

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه کردستان
دانشکده کشاورزی
گروه علوم دامی

پایان نامه کارشناسی ارشد (M.Sc.) در رشته علوم دامی گرایش ژنتیک و اصلاح دام

عنوان:

**برآورد همخونی و اثرات آن بر
صفات تولیدمثل در بزهای مرخز**

پژوهشگر:

پیمان محمودی

استاد راهنما:

دکتر امیر رشیدی

استاد مشاور:

دکتر محمد رزم کبیر

آذر ماه ۱۳۹۳

باسمه تعالی

***تعهدنامه دانشجویان تحصیلات تکمیلی دانشگاه کردستان در انجام پایان نامه ***

(لازم است به عنوان صفحه اول پروپوزال و به عنوان چهارمین برگ پایان نامه و پس از صفحه مشخصات پایان نامه بوده و به دقت مطالعه و امضا شود.)

اینجانب **پیمان محمودی** دانشجوی مقطع **کارشناسی ارشد** رشته **علوم دامی** متعهد می‌شوم:

- ۱- صداقت، امانتداری و بی‌طرفی را در انجام پژوهش و انتشار نتایج حاصل از آن رعایت نمایم.
- ۲- در نگارش نتیجه پژوهش‌های حاصل از موضوع پایان نامه، از بازنویسی نوشته‌های دیگران بدون ذکر منبع، بازی با الفاظ، زیاده‌نویسی، کلی‌گویی و جزم‌اندیشی و تصرف‌گرائی پرهیز نمایم و نتایج پژوهشی خود را در موعد مقرر و با اطلاع استاد راهنما منتشر نمایم.
- ۳- تمامی یافته‌های مستخرج از پایان نامه متعلق به دانشگاه کردستان بوده و لازم است در کلیه مقالات مستخرج از آنها، نام دانشگاه کردستان را تحت عنوان « دانشجوی دانشگاه کردستان » یا « دانش‌آموخته دانشگاه کردستان » ذکر نمایم.
- ۴- در انتشار مقالات نام استاد (استادان) راهنما و استاد (استادان) مشاور را در لیست مولفین مقاله ذکر نمایم و از آوردن اسامی افرادی که نقش مؤثری در انجام پژوهش نداشته‌اند، جداً خودداری نمایم.
- ۵- در بخش سپاسگزاری مقاله، از تمامی افراد و سازمانهایی که در اجرای پژوهش مساعدتی مبذول داشته‌اند با ذکر نوع مشارکت تشکر و قدردانی نمایم.
- ۶- از مشارکت همپوشان یا ارسال همزمان یک مقاله به چند مجله و یا ارسال مجدد مقاله چاپ شده به مجلات دیگر خودداری نمایم.
- ۷- در صورت عدم رعایت موارد مذکور، دانشگاه کردستان مجاز خواهد بود تا برابر مقررات اقدام نماید.

امضاء دانشجو

دستور العمل نحوه برخورد با موارد تخطی دانشجویان تحصیلات تکمیلی در هنگام انتشار نتایج

پژوهش

۱- در موارد زیر دانشگاه کردستان با مجله مربوطه مکاتبه و درخواست خارج نمودن مقاله را نموده و موضوع را به محل کار یا تحصیل بعدی دانشجو اطلاع می‌دهد.

الف - چاپ مقاله بدون اطلاع استادان راهنما

ب - چاپ نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده در دانشگاه کردستان بدون ذکر نام دانشگاه

۲- در صورت احراز تخلف از سایر موارد درج شده در تعهدنامه دانشجویی، دانشگاه ضمن مکاتبه با مجله مربوطه، حسب مورد تصمیم‌گیری خواهد نمود.



دانشگاه کردستان

دانشکده کشاورزی

گروه علوم دامی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم دامی گرایش ژنتیک و اصلاح دام

عنوان:

برآورد همخوانی و اثرات آن بر صفات تولیدمثل در بزهای مرخز

پژوهشگر:

پیمان محمودی

در تاریخ ۹۳/۹/۲۹ توسط کمیته تخصصی و هیأت داوران زیر مورد بررسی قرار گرفت و با نمره ۱۹/۰۹ و درجه عالی به تصویب رسید.

