ویژگی‌های ارزش‌های اصلاحی

ارزش اصلاحی یک حیوان یا تفاوت نتاج برای یک صفت، تابعی از اثرات مستقل ژن‌های موثر بر آن صفت در حیوان است. "مستقل"، به معنی استقلال از اثرات ژن‌های دیگر می‌باشد. به علت مستقل بودن آنها، این اثرات ژنی افزایشی هستند به طوری که ارزش اصلاحی حیوان، قسمت قابل توارث ارزش ژنوتیپی آن برای یک صفت می باشد و به طور ساده مجموع اثرات مستقل همهٔ ژن‌های موثر بر صفت است. به عنوان مثال، اگر صفتی تحت تاثیر ۵ جایگاه (فرضی) قرار بگیرد، و اثرات مستقل ژنی در فرد برای ۱۰ ژن در آن جایگاه‌ها ۳+، ۰/۶-، ۰/۲+، ۴/۲+، ۱/۴-، ۲/۳-، ۰/۴+، ۰/۱-، ۰/۹+ و ۱/۵+ واحد باشد، بنابراین ارزش اصلاحی فرد برای صفت برابر ۵/۸=+۱/۵+۰/۹+(۰/۱-)+۰/۴+(۲/۳-)+(۱/۴-)+۴/۲+۰/۲+(۰/۶-)+۳ واحد خواهد بود. به علت افزایشی بودن این اثرات، اثرهای مستقل ژنی اغلب اثرات افزایشی ژن[1] می‌نامند و به همین ترتیب، ارزش اصلاحی اغلب نشان دهندهٔ ارزش ژنتیکی افزایشی[2] یا طور ساده ارزش افزایشی[3] است.

اگر اثرات مستقل ژن واقعاً افزایشی باشند، بنابراین منطقی است که ارزش اصلاحی نتاج فقط مجموع اثرات مستقل ژن‌های به ارث رسیده از پدر و مادر باشند، چون اثرات مستقل ژنی به ارث رسیده از پدر به طور میانگین نصف ارزش اصلاحی پدر و اثرهای مستقل ژنی به ارث رسیده از مادر به طور متوسط نصف ارزش اصلاحی مادر هستند. پس:

$$BV_{\text{نتاج}} = \frac{1}{2} BV_{\text{پدر}} + \frac{1}{2} BV_{\text{مادر}}$$

به عبارت دیگر، ارزش اصلاحی نتاج برای یک صفت به طور متوسط، میانگین ارزش اصلاحی والدین برای آن صفت خواهد بود. این رابطه به نظر ساده، کلیدی بوده زیرا امکان پیش بینی ارزش‌های اصلاحی افراد نسل بعد را بر اساس پیش بینی ارزش‌های اصلاحی والدین فراهم می‌کند. به عنوان مثال، اگر ارزش اصلاحی برآورد شده اسب نری برای زمان پیمودن یک مایل، ۳- ثانیه باشد (۳ ثانیه زودتر از میانگین) و ارزش اصلاحی برآورد شده برای اسب ماده ۱- ثانیه باشد، بنابراین

$$\widehat{BV}_{\text{نتاج}} = \frac{1}{2} \widehat{BV}_{\text{پدر}} + \frac{1}{2} \widehat{BV}_{\text{مادر}}$$

$$= \frac{1}{2}(-3) + \frac{1}{2}(-1) = -2 \text{ ثانیه}$$

[1] Additive gene effects
[2] Additive genetic value
[3] Additive value

علامت (^) بالای یک ارزش نشان دهندهٔ مقدار پیش بینی شده آن ارزش است (در این مورد، برآورد ارزش اصلاحی یا EBVاست). می‌توان انتظار داشت که میانگین ارزش اصلاحی نتاج حاصل از این آمیزش برای زمان پیمودن یک مایل، ۲- ثانیه باشد (۲ ثانیه زودتر از میانگین).

