مجله علوم كشاورزي ايران
جلد ۳۸، شماره ۱، سال ۱۳۸٦ (۷۶-۶۷)

بررسي روند تغييرات توليد شير در طول دوره شيردهي با استفاده از توابع رياضي در گاوهاي هلشتاين ايران

هادي آتشي[1]، محمد مرادي شهربابك *[2] و احمد مقيمي اسفندآبادي[3]
۱، ۲، دانشجوي دوره دكتري و دانشيار پرديس كشاورزي و منابع طبيعي دانشگاه تهران
۳، كارشناس ارشد مركز اصلاح نژاد دام كشور
(تاريخ دريافت: ۸۴/۶/۱۵ - تاريخ تصويب:۸۵/۷/۱۹)

چكيده

در اين تحقيق به منظور بررسي روند تغييرات توليد شير گاوهاي هلشتاين ايران در طول دوره شيردهي و بررسي عوامل موثر بر صفات منحني شيردهي، ركوردهاي روزآزمون دوره اول شيردهي ۳٦٤۸۷ گاو، كه در بين سال‌هاي ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۲ توسط مركز اصلاح نژاد دام كشور جمع‌آوري شده بود مورد استفاده قرار گرفت. هفت تابع رياضي مختلف با ركوردهاي روز آزمون توليد شير انفرادي هر گاو برازش داده شدند و بر اساس ميانگين ضريب تعيين، تابع گاماي ناقص به عنوان بهترين تابع مشخص شد. در مرحله بعد عوامل موثر بر صفات منحني شيردهي مورد بررسي قرار گرفتند. صفات منحني شيردهي بررسي شده عبارت بودند از: ميزان توليد اوليه، شيب مرحله افزايشي و كاهشي منحني شيردهي و همچنين صفاتي از قبيل ميزان توليد ۳۰۵ روز شيردهي، تداوم شيردهي، ميزان توليد در اوج، و زمان رسيدن توليد به اوج كه با استفاده ازپارامترهاي تابع گاماي ناقص بدست آمدند. اثر عواملي از قبيل گله-سال-فصل زايش، تعداد ركوردهاي روزآزمون، روز شيردهي در هنگام اولين و آخرين ركوردگيري و تعداد روزهاي غير آبستن بر بيشتر صفات بررسي شده معني‌دار بود(**P<0.01**). توليد شير ۳۰۵ روز با تمام صفات بررسي شده به جز شيب مرحله افزايشي منحني شيردهي به طور مثبت همبسته بود و با ميزان توليد در هنگام اوج توليد بيشترين همبستگي(۰/۹۰) را دارا بود.

واژه‌هاي كليدي: گاوهاي هلشتاين ايران، منحني شيردهي، تابع گاما، ركوردهاي روزآزمون

مقدمه

توليد در گاو شيري بعد از زايش شروع و تا زمان خشك كردن (دو ماه قبل از زايش بعد) ادامه دارد. تغييرات توليد شير در طول دوره شيردهي را منحني شيردهي[1] گويند كه عبارت از توصيف نموداري رابطه بين تغييرات توليد شير در طول زمان است(۲، ۹). منحني شيردهي در يك گاو سالم تا مدتي بعد از زايش با شيب زيادي افزايش مي‌يابد و در روزهاي۳۰ تا ۹۰ شيردهي به اوج[2] مي رسد و سپس به تدريج تا پايان دوره شيردهي با سرعت كمتر نسبت به مرحله اول كاهش مي‌يابد(۲، ۱۵). بررسي روند توليد شير در طول زمان مي‌تواند در تعيين بازدهي بيولوژيكي و اقتصادي يك گاو از نظر تغذيه و انتخاب موثر باشد(۲) . به دليل محدود بودن توان مصرف مواد خوراكي در اوائل دوره شيردهي و به منظور تامين مواد مغذي مورد نياز توليد شير بالا، مقدار مواد متراكم جيره افزايش مي‌يابد كه منجر به افزايش هزينه‌هاي خوراك مي‌گردد. علاوه بر اين، افزايش ميزان مواد متراكم در جيره احتمال بروز ناهنجاريهايي در مصرف خوراك و سلامتي دام (اسيدوزيس- جابه جايي شيردان) را افزايش مي دهد. جابه جايي ذخاير چربي بدن

1. Lactation curve
2. Peak

* نويسنده مسئول: محمدمرادی شهربابک
تلفن: ۰۲۶۱-۲۲۴۸۰۸۲ E-mail:moradim@ut.ac.ir

به منظور تامين انرژي مورد نياز جهت توليد شير بالا در اوائل دوره شيردهي مي تواند ناهنجاريهاي توليد مثلي و بروز بيماري کتوزيس را افزايش دهد. گاوهاي داراي منحني شيردهي تخت‌تر[1] در مقايسه با گاوهاي داراي تداوم شيردهي[2] کمتر (ميزان کاهش توليد بعد از اوج توليد تا هنگام خشکي را تداوم شيردهي گويند) جهت توليد حجم شير يکسان در کل دوره شيردهي، نياز به مقدار مواد متراکم کمتري دارند و در نتيجه امکان تغذيه آنها متناسب با تغييرات توليد شيرشان وجود دارد که اين امر احتمال بروز ناهنجاريهاي متابوليکي و مشکلات بعد از زايش، توليد مثلي و پستاني را کاهش مي‌دهد (۲). بنابراين با توجه به دلايل فوق گاوداران گاوهاي باپشت شير(داراي تداوم شيردهي بيشتر و منحني تخت تر) را ترجيح مي‌دهند. توابع رياضي متفاوتي براي بررسي منحني شيردهي و برآورد توليد در کل دوره شيردهي با استفاده از تعدادي رکورد پيشنهاد شده است (۳، ۵، ۶، ۷، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۷) و در بخش مواد و روش‌ها تعدادي از آنها ذکر خواهد شد. از آنجا که تنوع منحني شيردهي در گاوها زياد است مي‌توان با استفاده از تابع منحني شيردهي پارامترهاي ژنتيکي صفات منحني شيردهي از قبيل شيب مرحله افزايشي و کاهشي را برآورد کرد و از آن براي انتخاب حيوانات در جهت تغيير شکل منحني شيردهي استفاده نمود. در مطالعات زيست اقتصادي[3] براي شبيه‌سازي[4] سيستم پرورش گاو شيري از تابع منحني شيردهي به منظور پيش بيني ميزان توليد شير گله استفاده مي شود. همچنين با استفاده از اين تابع مي توان توليد در هر روز يا هر گامه شيردهي (دوره‌هاي ناقص يا کامل) را با کمترين ميزان اريب برآورد کرد. در تحقيق حاضر هفت تابع رياضي مختلف براي بررسي منحني شيردهي، بررسي عوامل موثر بر پارامترها منحني شيردهي و برآورد همبستکي بين پارامترهاي مذکور با يکديگر و با ميزان توليد شير در گاوهاي هلشتاين ايران بررسي شد. توابع مورد مطالعه در بخش مواد و روش‌ها به طور کامل تشريح خواهند شد.

