari *et al.*, 1997; 1998). در ادامه افزایش غلظت ایزومر ترانس-۱۰:۱ C در سایر انواع جیره‌ها که موجب کاهش چربی شیر شد نیز گزارش شده است (Griinari *et al.*, 2000a). به هر حال، تزریق شیردانی ۴۲/۶ گرم در روز از اسید چرب نسبتاً خالص (۹۵ درصد) ترانس-۱۰:۱ C در گاوهای شیری طی یک دوره چهار روزه که سبب افزایش غلظت آن از ۰/۴۷ به ۱/۱۱ گرم بر ۱۰۰ گرم اسید چرب در شیر شد، تأثیری بر ترشح چربی شیر نداشت و این امر نشان

جدول ۵- دقت طبقه‌های مختلف الگوریتم انتخاب ویژگی

Table 5. The accuracy of different classes of Feature selection algorithm

Evaluation method						Model	Method
Naive Bayes		J48		LMT			
AMS	ARAE	AMS	ARAE	AMS	ARAE		
0.08	26.06	0.06	17.22	0.03	26.45	CFS-Subset-Eval	Best-First
0.08	26.06	0.06	17.22	0.03	26.45	CFS-Subset-Eval	Greedy-Stepwise
0.16	45.67	0.09	27.03	0.03	35.89	Info-Gain-Attribute-Eval	
0.094	30.08	0.11	31.19	0.03	40.74	Gain-Ratio-Attribute-Eval	
0.19	54.41	0.09	27.03	0.06	38.97	Symmetrizer-Attribute-Eval	Ranker
0.34	105.56	0.17	47.75	0.03	14.00	ReliefF-Attribute-Eval	
0.34	90.20	0.13	34.36	0.09	42.36	Principal-Components	

ARAE = average relative absolute error; AMS = Average number of misclassified samples

ترانس-۱۰:۱ C۱۶ با ساخت چربی شیر مرتبط هستند. بررسی منابع موجود نشان می‌دهد که بیش‌تر پژوهش‌های انجام گرفته در چند دهه گذشته به جداسازی و بررسی اثر ایزومرهای ترانس C۱۸:۱ بر ساخت چربی شیر معطوف بوده و به زعم دانسته ما، در هیچ پژوهشی به ارزیابی اثر ایزومرهای ترانس C۱۶:۱ پرداخته نشده است که می‌تواند دلایل متعددی داشته باشد که از آن جمله می‌توان به ضعف تکنیکی در جداسازی و خالص‌سازی ایزومرهای ترانس C۱۶:۱ و یا هزینه‌های زیاد انجام چنین پژوهش‌هایی اشاره کرد. اهمیت زیست‌شناختی سایر اسیدهای چربی که به وسیله این الگوریتم معرفی شده هنوز مشخص نشده و نیازمند انجام پژوهش‌های بیش‌تر در این زمینه است.

نتیجه‌گیری کلی

الگوریتم انتخاب ویژگی اثر اسیدهای چربی به غیر از ایزومر ترانس-۱۰:۱، سیس-۱۲ اسید لینولئیک مزدوج و ایزومر ترانس-۱۰:۱ C۱۸ را بر چربی شیر مؤثر نشان داد که ضروری است اهمیت زیست‌شناختی آنها در پژوهش‌های آینده مورد سنجش قرار گیرد.

داد که ایزومر ترانس-۱۰، سیس-۱۲ اسید لینولئیک مزدوج تولید چربی شیر را به شدت کاهش داد اما ایزومر سیس-۹، ترانس-۱۱ آن بی‌تأثیر بود (Baumgard *et al.*, 2000b). اغلب افزایش تولید شکمبه‌ای ایزومر ترانس-۱۰، سیس-۱۲ اسید لینولئیک مزدوج علت اصلی کاهش چربی شیر دانسته شده است، اما اندازه‌گیری‌های مستقیم نشان می‌دهند که خروج شکمبه‌ای ایزومر ترانس-۱۰، سیس-۱۲ اسید لینولئیک مزدوج در گاوهای شیری کم‌تر از ۱/۵ گرم در روز است (Shingfield and Griinari, 2007) و تولید روزانه ۳/۵ گرم در روز از ایزومر ترانس-۱۰، سیس-۱۲ اسید لینولئیک مزدوج فقط سبب ۲۵ درصد کاهش تولید چربی شیر شده است (Baumgard *et al.*, 2000a).