این مفهوم کاربرد مفیدتری دارد: به طور متوسط، عملکرد نتاج برای یک صفت برابر با میانگین عملکرد صفت به اضافه میانگین ارزش‌های اصلاحی والدین برای صفت خواهد بود، یا:

$$\overline{P}_{\text{نتاج}} = \mu + \frac{1}{2}BV_{\text{پدر}} + \frac{1}{2}BV_{\text{مادر}}$$

در مثال اسب برای مدت زمان دویدن یک مسافت، اگر میانگین جمعیت برای زمان پیمودن ربع مایل، ۲۰ ثانیه باشد، بنابراین

$$\widehat{\overline{P}}_{\text{نتاج}} = ۲۰ + \frac{1}{2}(-۳) + \frac{1}{2}(-۱) = ۱۸ \text{ ثانیه}$$

می‌توان انتظار داشت که به طور میانگین ارزش اصلاحی نتاج حاصل از این آمیزش نه تنها ۲ ثانیه بیشتر از میانگین باشد، بلکه نتاج ۲ ثانیه نیز سریع‌تر از میانگین بدوند.

میانگین ارزش اصلاحی والدین، ارزش های اصلاحی یا عملکرد هر یک از نتاج حاصل از آمیزش را تعیین نمی‌کند- بلکه تنها میانگین نتاج را تعیین می‌نماید. نمونه گیری مندلی سبب تنوّع در ارزش‌های اصلاحی نتاج و تفاوت در اثرات محیطی باعث تنوّع بیشتر در عملکرد نتاج می‌شود.. اگرچه تنوّع قابل ملاحظه‌ای در نتاج حاصل از هر کدام از آمیزش‌ها وجود دارد، احتمال تولد نتاجی با ارزش اصلاحی و عملکرد بالاتر، زمانی بیشتر است که والدین با ارزش‌های اصلاحی ممتاز (b) به جای والدین با ارزش‌های اصلاحی پایین (a) آمیزش داده شوند.

ارزش اصلاحی و انتخاب

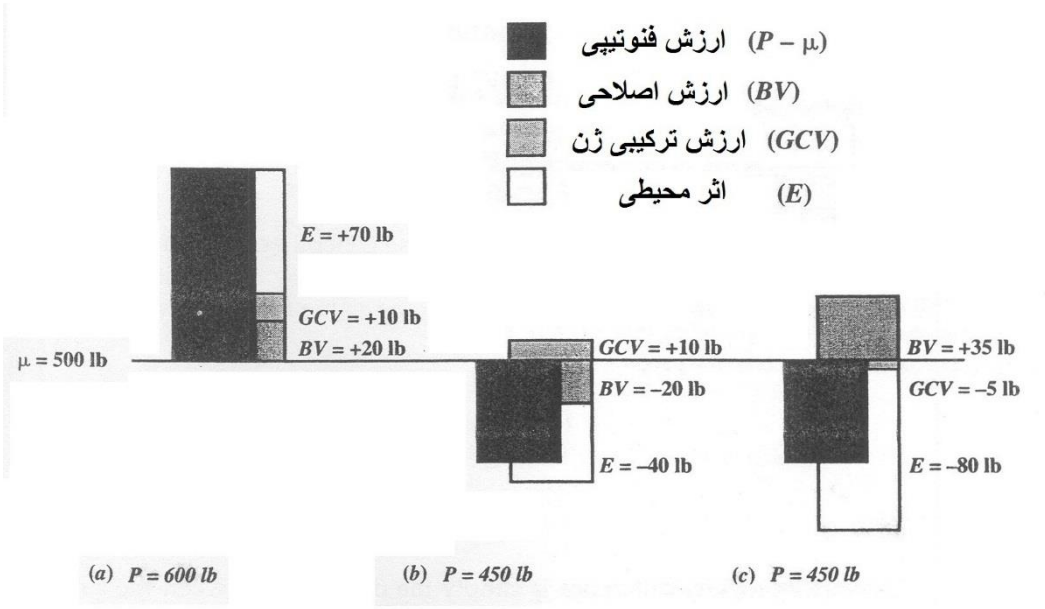
ارزش‌های اصلاحی والدین مولفهٔ کلیدی در تعیین ارزش اصلاحی و عملکرد نتاج هستند. بدیهی است اگر می‌توانستیم "بهترین" حیوان را بر حسب ارزش‌های اصلاحی تعریف کنیم و پتانسیل ارزش‌های اصلاحی والدین را نیز دقیقاً می‌دانستیم، انتخاب آسان می‌شد -به راحتی می‌توانستیم افراد با بهترین ارزش‌های اصلاحی را انتخاب کنیم. اما در عالم واقعی، ارزش‌های اصلاحی حقیقی ناشناخته هستند، و به جای آن باید از پیش بینی ارزش اصلاحی استفاده کرد. چون تاثیر انتخاب به کیفیت چنین پیش بینی‌هایی بستگی دارد و بیشتر فناوری اصلاح دام پیش بینی ارزش‌های اصلاحی (یا تفاوت های نتاج) را در بر می‌گیرد.