1. Flatter
2. Persistency
3. Bioeconomic
4. Simulation

مواد و روش‌ها

داده‌ها

در اين تحقيق از رکوردهاي روز آزمون توليد شير مربوط به دوره اول شيردهي و سه بار دوشش در روز سالهاي ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۲ موجود در مرکز اصلاح نژاد دام کشور استفاده شد. از داده‌هاي گاوهاي داراي حداقل هشت رکورد در طول دوره شيردهي با فاصله زايش تا اولين رکورد روز آزمون ۴ تا ۴۵ روز و فاصله زايش تا دومين رکورد ۱۴ تا ۷۰ روز استفاده شد. دامنه تغييرات مقدار توليد شير روزانه ۳ تا ۷۵ کيلوگرم، سن زايش اول ۲۰ تا ۴۰ ماه و تعداد روزهاي غير آبستن با حداقل ۴۰ روز در نظر گرفته شد. بعد از ويرايشهاي ذکر شده ۳۴۹۶۶۸ رکورد روز آزمون مربوط به ۳۶۴۸۷ گاو مورد استفاده قرار گرفت. دامنه تغييرات تعداد مشاهدات در هر دوره ۸-۱۲ رکورد بود. آماره‌هاي توصيفي داده هاي مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است.

توابع مورد ارزيابي

توابع رياضي متفاوتي براي تشريح منحني شيردهي در گاوهاي شيري پيشنهاد شده است (۳، ۶، ۷، ۹، ۱۲، ۱۶، ۱۷). در اين پژوهش تعداد هفت تابع انتخاب و مقايسه شدند. در تمام توابع y_t نشان دهنده توليد در زمان t دوره شيردهي مي باشد. a, b و c نيز ضرايب رگرسيون هر کدام از توابع مي باشند.

تابع گاماي ناقص[5] (IGF)

اين تابع به صورت گسترده‌اي در مطالعات منحني شيردهي استفاده شده و شکل رياضي آن به صورت زير است (۱۷).

$$y_t = a\, t^b\, e^{-ct} \qquad (1$$

استفاده گسترده از اين تابع به دلايل زيرمي‌باشد. سه پارامتر اين تابع داراي توجيه بيولوژيکي مناسب مي‌باشند. يعني a يك پارامتر مرتبط با توليد اوليه ، b پارامتر مربوط به شيب مرحله افزايشي منحني شيردهي و c پارامتر مربوط به شيب مرحله کاهشي منحني شيردهي مي باشد. با اين تابع مي توان علاوه بر برآورد توليد شير در دوره‌هاي کامل

5. Incomplete Gamma Function

جدول١- آماره‌هاي توصيفي رکوردهاي روزانه مورد استفاده

	تعداد	ميانگين (کيلو گرم)	انحراف معيار (کيلو گرم)	حداکثر (کيلو گرم)	حداقل (کيلو گرم)	ميانگين روز شيردهي (روز)
ماه اول	٣٦٤٨٧	٢٥/١١	٦/٠٧	٦٢/٤	٣/٢	١٩
ماه دوم	٣٦٤٨٧	٢٨/٥٣	٦/٧٦	٥٧	٣/٢	٤٩/٣٧
ماه سوم	٣٦٤٨٧	٢٨/٢٩	٦/٢٩	٥٩/٦	٣/٢	٨٠
ماه چهارم	٣٦٤٨٧	٢٧/٥	٦/٣١	٦١/٤	٣/٤	١١٠
ماه پنجم	٣٦٤٨٧	٢٦/٦٠	٦/٣٣	٦٦/٤	٣/٥	١٤١
ماه ششم	٣٦٤٨٧	٢٥/٦٣	٦/٢٨	٥١	٣/٦	١٧١
ماه هفتم	٣٦٤٨٧	٢٤/٦٢	٦/٢٩	٥٢	٣/٤	٢٠١
ماه هشتم	٣٦٤٨٧	٢٣/٥٩	٦/١٦	٥٠/٦	٣/٢	٢٣٢
ماه نهم	٢٦٥٤٢	٢٢/٣٢	٦/١٤	٦٩/٤	٣/١	٢٦٢
ماه دهم	٢٢٤٥٦	٢١/٤	٦/٠٩	٥١/٨٠	٣/١	٢٩٢
ماه يازدهم	٥٣٣٤	١٩/٦	٦/٠٩	٥١/٨٠	٣/٠	٣٢١
ماه دوازدهم	٣٤٤٠	١٨/٢	٦/٠٩	٥١/٨٠	٣/٠	٣٤٩

يا ناقص شيردهي ، زمان اوج توليد[1]، ميزان توليد در اوج[2] و تداوم شيردهي را به سادگي برآورد کرد. بدين منظور چنانچه مشتق اول تابع نسبت به زمان (t) مساوي صفر قرار داده شود روز اوج توليد بدست مي‌آيد که برابر با نسبت b/c مي‌باشد. با قرار دادن زمان اوج توليد(b/c) به جايt در تابع، ميزان توليد در گامه اوج توليد محاسبه مي شود که برابر است با:

$$Y_{max} = a\,(b / c)^{b}\, e^{-bt} \qquad (٢$$

تابع زير براي بدست آوردن ميزان تداو م شيردهي پيشنهاد شده است(١٧).

$$S = -\,(b+1)\ln c \qquad (٣$$

بطوريکه S نشاندهنده تداوم شيردهي بوده و پارامترهايb وc در بالا تشريح شده‌اند. اين تابع را مي‌توان با تبديل لگاريتمي به شکل خطي و به صورت زير نشان داد.

$$Ln(y_t) = \ln(a) + b\ln(t) - c\,t \qquad (٤$$

در تحقيق حاضر از شکل خطي تابع استفاده گرديد.