با توجه به مطالب ارایه شده در بخش بالا، به نظر می‌رسد اسیدهای چرب یا واسط‌های زیست‌هیدروژنه‌ای به غیر از ایزومر ترانس-۱۰:۱ C۱۸ و ترانس-۱۰، سیس-۱۲ اسید لینولئیک مزدوج با ساخت چربی شیر مرتبط باشند. نتایج واکاوی با الگوریتم انتخاب ویژگی نشان می‌دهد که علاوه بر کل اسیدهای چرب ترانس C۱۸:۱، کل اسیدهای چرب ترانس C۱۶:۱ به ویژه ایزومرهای ترانس-۶، ۷ و ۸ و

فهرست منابع

- Bauman D. E. and Griinari J. M. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: Low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science*, 70: 15–29.
- Baumgard L. H., Corl B. A. and Bauman D. E. 2000a. Effect of CLA isomers on fat synthesis during growth and lactation. In: *Proceedings of Cornell Nutrition Conference, USA*, pp. 180–190.
- Baumgard L. H., Corl B. A., Dwyer D. A., Saebø A. and Bauman D. E. 2000b. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. *American Journal of Physiology: Regulatory Integrative Comparative Physiology*, 278: R179–R184.

- Chouinard P. Y., Corneau L., Barbano D. M., Metzger L. E. and Bauman D. E. 1999. Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. *Journal of Nutrition*, 129: 1579–1584.
- Dash M. and Liu H. 2003. Consistency-based search in feature selection. *Artificial Intelligence*, 151: 155–176.
- Davis C. L. and Brown R. E. 1970. Low-fat milk syndrome, In: Phillipson, A.T. (Ed.), *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*, Oriol Press, Newcastle upon Tyne, UK, pp. 545–565.
- Gaynor P. J., Erdman R. A., Teter B. B., Sampugna J., Capuco A. V., Waldo D. R. and Hamosh, M. 1994. Milk fat yield and composition during abomasal infusion of *Cis* or *Trans* octadecenoates in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 77: 157–165.
- Griinari J. M., Bauman D. E. and Jones L. R. 1995. Low milk fat in New York Holstein herds. In: *Proceedings of Cornell Nutrition Conference, USA*, pp. 96–105.
- Griinari J. M., Nurmela K. V. V. and Bauman D. E. 1997. Trans-10 isomer of octadecenoic acid corresponds with milk fat depression: [abstract]. *Journal of Dairy Science*, 80 (Suppl. 1): 204.
- Griinari J. M., Dwyer D. A., McGuire M. A., Bauman D. E., Palmquist D. L. and Nurmela K. V. 1998. Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 81: 1251–1261.
- Griinari J. M., Bauman D. E., Chilliard Y., Perajoki P. and Nurmela K. 2000a. Dietary influences on conjugated linoleic acids (CLA) in bovine milk fat. In: *Proceedings of 3rd Meeting of the European Section of AOCS- Oils and Fats: from Basic Research to Industrial Applications; June 18–21, Helsinki, Finland*.
- Griinari J. M., Corl B. A., Lacy S. H., Chouinard P. Y., Nurmela K. V. V. and Bauman D. E. 2000b. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by D⁹-desaturase. *Journal of Nutrition*, 130: 2285–2291.
- Hall M., Frank E., Holmes G., Pfahringer B., Reutemann P. and Witten I. H. 2015. *The WEKA Data Mining Software Version 3.8*. The University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
- Kadegowda A. K. G., Piperova L. S. and Erdman R. A. 2008. Principal component and multivariate analysis of milk long-chain fatty acid composition during diet-induced milk fat depression. *Journal of Dairy Science*, 91: 749–759.
- Kargar S. and Mokarram M. 2017a. Use of feature selection algorithm to determine the most important factors affecting milk fat percentage of Holstein dairy cows. *Journal of Ruminant Research*. 4: 149–166.
- Kargar S., Ghorbani G. R., Khorvash M., Kahyani A., Karimi-Dehkordi S., Safahani-Langarudi M., Fievez V. and Schingoethe D. J. 2017b. Milk fat secretion in Holstein dairy cows: Insights from grain type and oil supplement. *Livestock Science*, 196: 36–41.
- Landwehr N., Hall M. and Frank E. 2005. Logistic model trees. *Machine Learning*, 59: 161–205.
- Lock A. L., Tyburcy C., Dwyer D. A., Harvatine K. J., Destailats F., Mouloungui Z., Candy L. and Bauman D. E. 2007. Trans-10 octadecenoic acid does not reduce milk fat synthesis in dairy cows. *Journal of Nutrition*, 137: 71–76.
- Moore J. H. and Williams D. L. 1963. Effect of fat and fibre in the diet of the cow on the proportion of cis- and trans-octadecenoic acid (18:1) in the milk fatty acids. Report: National Institute for Research in Dairying, 128.
- Naseriparsa M., Bidgoli A. M. and Varaee T. 2014. A hybrid feature selection method to improve performance of a group of classification algorithms. *International Journal of Computer Applications*, 69: 28–35.
- Rindsig R. B. and Schultz L. H. 1974. Effects of abomasal infusions of safflower oil or elaidic acid on blood lipids and milk fat in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 57: 1459–1466.
- Romo G. A., Casper D. P., Erdman R. A. and Teter B. B. 1996. Abomasal infusion of cis or trans fatty acid isomers and energy metabolism of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 79: 2005–2015.
- Selner D. R. and Schultz R.H. 1980. Effects of feeding oleic acid or hydrogenated vegetable oils to lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 63: 1235–1241.
- Shingfield K. J. and Griinari J. M. 2007. Role of biohydrogenation intermediates in milk fat depression. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109: 799–816.
- Story J. E. and Rook J. A. F. 1965. The effects of a diet low in hay and high in flaked maize on milk fat secretion and on the concentration of certain constituents in blood plasma. *British Journal of Nutrition*, 19: 101–109.
- Wallace R. J., McKain N., Shingfield K. J. and Devillard E. 2007. Isomers of conjugated linoleic acids are synthesized via different mechanisms in ruminal digesta and bacteria. *Journal of Lipid Research*, 48: 2247–2254.