اکنون مدل ژنتیکی پایه برای صفات کمی را می‌توان به گونه‌ای بسط داد که ارزش اصلاحی (BV) و ارزش ترکیب ژنی (GCV) را در بر گیرد. از لحاظ ریاضی:

$$P=\mu+ BV++ GCV + E$$

مدل جدید برای صفات کمی، بسیاری ازویژگی‌های مدل پایه را حفظ کرده است. ارزش اصلاحی و ارزش ترکیبی ژنی نیز مانند ارزش ژنوتیپی به صورت انحراف‌های مثبت و منفی از میانگین جمعیت بیان می‌شوند. بنابراین میانگین ارزش‌های اصلاحی و ارزش‌های ترکیبی ژن در کل جمعیت صفر است. پس:

$$\overline{BV}=\overline{GCV}=\overline{G}=\overline{E}=0$$



نمایش شماتیک سهم ارزش اصلاحی، ارزش ترکیبی ژن، و اثر محیطی بر وزن شیرگیری ۳ گوساله. گوساله (a) بیشترین وزن شیرگیری را دارد، اما بخش عمده این وزن بالا، ناشی از عواملی است که به نتاج منتقل نمی‌شود. در صورت مطلوب بودن وزن شیرگیری سنگین‌تر، بهترین حیوان از نظر ارزش اصلاحی، می‌بایست گوساله (c) باشد.

توانایی تولید

ارزش اصلاحی از دید انتخاب و ارزش ترکیبی ژن به علت مشارکتش بر عملکرد حیوان اهمیت دارند. برای صفات تکرار پذیر[1]-صفاتی که افراد معمولا بیش از یک رکورد عملکردی از آن‌ها وجود دارد- ارزش دیگری

[1]Repeated traits

به نام توانایی تولید (PA)[1] نیز مهم است. توانایی تولید به پتانسیل عملکرد فرد برای یک صفت تکرار پذیر گفته می‌شود.

صفات زیر صفات تکرار پذیر هستند: تولید شیر در نژادهای شیری، تولید پشم در گوسفند، دوقلوزایی در گوسفند (در صورتی که به عنوان صفتی از میش در نظر گرفته شود نه صفتی از بره)، وزن شیرگیری در گاو گوشتی (در صورتی که به عنوان صفتی از گاو در نظر گرفته شود نه گوساله) و قابلیت شرکت در مسابقه برای اسب‌ها. در هر مورد، گاو، گوسفند یا اسب معمولا بیش از یک رکورد دارند. قابلیت تولید برای هر یک از این صفات، به ترتیب پتانسیل حیوان برای تولید شیر، پشم، دوقلوزایی، وزن شیرگیری گوساله‌ها یا قابلیت شرکت در مسابقه را نشان می‌دهد.