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	هیأت داوران
	استاد	دکتر امیر رشیدی	استاد راهنما
	استادیار	دکتر محمد رزم کبیر	استاد مشاور
	استادیار	دکتر مجید خالداری	داور خارجی
	استادیار	دکتر جلال رستم زاده	داور داخلی

مهر و امضاء معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده:

دکتر جلال خدایی

مهر و امضاء گروه:

دکتر احمد کریمی

چکیده

هدف از این پژوهش برآورد ضریب همخونی و بررسی اثرات آن بر صفات تولیدمثل در بزهای مرخز بود. به منظور برآورد ضریب همخونی، شجره‌ی ۵۳۵۱ رأس بز که طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲ در ایستگاه پرورش و اصلاح نژاد بز مرخز شهرستان سنجید ثبت شده بود، آنالیز گردید. تعداد نرها ۲۳۴ رأس و نتاج حاصل از آن‌ها ۴۷۶۹ رأس بود. تعداد ماده‌ها ۱۴۷۰ رأس و نتاج حاصل از آن‌ها ۴۸۹۸ رأس بود. میانگین ضریب همخونی گله، کمترین و بیشترین میزان همخونی به ترتیب ۲/۶۸، ۰/۰۰۶ و ۳۱/۲۵ درصد، تعداد حیوانات همخون ۲۷۷۲ رأس و میانگین ضریب همخونی در جمعیت همخون ۵/۱۲ درصد برآورد شد. به منظور برآورد اثرات همخونی بر صفات تولیدمثل، تعداد ۳۴۴۳ رکورد برای تعداد بزغاله متولد شده (LSB)، تعداد بزغاله شیرگیری شده (LSW)، مجموع وزن بزغاله متولد شده (TLBW) و میانگین وزن بزغاله متولد شده (MLBW) و تعداد ۲۹۱۸ رکورد برای مجموع وزن بزغاله شیرگیری شده (TLWW) و میانگین وزن بزغاله شیرگیری شده (MLWW) آنالیز گردید. ضرایب تابعیت از همخونی بزهای ماده برای صفت تعداد بزغاله متولد شده، تعداد بزغاله شیرگیری شده، مجموع وزن بزغاله متولد شده و مجموع وزن بزغاله شیرگیری شده، میانگین وزن بزغاله متولد شده و میانگین وزن بزغاله شیرگیری شده به ترتیب ۰/۰۶۳، -۰/۰۱۳، ۰/۲۴۱، ۰/۶۳۸، ۰/۰۲۸ و ۱/۷۸۳- بود. همچنین ضرایب تابعیت از ضریب همخونی بزغاله‌ها برای صفات ذکر شده بترتیب ۰/۰۳۵-، -۰/۰۱۹-، -۰/۰۷۷-، -۰/۷۸۲-، -۰/۰۰۸- و ۰/۳۳۲- برآورد شد. اثرات سن مادر و سال زایش بر صفات تولیدمثل در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر همخونی بر صفات تولیدمثل بجز میانگین وزن بزغاله شیرگیری شده معنی‌دار بود ($p < 0.01$).

کلمات کلیدی: افت ناشی از همخونی، بز مرخز، جمعیت همخون، صفات تولیدمثل

فهرست مطالب

صفحه

عنوان مطلب

مقدمه

- اهمیت و تاریخچه پرورش بز ۲
- اهمیت بز مرکز در ایران ۲
- همخونی و پیامدهای آن ۳
- اهداف تحقیق ۴