Use of feature selection algorithm to determine the most effective fatty acids associated with milk fat of Holstein cows

S. Kargar^{1*}, M. Mokarram

1. Assistant Professor, Department of Animal Sciences, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

2. Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Darab, Iran

(Received: 25-02-2017 – Accepted: 24-10-2017)

Abstract

Understanding the regulation of milk fat biosynthesis is vital to the development of nutritional strategies to increase the nutritional value of milk, reduce milk-energy out-put and improve the energy balance of lactating cows. The objective of this study was to determine the most important fatty acids affecting milk fat of Holstein cows using feature selection algorithm. Feature selection algorithm is one of the data mining methods which is used to determine the most effective and best-known parameters predicting targeted trait. A total of 3072 raw data and three important methods of feature selection with six models was used. Data was analyzed using the WEKA Software (v. 3.8). Results indicated that Ranker method of feature selection algorithm is the most appropriate method to select the most important fatty acids affecting milk fat using LMT classification with minimized error. Accordingly, *n*-3 C20:3 (eicosatrienoic acid), *n*-6 C20:2 (eicosadienoic acid), total trans C16:1, *trans*-10 C16:1, *trans*-6, 7, 8 C16:1, total trans monounsaturated fatty acids, *trans*-11, *cis*-15 C18:2, total trans C18:1, *n*-6 C20:4, and *cis*-12 C18:1 were determined as the most important fatty acids affecting milk fat. Feature selection algorithm showed that fatty acids other than *trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid and *trans*-10 C18:1 is associated with milk fat biosynthesis which is necessary to be further characterized their biological importance in the next future studies.

Keywords: Feature selection algorithm, Data mining, Milk fat depression, Dairy cow

*Corresponding author: skargar@shirazu.ac.ir