اثرات محیطی دایمی و موقت

توانایی تولید تابعی از همه عواملی است که تاثیر دایمی در پتانسیل عملکرد فرد دارند. ارزش ژنوتیپی و مولفه‌های آن (ارزش اصلاحی و ارزش ترکیبی ژن) در زمان آبستنی تعیین می‌شوند. بنابراین این اثرات دایمی هستند. همچنین برخی از اثرهای محیطی می‌توانند به طور دایم بر عملکرد فرد تاثیر بگذارند. به عنوان مثال، مشخص شده که تغذیه در دوران گوسالگی اثر دایمی بر توانایی تولید شیر گاوهای شیری و گوشتی دارد.

اثرات محیطی که بر عملکرد حیوان برای صفات تکرار پذیر تاثیر دائمی دارند به عنوان اثرات محیطی دائمی (E_P)[2]شناخته می‌شوند. بنابراین توانایی تولید به صورت زیر است:

$$PA=G+E_p$$

و چون

$$G=BV+GCV$$

بنابراین

$$PA=BV+GCV+E_p$$

توجه داشته باشید که توانایی تولید صرفاً ارزش ژنتیکی یا ارزش محیطی نیست، بلکه ترکیبی از آنها است.

بیشتر اثرهای محیطی بر پتانسیل عملکرد حیوان اثر دایمی ندارند. این اثرها موقتی هستند، و تنها یک بار بر عملکرد حیوان تاثیر می گذارند. در گاو گوشتی، گوارش پذیری علوفه مثالی از چنین اثر محیطی موقت

[1]Producing ability (PA)
[2] Permanent environmental effect (E_p)

(E_t)[1] است. گوارش پذیری بالای علوفه در سال‌های مساعد باعث تولید شیر فراوان و وزن گوسالهٔ سنگین‌تر می‌شود. قابلیت هضم پایین در سال‌های نامساعد اثر عکس دارد. لذا گوارش پذیری علوفه اثر موقتی است و بر توانایی گاو برای تولید وزن شیر گیری گوساله اثر دائمی ندارد.