بررسی منابع

- ۱-۱- تعریف همخونی ۶
- ۲-۱- ضریب همخونی ۷
- ۱-۲-۱- روش‌های محاسبه ضریب همخونی ۷
- الف - محاسبه ضریب همخونی با استفاده از روش مسیر ۷
- ب - محاسبه ضریب همخونی با استفاده از روش جدول ۱۰
- ج - محاسبه ضریب همخونی در جمعیت‌های بسته ۱۳
- د - محاسبه ضریب همخونی با استفاده از فراوانی هتروزیگوت‌ها ۱۴
- ۱-۳- عوامل مؤثر بر افزایش همخونی ۱۴
- ۱-۳-۱- اندازه مؤثر جمعیت (N_e) ۱۴
- ۱-۳-۲- نوع آمیزش میان افراد جمعیت ۱۵
- الف - آمیزش والد و فرزند و آمیزش خواهر و برادر تنی ۱۶
- ب - تلاقی برگشتی تکرار شده ۱۶
- ۱-۳-۳- فاصله نسل ۱۷
- ۱-۴- اثرات نامطلوب همخونی ۱۸
- ۱-۴-۱- ظهور آلل‌های نامطلوب ۱۸
- ۱-۴-۲- افت ناشی از همخونی ۱۹

فهرست مطالب

صفحه	عنوان مطلب
۲۰	۱-۴-۳- انقراض گونه‌ها
۲۰	۱-۵- اثرات مطلوب همخونی
۲۱	۱-۵-۱- تولید نتاج مشابه از نظر ژنتیکی
۲۱	۱-۵-۲- حذف ژن‌های نامطلوب
۲۱	۱-۵-۳- تولید لاین
۲۲	۱-۶- اثرات همخونی بر صفات تولیدمثل
۲۲	۱-۷- نتایج مطالعات انجام گرفته بر روی اثرات همخونی بر صفات تولیدمثل
مواد و روشها	
۲۷	۲-۱- داده‌ها و منابع اطلاعات
۲۷	۲-۲- صفات مورد مطالعه
۲۷	۲-۳- مدل‌های آماری
نتایج و بحث	
۳۰	۳-۱- آنالیز شجره
۴۲	۳-۲- اثرات همخونی بر صفات تولیدمثل
۴۷	۳-۳- نتیجه‌گیری
۴۸	۳-۴- پیشنهادات
۴۹	منابع

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان جدول
۹.....	جدول ۱-۱: محاسبه سهم لوپ‌ها برای جد مشترک.....
۱۰.....	جدول ۱-۲: محاسبه سهم لوپ‌ها در شجره فرضی.....
۱۱.....	جدول ۱-۳: شجره جدولی.....
۱۱.....	جدول ۱-۴: مرحله اول محاسبه ضریب همخونی با استفاده از روش جدول.....
۱۲.....	جدول ۱-۵: مرحله دوم محاسبه ضریب همخونی با استفاده از روش جدول.....
۱۲.....	جدول ۱-۶: مرحله سوم محاسبه ضریب همخونی با استفاده از روش جدول.....
۱۳.....	جدول ۱-۷: مرحله چهارم محاسبه ضریب همخونی با استفاده از روش جدول.....
۱۷.....	جدول ۱-۸: آمیزش‌های مهم میان جمعیت‌ها و همخونی حاصل از آن‌ها.....
۱۸.....	جدول ۱-۹: فراوانی ژنوتیپی اولیه و فراوانی ژنتیکی جمعیت با ضریب همخونی صفر و ۰/۱.....
۲۸.....	جدول ۲-۱: خلاصه آماری صفات مورد مطالعه.....
۳۰.....	جدول ۳-۱: خلاصه آماری همخونی در جمعیت کل و جمعیت همخون.....
۳۱.....	جدول ۳-۲: فراوانی جمعیت در سطوح مختلف همخونی.....
۳۲.....	جدول ۳-۳: ساختار شجره.....
۳۳.....	جدول ۳-۴: نزدیک‌ترین آمیزش‌های صورت گرفته در جمعیت.....
۳۴.....	جدول ۳-۵: میانگین همخونی، میانگین خویشاوندی و اندازه مؤثر جمعیت در هر نسل.....
۳۵.....	جدول ۳-۶: تعداد نرها و ماده‌های مورد استفاده در تولیدمثل و میانگین نتاج حاصل از آن‌ها.....
۳۷.....	جدول ۳-۷: میانگین، حداقل و حداکثر همخونی جمعیت نرهای همخون.....
۳۸.....	جدول ۳-۸: میانگین، حداقل و حداکثر همخونی جمعیت ماده‌های همخون در هر سال.....
۴۰.....	جدول ۳-۹: تعداد و میانگین همخونی بزغاله‌های نر و ماده در کل جمعیت به تفکیک سال.....