تابع چند جمله‌اي معکوس[3] **(PIF)**

از اين تابع نيز به طور گسترده‌اي در مطالعات منحني شيردهي استفاده مي‌شود. مشکل توابع چند جمله‌اي معمولي اين است که به طور نامحدود و همواره با گذشت زمان يك مقداري را پيش‌بيني مي‌کنند ولي در عمل دوره شيردهي در يك مقطع زمان متوقف مي‌شود. اما اين مشکل با استفاده از توابع چند جمله اي‌هاي معکوس برطرف مي‌گردد. در اين حالت با افزايش زمان (t) مقدار توليد شير پيش‌بيني شده در يك مقطع متوقف مي شود. شکل رياضي تابع به صورت زير مي‌باشد (٧).

$$y_t^{-1} = a + bt^{-1} + ct \qquad (٥$$

همانند تابع گاماي ناقص سه پارامتر اين تابع نيز داراي توجيه بيولوژيکي مناسب مي‌باشند بطوريکه a پارامتر مرتبط با شدت افزايش تا اوج شيردهي، b پارامتر مرتبط به متوسط شيب منحني شيردهي و c پارامتر مربوط به شدت کاهش بعد از اوج شيردهي مي‌باشد.

تابع نمايي[4] **(EF)**

شکل رياضي اين تابع به شکل زير مي‌باشد.

$$Y_t = a + be^{-0.05t} + c\,t \qquad (٦$$

در اين تابعa نشاندهنده سطح توليد، b پارامتر شيب کاهشی توليد بعد از اوج شيردهي وc پارامتر شيب افزايشي توليد به سمت اوج شيردهي مي‌باشد(١٦).

تابع لگاريتمي مختلط[5] **(MLF)**

شکل رياضي تابع به شکل زير است (٦).

1. Peak time
2. Peak yield
3. Polynomial inverse function
4. Exponential Function
5. Mixed log Function

$$Y_t = a + bt^{0.5} + c \ln(t) \quad (۷$$

پارامترهاي اين تابع و ساير توابع كه در زير خواهد آمد داراي توجيه بيولوژيكي مشخص و تعريف شده‌اي نبوده و فقط مي‌توان گفت كه، a، b وc ضرايب رگرسيون توابع مي‌باشند.

تابع پيشنهاد شده توسط ديو[1] **(DF)**

شكل عمومي تابع به صورت زير است(۳).

$$Y_t = a + b\,t - c\,t^2 \quad (۸$$

تابع سينگ و گوپال[2] **(SGF)**

تابع SGF يك تابع خطي لگاريتمي مي‌باشد و شكل رياضي آن به صورت زير مي باشد(۱۲).

$$Y_t = a - b\,t + c \ln(t) \quad (۹$$

تابع **RF**[3]

يك تابع رگرسيوني است كه براي اولين بار در اين تحقيق استفاده شده و شكل عمومي تابع به صورت زير است.

$$y_t = a + bt^{0.5} + ct \quad (۱۰$$

توليد شير ۳۰۵ روز كه برابر با مساحت زير منحني مي‌باشد را مي‌توان با محاسبه انتگرال ۱تا ۳۰۵ هر كدام از توابع برآورد كرد.

برازش توابع[4]

با استفاده از زبان برنامه‌نويسي ويژوال بيسيك برنامه‌اي تهيه شد و با استفاده ازآن هر تابع با ركوردهاي روز آزمون توليد شير انفرادي هر حيوان برازش داده شد و در هر بار برازش ضرايب رگرسيون هر تابع وضريب تعيين مربوطه برآورد گرديد. روش كار برنامه مذكور بدين شكل بود كه در مرحله اول ركوردهاي روزآزمون توليد شير، زمان ركوردگيري (روز شيردهي كه ركورد روزآزمون مورد نظر گرفته شده است) و شماره دام از فايل ورودي برنامه خوانده مي‌شد. در مرحله بعد پارامترها و ضريب تعيين هر تابع براي هر حيوان برآورد مي‌شد و در فايل خروجي به همراه شماره حيوان مربوطه چاپ مي‌گرديد. در بيشتر مطالعات، عمل برازش توابع با ميانگين ركوردهاي روزآزمون كل حيوانات صورت مي‌گيرد و ركوردهاي هر حيوان به طور جداگانه مورد برازش قرار نمي‌گيرد. اما اين برنامه قابليت برازش با ركوردهاي روزآزمون هر حيوان به طور جداگانه و برآورد پارامترهاي هر تابع براي هر حيوان را دارا بود. پر واضح است كه تعداد ضريب تعيين برآورد شده براي هر تابع به تعداد دفعات برازش هر تابع و برابر با تعداد كل گاوهاي مورد مطالعه بود.

مقايسه توابع

به منظور مقايسه و ارزيابي توابع، معيارهاي مختلفي ارايه شده است. پيش از معرفي اين معيارها ذكر اين نكته ضروري است كه از بين هفت تابع مورد بررسي در اين پژوهش دو تابع گاماي ناقص خطي شده و چند جمله‌اي معكوس داراي مقياس مشاهدات (توليد شير) متفاوت از ساير توابع مي باشند. بطوريكه در تابع گاماي ناقص خطي شده، لگاريتم مشاهدات و در تابع چند جمله‌اي معكوس، معكوس مشاهدات مورد برازش قرار داده مي‌شوند در حاليكه در ساير توابع از شكل تغيير نيافته مشاهدات استفاده مي گردد. كاملا مشخص است كه براي مقايسه اين توابع بايد معياري را مورد استفاده قرار دادكه اثر مقياس اندازه‌گيري مشاهدات در آن وجود نداشته باشد. به همين دليل از ضريب تعيين براي اين منظور استفاده شد. ضريب تعيين مهمترين معيار براي ارزيابي و تعيين ميزان شايستگي توابع رگرسيوني مي‌باشد و برابر با نسبت مجموع مربعات مدل (تابع) به مجموع مربعات كل مي‌باشد و به شكل زير محاسبه مي‌گردد.

$$R^2 = SSM/SST \quad (۱۱$$

به طوريكه SSM برابر با مجموع مربعات مدل و SST برابر با مجموع مربعات كل مي‌باشد (۱). از آنجا كه اين معيار برابر با نسبت دو نوع مجموع مربعات است بنابراين اثر مقياس (واحد اندازه‌گيري مشاهدات) باقي نخواهد ماند و مقايسه مدل‌ها با مقياس‌هاي مختلف اندازه‌گيري مشاهدات را امكان‌پذير مي‌سازد.