مدل ژنتیکی برای صفات تکرار شده

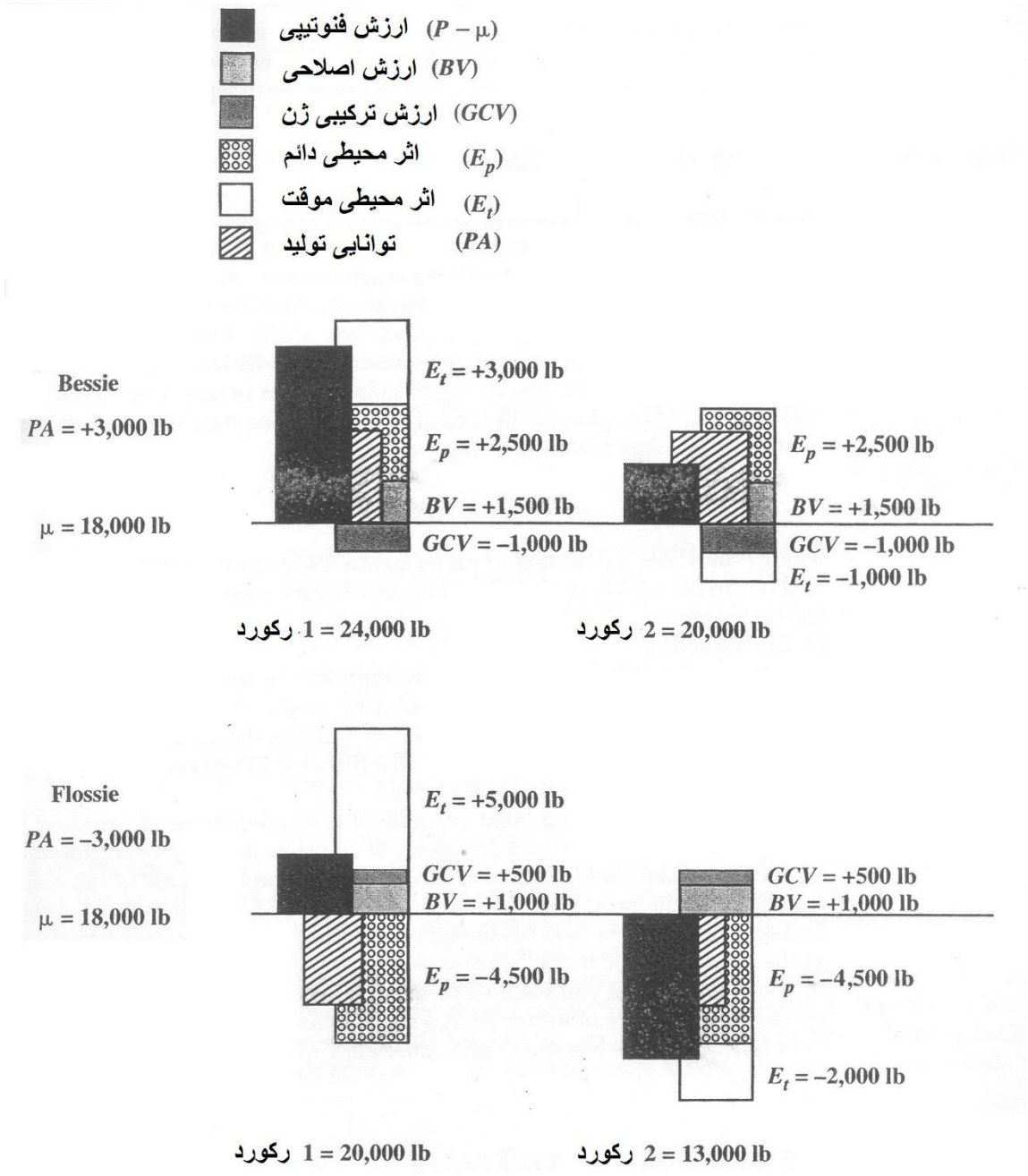
مدل ژنتیکی برای یک رکورد عملکرد فرد در صفتی تکرار پذیر را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$P=\mu+G+E_p+E_t$$

$$P=\mu+BV+GCV+E_p+E_t \text{ یا}$$

در شکل زیر مدل ژنتیکی برای صفات تکرار پذیر نشان داده شده است. دو رکورد مربوط به دو گاو شیرده، بزی[2] و فلازی[3]، برای راندمان شیردهی به مدت ۳۰۵ روز (کل شیر تولیدی بر حسب پوند اندازه گیری شده است) به صورت شماتیک نشان داده شده است. هر ستون سیاه پشت زمینه نشان دهنده یک رکورد فنوتیپی است. ستون های موجود در پشت زمینه، سهم عناصر مدل ژنتیکی برای هر رکورد از صفات تکرارپذیر-شامل توانایی تولید- را نشان می دهند.

[1] Temporary environmental effect (E_t)
[2] Bessie
[3] Flossie



نمایش شماتیک مشارکت مولّفه‌های مدل ژنتیکی برای صفات تکرار پذیر (مانند توانایی تولید) دو رکورد از هر کدام از دو گاو شیری (بزی و فلازی) برای راندمان شیردهی ۳۰۵ روز.

رکورد اولین شیردهی بزی خیلی خوب است که بخشی از آن به علت توانایی تولید برتر (۳۰۰۰+ پوند) و قسمتی به دلیل اثر محیطی موقت مطلوب (۳۰۰۰+ پوند) می‌باشد. رکورد دوم این گاو تقریباً خوب نیست. توانایی تولید وی تغییر نکرده (دایمی است) بلکه محیط نامطلوب (پوند ۳۰۰۰- = E_t) باعث تولید شیر کمتر شده است. فلازی از نظر ژنتیکی گاو خوبی است (پوند۱۵۰۰+=G=BV+GCV)، اما اثر محیطی دایم بسیار ضعیف (۴۵۰۰- پوند) باعث تولید کمتر از میانگین (پوند۳۰۰۰-=PA) شده است. در حالی‌که محیط عالی برای اولین شیردهی او (پوند ۵۰۰۰+ = E_t) باعث شده است که تولید او بهتر از میانگین شود.