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان جدول
جدول ۳-۱۰: تعداد و میانگین همخونی بزغاله‌های نر و ماده در جمعیت همخون به تفکیک سال	۴۱
جدول ۳-۱۱: مناسب‌ترین مدل جهت آنالیز صفات و مقدار LogL و معیار آکایک آن‌ها	۴۳
جدول ۳-۱۲: ضرایب تابعیت صفات تولیدمثل مورد مطالعه از همخونی بزهای ماده و بزغاله‌ها	۴۳
جدول ۳-۱۳: میانگین صفات مورد مطالعه در جمعیت همخون و جمعیت غیرهمخون	۴۶
جدول ۳-۱۴: میانگین صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف همخونی بزهای ماده	۴۶
جدول ۳-۱۵: میانگین صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف همخونی بزغاله‌ها	۴۷

فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان شکل

-
- شکل ۱-۱: شجره فرضی..... ۸
- شکل ۲-۱: شجره رسم شده..... ۹
- شکل ۳-۱: شجره رسم شده برای جد مشترک..... ۹
- شکل ۴-۱: تعیین تعداد لوپ‌ها برای شجره فرضی..... ۹
- شکل ۱-۳: روند تغییرات میانگین همخونی طی سال‌های مورد مطالعه..... ۳۱
- شکل ۲-۳: میزان کامل بودن شجره جمعیت بزهای مرخز..... ۳۶
- شکل ۳-۳: روند تغییرات میانگین همخونی در جمعیت نرها و ماده‌های همخون..... ۳۹

مقدمه

اهمیت و تاریخچه پرورش بز

بیش از ۹۰ درصد از جمعیت بزهای جهان در کشورهای در حال توسعه پرورش می‌یابند، بنابراین بزها در کشاورزی این کشورها نقش مهمی ایفا می‌کنند. جمعیت بزهای جهان از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۵ حدود ۶۰ درصد افزایش داشته است و انتظار می‌رود این افزایش بویژه در مناطق خشک و نامساعد که مصرف گوشت و شیر بز دو برابر متوسط جهانی است، ادامه داشته باشد (رشیدی و همکاران، ۲۰۱۱). بز یکی از مهم‌ترین و باصرفه‌ترین تولیدکنندگان غذا برای انسان است. اهمیت بزها بعنوان تولیدکنندگان گوشت و محصولات لبنی موردنیاز انسان همواره مورد بحث بوده است. این اهمیت با افزایش جمعیت بزها و افزایش تولیدات شیر در مقایسه با دیگر دام‌ها در ۲۰ سال اخیر بیشتر نیز شده است. بز، بیشتر از هر دام دیگری تأمین‌کننده‌ی شیر و گوشت موردنیاز برای روستائیان است؛ به عبارت دیگر این گفته که "بز، گاو مردم فقیر است" کاملاً صدق می‌کند (هانلین، ۲۰۰۴). در بسیاری از کشورها هدف اصلی از پرورش بز استفاده از شیر و محصولات حاصل از آن است، اما تقاضا برای گوشت و موهر بز نیز در حال افزایش است. بز تنها دامی است که می‌تواند به راحتی خود را با بسیاری از شرایط زیستی و سیستم‌های مدیریتی سازگار نماید.

اهمیت بز مرخز در ایران

در ایران حدود ۱۰ تا ۱۵ نژاد بز با جمعیتی بیش از ۲۷ میلیون رأس پرورش داده می‌شود که از میان آنها بز مرخز یکی از مهم‌ترین نژادهای بومی می‌باشد (رشیدی و همکاران، ۲۰۱۱). آغاز پرورش بز مرخز در کردستان به ۱۰۰۰۰ سال قبل از میلاد بر می‌گردد. استخوان‌های پیدا شده از یک بز در گنجدره کرمانشاه نشان‌دهنده‌ی آغاز اهلی شدن بز در کردستان می‌باشد. طبق گزارشات سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، جمعیت بزهای مرخز در دهه گذشته کاهش یافته است. در گذشته بز مرخز در آذربایجان غربی، کردستان و کرمانشاه پراکنده بود، اما در حال حاضر بز مرخز تنها در ناحیه‌ی کوچکی از کردستان و تعداد اندکی از روستاهای آذربایجان غربی پرورش داده می‌شود. در سال ۱۹۹۶ اندازه جمعیت بز مرخز بیشتر از ۲۲۰۰۰ رأس در مناطق حاشیه‌ای شهرها و ۱۵۳۸۷ رأس در ناحیه‌ی اصلی (شهر بانه) بود، اما در یک روند کاهشی جمعیت بز مرخز در بانه به ۵۰۰۰ رأس در سال ۲۰۰۵ کاهش پیدا کرده است (بهمنی و همکاران، ۲۰۱۱).