1. Dave Function
2. Singh & Gopal Function
3. Regression Function
4. Functions Fitting

مدل آماري

عواملي مختلفي از قبيل ژنتيك دام، سن زايش، تغذيه، فصل زايش و شيردهي، آبستني، تعداد روزهاي غير آبستن بر شكل منحني شيردهي تاثير دارند (۲، ۴، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴). همانطور كه در بخش‌هاي بالا ذكر شد دفعات برازش هر تابع به تعداد حيوانات (گاوها) مورد مطالعه بود. بنابراين پارامترهاي سه گانه (ضرايب رگرسيون) و ضريب تعيين برآورد شده براي هر تابع به تعداد حيوانات مورد مطالعه بود. لذا مي‌توان اثر عوامل مختلف را بر هركدام از ضرايب رگرسيوني بررسي كرد. به عبارت ديگر هر كدام از پارامترهاي در هر كدام از توابع را مي‌توان به عنوان يك صفت در نظر گرفت كه در بين حيوانات از اين نظر تنوع و تفاوت وجود دارد (۴، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴). در اين پژوهش بعد از مقايسه شايستگي توابع بر اساس ضريب تعيين، عوامل موثر بر پارامترهاي تابع برگزيده (صفات منحني شيردهي) با استفاده از Proc GLM از نرم‌افزار آماري SAS و مدل آماري زير بررسي شدند(۴، ۱۰، ۱۲، ۱۴)

$$y_{ijk} = HYS_i + NTD_j + \sum_{i=1}^{4} b_i(x_i) + e_{ijk}$$

y_{ijk}= k امين مشاهده مربوط به j امين گروه NTD و i امين گروه HYS

HYS_i= اثر ثابت i امين تركيب گله- سال- فصل زايش

NTD_j= اثر ثابت تعداد ركوردهاي روزآزمون هر گاو كه بين ۸ تا ۱۲ متغير بود.

x_1= سن در در زمان زايش (روز).

x_2= روز شيردهي در زمان اولين ركورد روز آزمون

x_3= روز شيردهي در زمان آخرين ركورد روز آزمون.

x_4= تعداد روزهاي غير آبستن.

b_1، b_2، b_3 و b_4= ضرايب تابعيت خطي صفات مورد بررسي به ترتيب شامل سن در زايش اول، روز شيردهي در زمان اولين ركوردگيري، روز شيردهي در زمان آخرين ركوردگيري وتعداد روزهاي غيرآبستن.

e_{ijk} = اثر باقيمانده.

نتايج و بحث

ميانگين و انحراف معيار پارامترها (ضرايب رگرسيون) و ضريب تعيين هر تابع در جدول ۲ ارايه شده است. براي تابع گاماي ناقص خطي شده، از لگاريتم مقدار a به جاي a استفاده شده است (Ln(a)= ۲/۵۴). ولي براي پارامترهاي b و c اين تابع و پارامترهاي ساير توابع ارزش واقعي آنها ارائه شده است. دامنه تغييرات ضريب تعيين توابع مختلف (±۰/۲۴۸) ۰/۶۱ تا (±۰/۲۴۵) ۰/۵۸ بود. ضرايب تعيين در تابع گاماي ناقص و ديو به ترتيب ۰/۶۱ و ۰/۵۸ بود كه بيشترين و كمترين مقدار بود. اين ضريب براي تابع گاماي ناقص خطي شده برازش داده شده با ركوردهاي گاوهاي هلشتاين تركيه ۰/۷۵ گزارش شده است(۱۴). در يك تحقيق با استفاده از پنج تابع گاماي ناقص، نمايي، چند جمله‌اي معكوس، لگاريتمي مختلط و رگرسيون چند جمله‌اي ضرايب تعيين بين ۰/۹۴ تا ۰/۹۹ گزارش شد.قابل ذكر است كه در مطالعه مزبور توابع با ميانگين توليد شير روزانه گروه‌هاي مديريتي مختلف گاوها برازش شدند و از داده‌هاي هر گاو به طور جداگانه استفاده نشد(۸). .اگرچه اختلاف ميانگين ضرايب تعيين بين توابع مختلف تقريبا كم مي‌باشد اما با توجه به تعداد زياد برازش‌ها براي هر تابع (كه برابر با تعداد حيوانات بود) و بنابراين تعداد زياد ضرايب تعيين برآورد شده براي هر تابع و استفاده شده براي محاسبه ميانگين ضريب تعيين هر تابع، همين اختلاف كم نيز مي تواند براي رتبه‌بندي توابع استفاده گردد. لذا با توجه به معيار فوق (ضريب تعيين) تابع گاماي ناقص به دليل داشتن بيشترين ميانگين ضريب تعيين به عنوان تابع مطلوب در بين هفت تابع بررسي شده برگزيده شد. در يك پژوهش كارايي بيست تابع رياضي در تشريح منحني شيردهي گاوهاي شيري ارزيابي و نشان داده شد كه تابع گاماي ناقص به نحو مطلوبتري در مقايسه با ساير توابع با داده ها برازش داده شد(۹). بعد از برآورد پارامترهاي منحني شيردهي با استفاده از تابع گاماي ناقص خطي يا غير خطي در يك جمعيت، درصدي از منحني‌ها غير عادي[1] مي‌باشند. منحني‌هاي غيرعادي، منحني‌هاي را گويند كه حداقل يكي از پارامترهايش منفي باشد. برآورد منفي براي پارامترa نشان مي‌دهد كه ميزان توليد اوليه منفي است.