همان طور که در مدل‌های پیشین دیدیم، مولّفه‌های مدل ژنتیکی برای صفات تکرار پذیر به صورت انحراف مثبت و منفی از میانگین جمعیت بیان می‌شوند. بنابراین میانگین هر کدام از مولّفه شامل توانایی تولید در کل جمعیت صفر است. پس

$$\overline{BV}=\overline{GCV}=\bar{G}=\bar{E}=0$$

به علاوه، همهٔ مولّفه‌های اصلیBV، GCV، E_p و E_tمستقل از یکدیگر در نظر گرفته شده‌اند. به عنوان مثال، اثر محیطی موقت مانند وضعیت مسیر مسابقه هیچ ربطی به شایستگی اسب یا به هر اثر محیطی دایم موثر بر عملکرد مسابقه در اسب ندارد. به علاوه، محیط دایم مستقل از شایستگی ژنتیکی فرض شده است، گرچه در مورد اسب‌های مسابقه ممکن است این فرض زیر سوال باشد بهترین آموزش ممکن است برای اسب‌هایی دارای بیشترین ترین پتانسیل ژنتیکی فراهم شود. توجه داشته باشید که قابلیت تولید باید مستقل از محیط موقت در نظر گرفته شود؛ اما در مورد ارزش اصلاحی، ارزش ترکیبی ژن یا محیط دایم این طور نیست. زیرا قابلیت تولید مجموع این ارزش‌ها بوده و نمی‌تواند مستقل از آنها باشد.

اهمیت توانایی تولید

توانایی تولید به عنوان معیاری از ظرفیت تولید، برای پرورش دهندگان تجارتی اهمیت ویژه‌ای دارد. به عنوان مثال، در یک واحد تجاری پرورش گاوهای شیری، توانایی تولید گاوها با اثرهای محیطی مدیریت، ترکیب شده و مقدار شیر تولیدی برای فروش را تعیین می‌کند. پرورش دهندگان گاوهای شیری به طور معمول گاوهای خود را بر اساس توانایی تولید هر یک از آنها تغذیه می‌کنند. بنابراین پیش بینی توانایی تولیدکه معمولاً حداکثر احتمال توان تولید (MPPA)[1] نامیده می‌شودکاملا مفید است و معمولا با استفاده از داده‌های عملکرد محاسبه می‌شود. هنگامی که MPPA حیوان برای صفتی به میانگین جمعیت افزوده شود، پیش بینی رکورد بعدی حیوان است. از لحاظ ریاضی:

[1] Most probable producing ability (MPPA)

$$\hat{P}=\mu+MPPA$$

که $\hat{P}$، پیش بینی عملکرد را نشان می‌دهد. نمی‌توان رکود بعدی حیوان را به طور دقیق پیش بینی کرد، زیرا اطلاعاتی در مورد اثر محیطی موقت بر رکورد بعد نداریم. هر چند اغلب می‌توان با پیش بینی توان تولید به آن عدد نزدیک شد.

توانایی تولید به طور معمول برای پرورش دهندگان گلّه مولّد نسبت به پرورش دهندگان تجاری اهمیت کمتری دارد. ارزش اصلاحی همواره دغدغهٔ اصلی پرورش دهندگان گلّه مولّد است. اگرچه غیر معمول نیست که پرورش دهندگان گلّه مولّد، جایگزین ها را بر اساس پتانسیل ژنتیکی (EBV یا EPD) انتخاب، و حیوانات بالغ با تولید پایین را بر اساس MPPA حذف کنند.