بز مرخز یک نژاد چند منظوره می باشد، اما فروش موهر و بزغاله منبع اصلی درآمد برای پرورش دهندگان آن است، در حالیکه تولید شیر در درجه‌ی دوم اهمیت قرار دارد. گوشت بز با حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد چربی کمتر نسبت به گوشت گاو، دارای کیفیت بهتری است. همچنین گوشت بز در مقایسه با گوشت طیور ۴۰ درصد اسید چرب اشباع کمتری دارد (رشیدی و همکاران، ۲۰۱۱). بز مرخز تنها نژاد پرورش یافته برای تولید موهر رنگی است. رنگ‌های موجود شامل سفید، خاکستری، سیاه و طیف‌های مختلف قهوه‌ای است. این بزها به زندگی در جنگل‌های کوهستانی مناطق سخت و تولید در سیستم‌های با ورودی و خروجی کم^۱ سازگار شده‌اند. غذای اصلی بزها در طول زمستان برگ درختان بلوط است که در فصل تابستان جمع‌آوری می‌شود. موهر بزها یک بار در سال چیده می‌شود. بدلیل دوخت لباس‌های محلی با استفاده از موهر بز مرخز، این محصول نقش فرهنگی مهمی در کردستان ایفا می‌کند (رشیدی و همکاران، ۲۰۰۸).

همخونی^۲ و پیامدهای آن

همخونی حاصل بوجود آمدن نتاج از آمیزش افراد خویشاوند است که این شامل آمیزش خواهر و برادر، آمیزش والد و فرزند و آمیزش میان افراد خویشاوند دور می‌باشد. نتاج همخون نمونه‌هایی از آلل‌های مشابه را از هر دو والد به ارث می‌برند که این آلل‌ها بعنوان آلل‌های با منشأ یکسان^۳ شناخته می‌شوند (رالز و همکاران، ۲۰۱۳). همخونی در توسعه گله‌های اصلاحی همواره بعنوان یک ابزار مهم برای مشخص کردن و حذف نقص‌های ژنتیکی پنهان و افزایش ژن‌های مطلوب در جمعیت مورد توجه بوده است (ارکنبرک و نایت، ۱۹۹۱). از طرف دیگر، استفاده‌ی مداوم از نرها و ماده‌ها در تولیدمثل می‌تواند منجر به افزایش همخونی و کاهش تنوع ژنتیکی در داخل جمعیت‌ها می‌شود (پانتو و همکاران، ۲۰۱۰). همخونی و پیامدهای آن بدلیل اثرات نامطلوب روی واریانس ژنتیکی افزایشی و ارزش فنوتیپی، در اصلاح نژاد همواره موجب نگرانی بوده است. مهم‌ترین اثر نامطلوب همخونی افت ناشی از همخونی می‌باشد (فن وایک و همکاران، ۲۰۰۹). افت ناشی از همخونی بطور معمول در صفات مربوط به شایستگی^۴ مانند صفات تولیدمثل و زنده‌مانی

¹ Low input – Low output systems

² Inbreeding

³ Identical By Descent

⁴ Fitness traits

بیشتر است (مک پارلاند و همکاران، ۲۰۰۷). صفات تولیدمثل از مهم‌ترین صفات در پرورش دام می‌باشد، زیرا بهبود میزان تولیدمثل افزایش شدت انتخاب و پیشرفت ژنتیکی صفات تولیدی را نیز تضمین می‌کند (باگنیکا و همکاران، ۲۰۰۷). پاسخ به همخونی در نژادها و جمعیت‌های مختلف متفاوت است. برخی جمعیت‌ها ممکن است اثرات بسیار چشمگیری از افزایش همخونی را برای یک صفت نشان دهند، درحالی‌که ممکن است در برخی دیگر از جمعیت‌ها اینگونه نباشد (سلواجی و همکاران، ۲۰۱۰).