1. Atypical

اگر پارامتر b منفي و c مثبت باشد بدين معني است كه منحني شيردهي به شكل سرازير[1] مي‌باشد و همواره با گذشت زمان توليد شير كاهش مي‌يابد. اگر b و c هر دو منفي باشد منحني شيردهي به شكل مقعر[2] مي‌باشد و نشان مي‌دهد كه توليد شير بعد از زايش كاهش مي‌يابد تا به يك حداقل برسد و سپس به تدريج تا پايان دوره شيردهي افزايش مي‌يابد. حال آنكه در منحني شيردهي عادي توليد اوليه بيشتر از صفر بوده و شكل منحني شيردهي محدب[3] مي‌باشد بنابراين در تمام حالات به جز وقتي كه تمام ضرايب مثبت باشند منحني شيردهي غير عادي مي‌باشد. در اين تحقيق تعداد ۶۴۶۰ دوره شيردهي از تعداد كل ۳۶۴۸۷، منحني غير عادي وجود داشت و برابر با ۱۷/۷ درصد از كل شيردهي‌ها بوده كه از آناليزهاي بعد حذف شدند. درصد منحني‌هاي غير معمول در پژوهشهاي مختلف متفاوت بوده و بين۱۵ تا ۴۲ در صد گزارش شده است (۱۰، ۱۴). از دلايل غير عادي بودن منحني شيردهي علاوه بر عدم وجود دقت لازم در جمع‌آوري داده‌ها مي‌توان به بيمار شدن حيوان در طول دوره شيردهي و با احتمال كمتري تغييرات مديريتي اشاره كرد كه باعث ايجاد اختلال در روند تغييرات توليد شير در طول دوره شيردهي و خارج شدن منحني شيردهي از شكل عادي مي‌شوند. همانطور كه در بخش مقدمه گفته شده است، تابع گاماي ناقص قادر به برآورد روز اوج توليد، ميزان توليد در اوج و تداوم شيردهي مي‌باشد(۱۷). اگر مشتق اول تابع گاماي ناقص نسبت به زمان (t) مساوي صفر قرار داده شود روز اوج توليد را نشان مي‌دهد كه در تابع گاماي ناقص (تابع برگزيده شده در اين تحقيق) برابر با نسبت b/c مي‌باشد. با قرار دادن زمان اوج توليد(b/c) به جايt در تابع ميزان توليد در گامه اوج توليد محاسبه مي شود كه برابر است با:

$$Y_{max} = a\,(b / c)^{b}\, e^{-b} \qquad (۱۲$$

همچنين از تابع زير براي محاسبه ميزان تداوم شيردهي استفاده مي‌شود.

$$S = -\,(b+1)\ln c \qquad (۱۳$$

همچنين مقدار توليد شير ۳۰۵ روز برابر با مساحت زير منحني شيردهي و برابر با انتگرال ۱تا ۳۰۵ از تابع مي‌باشد بنابراين ميزان كل توليد شير در ۳۰۵ روز شيردهي به شكل زير محاسبه مي‌شود.

$$y = a\int_{1}^{305} t^{b}\exp^{-ct}\,dn \qquad (۱۴$$

1. downhill shaped
2. Concave
3. Convex

جدول۲- ميانگين (± انحراف معيار) ضرايب رگرسيون و ضرايب تعيين توابع برازش شده با ركوردهاي توليد شير روزانه

	RF[7]	SGF[6]	DF[5]	MLF[4]	EF[3]	PIF[2]	IGF[1]
a	۲۰/۰۲۸ (۱۱/۵۸)	۱۴/۵۵ (۱۸/۵۳)	۲۶/۵۵ (۶/۲۴)	۷/۵۲ (۲۳/۸۵)	۳۲/۱۲۷ (۶/۸۳)	۰/۰۰۰۰۸۷۸ (۰/۰۱۵)	۲/۵۴ (۰/۸۰)
b	-۰/۰۱۱۱ (۰/۱۰)	-۰/۰۶۳۱ (۰/۰۴۹)	۰/۰۳۰۵ (۰/۰۷۴)	-۲/۵۲ (۱/۹۹)	-۱۴/۷۲۶ (۲۰/۶)	۰/۵۹۲۳ (۰/۴۳)	۰/۲۴۷ (۰/۲۲)
c	۱/۹۳ (۲/۳۰)	۴/۳۶۲ (۵/۳۴)	۰/۰۰۰۱۷۹ (/۰۰۰۲)	۱۰/۰۰۴ (۹/۷۱)	-۰/۰۳۶۹ (۰/۰۲۵)	۰/۰۰۰۶۷۶ (/۰۰۰۰۸)	۰/۰۰۳۲۴ (۰/۰۰۲)
R^2	۰/۶۰۷۴ (۰/۲۴۵)	۰/۶۰۹۵ (۰/۲۴۶)	۰/۵۸۴ (۰/۲۴۵)	۰/۶۰۷۳ (۰/۲۴۶)	۰/۵۹۹ (۰/۲۴۷)	۰/۵۹۲۳ (۰/۲۵)	۰/۶۱۱۷ (۰/۲۴۸)

۱- $\ln(y_t) = \ln(a) + b\ln(t) - c\,t$ ۲- $Y_T^{-1} = a + bt^{-1} + ct$ ۳- $Y_t = a + be^{-0.05t} + c\,t$

۴- $Y_t = a + bt^{0.5} + c\ln(t)$ ۵- $Y_t = a + b\,t^{0.5} + c\ln(t)$ ۶- $Y_t = a - b\,t + c\ln(t)$

۷- $Y_t = a + b\,t^{0.5} + c\,t$

جدول۳ – میانگین مربعات عوامل موثر بر متغیرهاي منحني شیردهي

متغیر	درجه آزادي	لگاریتم میزان تولید اولیه[1]	شیب مرحله افزایشي[2]	شیب مرحله کاهشي[3] (۱۰^-۶ ×)	روز رسیدن تولید به اوج[4]	میزان تولید در روز اوج تولید[5]	تداوم شیردهي[6]	تولید شیر ۳۰۵ رو ز[7] (۱۰^-۶ ×)
گله-سال-فصل	۲۱٦٦	۰/۷۱۸**	۰/۰۵۱۷**	۰/۷۵۹**	۹۵۱۰۷/۵**	۱۵٤/۷۸**	۰/۸۱۷**	۱۱/۷۹**
تعداد رکوردهاي روزآزمون	٤	۱۸/٦۱**	۰/۱۵۰**	۵/٦۹**	۱۷۸٦٤/٦۰	۱۱۳/۹۸**	۱/٤۸۵**	۳۰**
سن در اولین زایش	۱	۰/۵۸۳٦	۰/۲۲۹۲	۱۰**	٤۸٤۹۱۱*	۳۸۷۸/۹۳**	۳/۵۱٤**	۱٤۵**
روز شیردهي دراولین رکورد	۱	٦۲/٤۱**	٤/۷۱۸**	۱۲/۸۸**	۱۲۷۷۸/۸	٦۵۷/۳۷**	۵٤/۹۸**	۲۵**
روز شیردهي درآخرین رکورد	۱	۰/۰۹۸	۰/۰۰۰۷**	۵/۹۳٤**	۳۲٦٤۷	٦/۱۸٤**	۸/٦۳٦**	۱٤**
روزهاي باز	۱	۱۰/۰۷**	۱/۰۷**	۵۹/۰۳**	۷۳۳۳۱۲*	٤۱۷/۷۹٤**	۱/٤۸۵**	۰/۲۳
ضریب تعیین		۰/۱٦	۰/۱۶۵	۰/۲۱۲۲	۰/۰٦۰	۰/٤۱٤۷	۰/۱۸۱**	۰/٤۳

** تفاوت میانگین‌ها در سطح p<.01 معني‌دار است * تفاوت میانگین‌ها در سطح p<.05 معني‌دار است.

۱= لگاریتم تولید اولیه برابر با لگاریتم پارامتر a از تابع، ۲- شیب مرحله افزایشي منحني شیردهي برابر با پارامتر b از تابع ، ۳- شیب مرحله کاهشي منحني شیردهي برابر با پارامترc از تابع ، ٤- زمان اوج تولید برابر با نسبت (b/c)، ۵- تولید در زمان اوج برابر است با ($Y_{max} = a\ (b/c)^b\ e^{-b}$)، ٦ - تداوم شیردهي($S = -(b+1)\ \ln c$) ، ۷- $y = a\int_1^{305} t^b \exp^{-ct}\, dn$ ، شکل ریاضي تابع گاماي ناقص: $\ln(y_t)=\ln(a)+b\ln(t)-ct$

در این مطالعه تمام موارد فوق از قبیل روز اوج تولید، میزان تولید در اوج، تداوم شیردهي و تولید ۳۰۵ روز علاوه بر پارامترهاي اولیه تابع یعني پارامتر مرتبط با تولید اولیه (a) ، پارامتر مربوط به شیب مرحله افزیشي (b) و پارامتر مربوط به شیب مرحله کاهشي منحني شیردهي (c) که مجموعا به عنوان صفات منحني شیردهي شناخته مي‌شوند برآورد گردیدند. میانگین هر کدام از صفات منحني شیردهي بدست آمده با استفاده از تابع گاماي ناقص خطي در جدول ۴ ارایه شده است. همانطور که مشاهده مي‌گردد تولید شیر روزانه در گاوهاي زایش اول (±۵۷) ۸۵/۰۴ روز پس از زایش به حداکثر مقدار خود مي‌رسد و میزان تولید در این گامه (گامه اوج تولید) برابر با (۵/۲۴± ۳۰/۳۲) کیلوگرم مي‌باشد. میزان تداوم شیردهي برآورد شده با روش مذکور(۰/۵۸)± ۷/۲۹، میانگین لگاریتم تولید اولیه برابر با ۲/۵۴ (میانگین Ln(a)) بوده و نشان میدهد که تولید اولیه (تولید در هنگام زایش) برابر با $Exp^{۲/۵۴}$ کیلوگرم یعني ۱۲/۶۷ کیلوگرم مي‌باشد (Exp عدد نپرین بوده و مقدار آن برابر با ۲/۷۱۸ مي‌باشد). در پژوهش‌هاي پیشین روز رسیدن تولید به اوج بین ۴۸/۸ تا ۹۱/۹ روز، میزان تولید در اوج بین ۱۷/۴۷ تا ۲۹/۳۱ کیلوگرم، تداوم شیردهي بین ۶/۷۰ تا ۷/۴۱، و میزان تولید اولیه بین ۱۰/۴۷ تا ۱۶/۳۹ کیلوگرم ارایه شده است(۱۰، ۱۴).

جدول ٤- میزان همبستگي بین صفات منحني شیردهي(اعداد بالاي قطر میزان همبستگي بین صفات و اعداد روي قطر میانگین همراه با انحراف معیار هر صفت مي باشد).

صفت	تولید شیر ۳۰۵ روز	لگاریتم تولید اولیه	شیب مرحله افزایشي	شیب مرحله کاهشي	روز رسیدن به اوج تولید	میزان تولید در روز اوج	تداوم شیردهي
تولید شیر ۳۰۵ روز	۷۸۵۷±۱٤۳۸	۰/۲۹**	-۰/۰۵۳*	۰/۲۲**	۰/۰۲٦**	۰/۹۰**	۰/۱۷۸**
لگاریتم میزان تولید اولیه		۲/۵٤±۰/٦	-۰/۹٤**	-۰/٦۸**	-۰/۰٤**	۰/۱٤۸**	-۰/٦٤**
شیب مرحله افزایشي			۰/۲٤۸±۰/۱٦۳	۰/۸۱**	۰/۰۲٤**	۰/۱٦۵**	۰/۵۵**
شیب مرحله کاهشي				۰/۰۰۳۳±۰/۰۰۱	-۰/۰٤۷**	۰/۱٦٦**	۰/۰٤۳**
روز رسیدن به اوج تولید					۸۵/۰٤±۵۷	۰/۰۱۹۲**	۰/۲۷**
میزان تولید در روز اوج						۳۰/۳۲±۵/۲٤	۰/۰۲۳**
تداوم شیردهي							۷/۲۹±۰/۵۸