اهداف تحقیق

با توجه به بسته بودن جمعیت بزهای مرخز ایستگاه پرورش و اصلاح نژاد بز مرخز شهرستان سنندج و امکان افزایش همخونی در گله و با توجه به اثرات نامطلوبی که همخونی ممکن است بر صفات تولیدمثل داشته باشد و با در نظر گرفتن اهمیت این صفات در پرورش این نژاد، برآورد اثرات همخونی بر صفات تولیدمثل اهمیت زیادی دارد. هدف از این پژوهش برآورد ضریب همخونی و ارزیابی اثرات آن بر صفات تولیدمثل در بزهای مرخز بود.

فصل اول

بررسی منابع

۱ - ۱ - تعریف همخونی

تعریف‌های متفاوتی از همخونی توسط محققان ارائه شده است. ساده‌ترین تعریف همخونی آمیزش میان افراد خویشاوند می‌باشد (بوردون، ۲۰۰۰). در تعریف دیگری از همخونی آمده است که همخونی آمیزش میان افرادی است که میانگین رابطه خویشاوندی آن‌ها از میانگین خویشاوندی کل جمعیت بیشتر باشد (کیوریگ و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین احتمال اینکه دو آلل در هر لوکوس منشأ یکسانی داشته باشند همخونی گفته می‌شود (مک پارلاند و همکاران، ۲۰۰۷). نتاج همخون به احتمال زیاد یک نسخه از آلل‌های مشابه را از هر دو والد به ارث می‌برند که این آلل‌ها بعنوان آلل‌های با منشأ یکسان شناخته می‌شوند. هر دو آلل با منشأ یکسان هوموزیگوس^۱ هستند اما تمام آلل‌های هوموزیگوس منشأ یکسان ندارند. به عبارت دیگر افراد هوموزیگوس در هر لوکوس دو آلل دارند که مشابه هم هستند. با اینحال این دو آلل ممکن است دارای منشأ یکسان باشند و یا منشأ آن‌ها یکسان نباشد. همخونی میزان هوموزیگوسیته^۲ را افزایش داده و هتروزیگوسیته^۳ را در نسبت مستقیم با ضریب همخونی کاهش می‌دهد، زیرا فرآیند همخونی این احتمال را که دو آلل در یک ژنوتیپ منشأ یکسان داشته باشند، افزایش می‌دهد. به عنوان مثال جمعیتی با میانگین ضریب همخونی ۱۰ درصد، به میزان ۱۰ درصد هتروزیگوسیته^۳ کمتری نسبت به جمعیت‌های غیرهمخون دارد (رالز و همکاران، ۲۰۱۳).

در جمعیت‌های کوچک آمیزش میان خویشاوندان غیر قابل اجتناب است و با گذشت زمان، تمام افراد جمعیت همخون خواهند شد و در نتیجه آمیزش افراد غیرخویشاوند ناممکن خواهد بود. در جمعیت‌های بزرگ نیز همخونی غیرقابل اجتناب است، اما مدت زمان بیشتری طول می‌کشد تا جمعیت همخون شود. بعنوان مثال جمعیتی با اندازه $N = 100$ بعد از ۵۷ نسل همخون خواهد شد، به طوری که تمام نتاج، حاصل از آمیزش برادر و خواهر خواهند بود. دلیل اهمیت همخونی این است که منجر به کاهش هتروزیگوسیته^۳، تولیدمثل و زنده‌مانی (افت ناشی از همخونی) و افزایش خطر انقراض می‌شود (فرانکهیم و همکاران، ۲۰۰۲).