** تفاوت معني‌دار در سطح p<.01 است. * تفاوت معني‌دار در سطح p<.05 است.

معني دار بودن همبستگي‌ها به مفهوم صفر نبودن رابطه بین دو متغیر است

توليد کل ۳۰۵ روز شيردهي با استفاده از تابع برگزيده (گاماي ناقص) برابر با(۱۴۳۸±) ۷۸۵۷ کيلوگرم ميباشد حال آنکه ميانگين ارايه شده توسط مرکز اصلاح نژاد دام در گاوهاي مورد بررسي (۱۱۸۱±)۶۵۴۶ کيلوگرم مي‌باشد. همانطور که مشخص است، تفاوت عدد حاصل در اين روش نسبت به ميانگين توليد ۳۰۵ روز محاسبه شده توسط مرکز اصلاح نژاد دام کشور ((۱۱۸۱±) ۶۵۴۶ کيلو گرم) زياد مي‌باشد. دلايل اين تفاوت را مي توان به شکل زير بيان کرد. نخست اينکه در پژوهش حاضر از گاوهاي سه بار دوشش در روز استفاده شده است و همانطور که مشخص است با افزايش دفعات دوشش مقدار توليد شير افزايش مي‌يابد. مقدار برآورد شده توسط مرکز اصلاح نژاد براي تعداد دفعات دوشش تصحيح مي گردد اما دراين تحقيق چنين تصحيحي صورت نگرفته است بنابراين زياد بودن اين برآورد در مقايسه با برآورد مرکز اصلاح طبيعي مي‌باشد. همچنين در طول دوره شيردهي از هر گاو به طور متوسط هر ماه يك رکورد گرفته مي شود و بنابراين به ازاء هر گاو در هر دوره شيردهي به طور ميانگين ده رکورد وجود دارد. در مرکز اصلاح دام کشور از اين رکوردهاي محدود براي برآورد توليد کل ۳۰۵ روز شيردهي استفاده مي‌شود. بنابراين ميزان توليد شير ۳۰۵ روز گزارش شده توسط مرکز اصلاح همانند ميزان برآورد شده توسط تابع فوق مقدار واقعي توليد شير نمي‌باشد و نمي‌توان مقدار محاسبه شده توسط مرکز اصلاح دام کشور را به عنوان معيار ارزيابي شايستگي تابع منحني شيردهي به کار گرفت. ارزيابي دقت و کارايي دو روش محاسبه توليد شير ۳۰۵ روز ذکر شده بايد با استفاده از اطلاعات توليد شير روزانه واحدهايي که براي تمام روزهاي شيردهي رکوردگيري انجام شده و توليد شير واقعي ۳۰۵ روز را دارند انجام بگيرد. بدين ترتيب که ابتدا با استفاده از رکوردهاي روز آزمون محدود جمع آوري شده توسط مرکز اصلاح نژاد دام توليد شير ۳۰۵ روز واحدهاي مربوطه را با هر دو روش برآورد و با مقدار توليد واقعي مقايسه کرد. در اين صورت روشي که اريب کمتري داشته باشد کاراتر مي‌باشد.

به منظور بررسي اثر عوامل غير ژنتيکي مختلف بر صفات منحني شيردهي، PROC GLM از نرم‌افزار آماري SAS و مدل آماري ذکر شده در بخش مواد و روش‌ها و نوع سوم مجموع مربعات مورد استفاده قرار گرفت. نتايج آناليز در جدول ۳ ارايه شده است. نتايج نشان داد که اثرگله-سال-فصل زايش بر تمام صفات منحني شيردهي، اثر تعداد رکوردها روزآزمون در طول دوره شيردهي بر تمام صفات مورد بررسي (به جز روز رسيدن توليد به اوج) ، اثر سن بر تغييرات کليه متغيرها (به جز لگاريتم ميزان توليد اوليه و شيب مرحله افزايشي منحني شيردهي)، اثر روز شيردهي در اولين رکوردگيري بر تمام صفات (به جز زمان رسيدن توليد به اوج) و اثر روز شيردهي درآخرين رکورد گيري بر تغييرات کليه متغيرها (به جز لگاريتم ميزان توليد اوليه و زمان رسيدن توليد به اوج) معني دار بود ($P<.01$). همچنين اثر روزهاي غير آبستن بر تمام صفات (به جز توليد شير در ۳۰۵ روز شيردهي) معني دار بود ($P<.05$). ميزان ضريب تعيين مدلها براي متغيرهاي مختلف بين۰/۴۳ (ميزان کل توليد در ۳۰۵ روز شيردهي) تا ۰/۰۶ (روز رسيدن توليد به اوج) متغير بود. نتايج مشابهي در اين مورد توسط ديگر پژوهشگران گزارش شده است (۴، ۱۰، ۱۱، ۱۴). ميزان همبستگي بين متغيرهاي مختلف منحني شيردهي در جدول ۴ ارايه شده است. ميزان همبستگي بين متغيرها از ۰/۹۰ بين توليد شير ۳۰۵ روز و ميزان توليد در اوج تا ۰/۹۴- بين شيب مرحله افزايشي و لگاريتم ميزان توليد اوليه متفاوت مي‌باشد و با نتايج ساير پژوهشگران مطابقت دارد(۱۰، ۱۴). اگرچه همبستگي‌هاي برآورد شده در اين پژوهش همبستگي‌هاي فنوتيپي مي‌باشند و نمي‌توان همانند همبستگي‌هاي ژنتيکي درباره آنها اظهار نظر قطعي کرد اما مي‌توان با کمي احتياط، استدلال‌ها و نتايجي در ارتباط با آنها انجام داد(۱۰، ۱۴) که در زير به آنها اشاره مي‌گردد. همبستگي منفي زياد بين لگاريتم توليد اوليه ($\ln(a)$) با شيب مرحله افزايشي(۰/۹۴-) و کاهشي(۰/۶۸-) منحني شيردهي نشان مي‌دهد که هر چه ميزان توليد در ابتداي دوره شيردهي بيشتر باشد شيب مرحله افزايشي و کاهشي منحني کمتر بوده و بنابراين مدت زمان بيشتري طول مي‌کشد تا توليد به اوج برسد. همچنين سرعت کاهش توليد بعد از اوج نيز کمتر است و به اصطلاح منحني شيردهي تخت‌تر ميباشد(۱۰، ۱۴). بنابراين با انتخاب

حیوانات بر اساس تولید اولیه (تولید در اول دوره شیردهي) مي‌توان شیب مرحله افزایشي و کاهشي منحني را کاهش داد و بدین ترتیب تولید در دوره شیردهي را یکنواخت‌ترکرد.در این حالت مي‌توان حیوانات را متناسب با احتیاجات آنها تغذیه نمود و میزان ناهنجاریهاي تولیدمثلي, میزان تنش وارده به حیوان به دلیل تولید غیر یکنواخت در طول دوره شیردهي و اختلالات متابولیکي را کاهش داده و بدین ترتیب علاوه بر افزایش سود واحد پرورش گاو شیري، در صد حذف ناشي از مشکلات تولید مثلي و ناهنجاریهاي متابولیکي را کاهش داد. از طرف دیگر میزان تولید ۳۰۵ روز نیز با میزان تولید اولیه همبستگي مثبت دارد که نشان مي-دهد اگر تولید اولیه به عنوان معیار انتخاب مورد استفاده قرار گیرد علاوه بر موارد فوق (کاهش مشکلات تولید مثلي و متابولیکي) میزان تولید ۳۰۵ را نیز افزایش داد. همبستگي زیاد بین شیب مرحله افزایشي و کاهشي منحني (۰/۸۱) نشان مي‌دهد که هر چه شیب مرحله افزایشي منحني بیشتر باشد شیب مرحله کاهشي نیز زیاد مي‌شود به عبارت دیگر هر چه تولید با سرعت بیشتري به اوج برسد با سرعت بیشتري نیز بعد از اوج کاهش مي یابد و منحني داراي شیب بیشتر ي است (۱۴). همبستگي بین تولید شیر در ۳۰۵ روز دوره شیردهي با تمام متغیرهاي منحني شیردهي(به جزشیب مرحله افزایشي) مثبت میباشد و با میزان تولید در اوج شیردهي بیشترین همبستگي(۰/۹۰) را دارد و نشان مي‌دهد که گاوهاي داراي تولید شیر اولیه بالا تولید کل بالاتري نیز دارا مي‌باشند(۱۰، ۱۴). همبستگي بین تولید شیر ۳۰۵ روز و تداوم شیردهي (۰/۱۷۸) در مقایسه با گزارشات پیشین بالاتر بود. (۱۰، ۱۳، ۱۴). همبستگي بین لگاریتم تولید اولیه با میزان تولید در اوج نشان مي‌دهد که هر چه تولید در هنگام زایش بیشتر باشد تولید در هنگام اوج تولید نیز بیشتر است. همبستگي مثبت (۰/۲۷) بین روز رسیدن تولید به اوج با تداوم شیردهي نشان مي‌دهد که هر چه فاصله بین زایش تا رسیدن تولید به اوج بیشتر باشد تداوم شیردهي بیشتر میباشد(۱۴). برآورد پارامترهاي ژنتیکي از قبیل وراثت‌پذیري و همبستگي ژنتیکي صفات منحني شیردهي با یکدیگر و با سایر صفات اقتصادي در گاو شیري به منظور تعیین و بررسي استراتژیهاي انتخاب در گاوهاي شیري ضروري مي‌باشد. همچنین بررسي قابلیت تابع فوق‌الذکر در برآورد تولید شیر ۳۰۵ روز(به ترتیبي که در بخشهاي فوق ذکر گردید) و در صورت بالاتر بودن قابلیت این روش در مقایسه با روش معمول مورد استفاده توسط مرکز اصلاح نژاد دام، تهیه یك نرم‌افزار کاربردي بدین منظور ضروري و قابل توجه مي‌باشد.

سپاسگزاري

از ریاست محترم مرکز اصلاح نژاد دام کشور و کارکنان این مرکز بخاطرتامین داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده تقدیر و تشکر مي‌شود.

منابع مورد استفاده **REFERENCES**

۱. رضایي، ع. و ا. سلطاني. ۱۳۷۷. مقدمه‌اي بر تحلیل رگرسیون کاربردي. انتشارات مرکز نشر دانشگاه صنعتي اصفهان. چاپ اول.

۲- مرادي شهربابك. م. ۱۳۷۹. تداوم شیردهي در گاوهاي شیري. مجله علوم کشاورزي ایران.ج۳۲،ش۱،ص۱۹۳-۲۰۲

3. Dave,B. K. 1971. First lactation of Indian water buffalo. JNKVV Res. J. 5:93.
4. Dědková. L., & E. Němcová. 2003. Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows in the Czech Republic. Czech J. Anim. Sci., 48, (10): 395–402.
5. Fernandez, C., A. Sanchez, & C. Garces. 2002. Modeling the lactation curve for test-day milk yield in Murciano-Granadiana goat. Small ruminant research. 46: 29-41.
6. Guo, Z. & H. H. Swalve.1995.Modelling of the lactation curve as a sub-model in the evaluation of test day records. Proc. Open Session Interbull Annu. Mtg., Prague,Czech Republic. Int. Bull Eval. Serv. Bull. No. 11. Dep. Anim. Breed. Genet. SLU, Uppsala,Sweden.
7. Nelder, J. A. 1966. Inverse polynomials, a useful group of multi- factor response functions. Biometrics, 22: 128-141.

8. Olori.V.E, S. Brotherston, W.G. Hill, & B. J. Mcguirk. 1991.Fit of standard models of the lactation curve to weekly records of milk production of cows in a single herd. Live. Prod. Sci.58:55.63.
9. Papajsik, I.A., & A. Bodero. 1998. Modelling Lactation Curves of Friesian Cows in A subtropical Climate. Anim. Prod. 47.201-207.
10. Rekik. B., A. Ben Gara., M. Ben Hamouda., & H. Hammami. 2003. Fitting lactation curves of dairy cattle in different types of herds in Tunisia. Livestock Production Science. 83: 309-315.
11. Ruiz. R. L., M. Oregui. & M. Herrero. 2000. Comparison of models for describing the lactation curve of Latxa sheep and an analysis of factors affecting milk yield. J. Dairy sci 83: 2709-2719.
12. Singh, R. P. & R. Gopal. 1982. Lactation curve analysis of buffaloes maintained under village condition. Indian. J. Anim. Sci. 52:1157.
13. Soysal1, M. I., F.G. Sirlar, & E.K. Gurcan. 2004. An investigation on the lactation biometry of black and white dairy cattle herds raised in some public intensive farms in Turkey. Trakia Journal of Sciences, Vol. 2, No. 3, pp 54-58.
14. Tekerli, M,. Z. Akinci, I. Dogan, & A. Akcan. 2000. Factors affecting the shape of lactation curve of Holstein cows from the Balikesir Province of Turkey. J. Dairy sci 83: 1381-1386.
15. Wayne Kellogg, D. & N. Scott Urouhart. 1977. Estimating Holstein lactation curves with a Gamma curve. J. Dairy Sci. 60: 1308-1315.
16. Wilmink. J. B. M. 1987. comparison of different methods of predicting 305-day milk using means calculated from within herd lactation curves. Live .Prod.Sci.17:1-17
17. Wood, P. D. P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle.Nature. 216: 164-165.