¹ Homozygous

² Homozygosity

³ Heterozygosity

۱-۲- ضریب همخونی^۱

ضریب همخونی (معمولاً با F نشان داده می‌شود) احتمالی است که فرد در یک لوکوس دو آلل با منشأ یکسان داشته باشد. چون F یک احتمال است پس مقدار آن از صفر برای افراد غیرهمخون تا یک برای افراد کاملاً همخون متغیر است. به عنوان مثال، ضریب همخونی یک فرد حاصل از خودباروری ۰/۵ و ضریب همخونی نتاج حاصل از آمیزش والد و فرزند یا برادر و خواهر تنی ۰/۲۵ است (رالز و همکاران، ۲۰۱۳).

۱-۲-۱- روش‌های محاسبه ضریب همخونی

الف - محاسبه ضریب همخونی با استفاده از روش مسیر^۲

یکی از روش‌های محاسبه ضریب همخونی در جمعیت‌های کوچک استفاده از روش مسیر می‌باشد. به عنوان مثال برای محاسبه ضریب همخونی فرد X مراحل زیر بایستی طی شود:

مرحله ۱) رسم شجره: در شجره بایستی جد مشترک وجود داشته باشد. جد مشترک فردی است که با والدین فرد X ارتباط دارد. در صورتی که هیچ جد مشترکی وجود نداشته باشد ضریب همخونی صفر ($F_X = 0$) و فرد X غیرهمخون می‌باشد.

مرحله ۲) محاسبه ضریب همخونی تمام اجداد مشترک: در صورتی که اطلاعات شجره برای جد مشترک وجود نداشته باشد، جد مشترک ناهمخون است و در صورت وجود اطلاعات شجره بایستی قبل از محاسبه ضریب همخونی فرد مورد نظر (F_X)، ضریب همخونی جد مشترک (F_{CA}) محاسبه شود. روش محاسبه ضریب همخونی جد مشترک مشابه روش محاسبه ضریب همخونی برای فرد X است.

مرحله ۳) پیدا کردن لوپ‌ها^۳ (حلقه) در شجره: یک لوپ مسیری است که از فرد X شروع شده و از طریق یکی از والدین به جد مشترک رسیده و در نهایت از طریق والد دیگر به فرد X می‌رسد،

¹ Inbreeding coefficient

² Path Method

³ Loop

بدون اینکه هر فرد بیش از یک بار در مسیر وجود داشته باشد. تعداد مراحل طی شده در هر لوپ بایستی محاسبه شود.

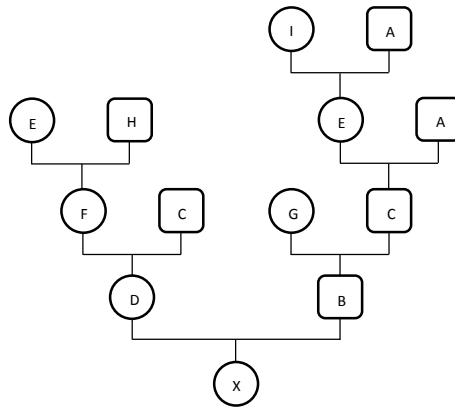
مرحله ۴ محاسبه سهم هر لوپ در ضریب همخونی: سهم هر لوپ در محاسبه همخونی فرد X با استفاده از فرمول زیر بدست می آید:

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{i-1} \times (1 + F_{CA})$$

که در این فرمول i : تعداد مسیرهای طی شده در هر لوپ و F_{CA} : ضریب همخونی جد مشترک می باشد.

مرحله ۵ جمع کردن سهم هر لوپ با یکدیگر: مجموع سهم لوپ ها همان ضریب همخونی فرد X می باشد (بالو، ۱۹۸۱).

مثال:

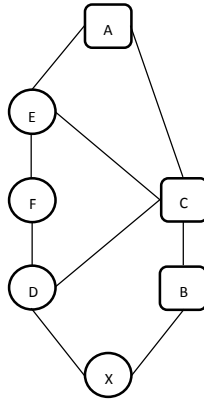


شکل ۱-۱: شجره فرضی

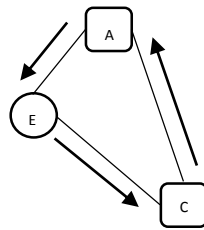
مرحله ۱ رسم شجره (شکل ۱-۲)

مرحله ۲ محاسبه ضریب همخونی برای اجداد مشترک (شکل ۱-۳)

با توجه به شجره رسم شده، افراد E ، C و A جد مشترک می باشند. ضریب همخونی افراد A و E بدلیل کامل نبودن اطلاعات غیرهمخون در نظر گرفته می شود و در نتیجه ضریب همخونی برای آن ها صفر می باشد. اما فرد C همخون بوده و ضریب همخونی بایستی برای آن برآورد شود.



شکل ۱-۲: شجره رسم شده

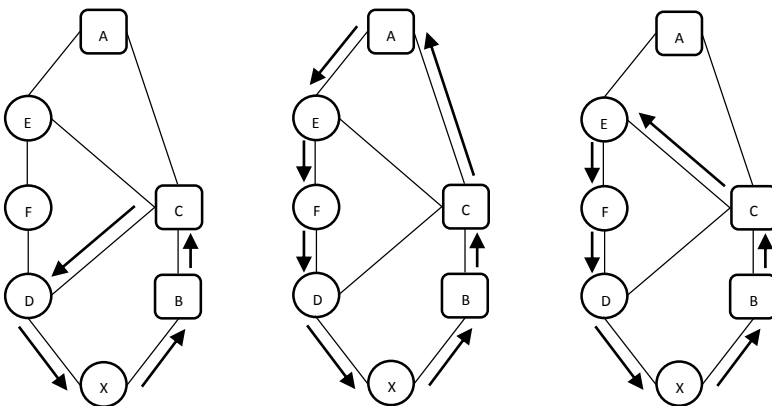


شکل ۱-۳: شجره رسم شده برای جد مشترک

جدول ۱-۱: محاسبه سهم لوپ‌ها برای جد مشترک

سهم هر لوپ	i	F_{CA}	لوپ
$\left(\frac{1}{2}\right)^2 \times (1 + 0) = 0.25$	3	0.0	C - <u>A</u> - E - C

مرحله ۳) تعیین تعداد لوپ‌ها در شجره



شکل ۱-۴: تعیین تعداد لوپ‌ها برای شجره فرضی

مرحله ۴) محاسبه سهم هر لوپ

جدول ۱-۲: محاسبه سهم لوپ‌ها در شجره فرضی

سهم هر لوپ	i	F_{CA}	لوپ
$\left(\frac{1}{2}\right)^6 \times (1 + 0) = 0.0156$	7	0.0	X - B - C - <u>A</u> - E - F - D - X
$\left(\frac{1}{2}\right)^5 \times (1 + 0) = 0.0313$	6	0.0	X - B - C - <u>E</u> - F - D - X
$\left(\frac{1}{2}\right)^3 \times (1 + 0.25) = 0.1563$	4	0.25	X - B - <u>C</u> - D - X

مرحله ۵) محاسبه ضریب همخونی

$$F_X = 0.0156 + 0.0313 + 0.1563 = 0.2032$$

ب - محاسبه ضریب همخونی با استفاده از روش جدول^۱

رابطه خویشاوندی افزایشی میان حیوانات و ضریب همخونی هر فرد با استفاده از روش جدول قابل محاسبه است. بزرگترین مزیت روش جدول این است که نیازی به رسم شجره نیست، اما در جمعیت‌های بزرگ استفاده از این روش مناسب نیست. در این روش در هر زمان بایستی تنها روی دو نسل تمرکز شود و حیوانات مسن‌تر در ابتدا و حیوانات جوان‌تر در انتها قرار می‌گیرند. دو فرمول مورد استفاده در این روش به شرح زیر است (شفر، ۲۰۱۰):

۱) ضریب همخونی یک فرد (X) برابر است با حاصل جمع نصف ضریب خویشاوندی میان والدین آن فرد (A و B) و ضریب خویشاوندی افزایشی آن فرد با خودش

$$a_{XX} = 1 + F_X$$

۲) ضریب خویشاوندی افزایشی بین دو فرد (X و Y) برابر است با نصف رابطه خویشاوندی فرد مسن‌تر (X) با والدینش (A و B)

¹ Tabular method