شماره ۹۰، بهار ۱۳۹۰

نشریه زراعت

(پژوهش و سازندگی)

کاربرد شاخص‌های گزینشی در اصلاح عملکرد دانه ارقام برنج (*Oryza sativa* L.)

• **مهدی رحیمی**

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان (نویسنده مسئول)

• **بابک ربیعی**

دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: خرداد ماه ۱۳۸۷ تاریخ پذیرش: تیر ماه ۱۳۸۸

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۳۰۷۹۸۷۴

Email: m.rahimi@modares.ac.ir

چکیده

عملکرد دانه و بسیاری از صفاتی که در گیاهان و جانوران دارای اهمیت اقتصادی می‌باشند، به صورت کمی به توارث می‌رسند که از روش انتخاب مستقیم پیشرفت چندانی در آنها حاصل نمی‌شود. بنابراین از مؤثرترین روش‌های انتخاب غیرمستقیم جهت بهبود عملکرد دانه به همراه صفات مؤثر بر آن، استفاده از شاخص‌های انتخاب می‌باشد. در این پژوهش، شش رقم برنج در سال ۱۳۸۴ به صورت یک طرح دای‌آلل یک طرفه با یکدیگر تلاقی داده شدند. در سال ۱۳۸۵ والدین و نتاج آنها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت و ۲۲ صفت در آنها اندازه‌گیری شد. روی این صفات تجزیه رگرسیون گام به گام انجام گردید و ۷ صفت: انتخاب شد و در تخمین شاخص‌های انتخاب استفاده شد. برآورد پنج شاخص گزینشی مختلف براساس دو شاخص بهینه و پایه نشان داد که گزینش بر مبنای صفاتی نظیر تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه پر در خوشه (که به عنوان صفات مؤثر بر عملکرد دانه در تجزیه علیت مشخص شدند)، با توجه به ضرایب رگرسیون گام به گام و اثرات مستقیم فنوتیپی (ضرایب رگرسیون استاندارد) آنها به عنوان ارزش‌های اقتصادی، می‌توان به شاخص‌های برتر و مناسب جهت اصلاح جمعیت دست یافت. بعلاوه نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از هر دو شاخص بهینه و پایه، پیشرفت ژنتیکی تقریباً مشابهی برای صفات مورد مطالعه ارایه می‌دهند. معذالک استفاده از شاخص پایه به دلیل سهولت محاسبات و تفسیر نتایج بر شاخص بهینه ارجحیت داشته و پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: برنج، تجزیه رگرسیون گام به گام، شاخص‌های گزینشی، عملکرد دانه.

www.SID.ir

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 90 pp: 39-46

The application of selection indices on improvement of grain yield in rice (*Oryza sativa* L.)

By: Mehdi Rahimi, Former MSc Student of Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Guilan University, Rasht, Iran. (Corresponding Author; Tel: +9891763079874) and Babak Rabiei, Associated Professor, Dep. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Guilan University, Rasht, Iran.

Grain yield and most of traits that have economic important in plants and animals, herited as quantity and using direct selection method have not large progress. So one of the most effective methods indirect selections as improve grain yield with trait effective on it, is using of selection index. In this research, six rice cultivars were crossed in half diallel design in 2005. In the next year, parents and their progenies were grown in a randomized complete blocks design with three replications and 22 traits were measured. Stepwise regression was done for 22 trait and 7 following traits were selected: number of panicles/plant, number of grains per panicle, 1000-grain weight, spikelt width, number of spikelts/ panicle and plant height and used to estimation of selection indices. Index selection is one of the most effective indirect selection methods for improving grain yield and other important traits. Estimating five different selection indices based on optimum and base indices indicated that selecting for number of panicles/plant and number of grains per panicle by using their stepwise regression and path direct coefficients as economic weights would be a suitable selection criterion for improving of population. Moreover, this study showed that both optimum and base indices presented the same genetic advance for traits studied. The base index, however, is much easier to evaluate than the optimum index, and is recommended.

Key words: Rice, Stepwise regression analysis, Selection indices, Grain yield.

مقدمه

هدف اصلاح نباتات، اصلاح ژنتیکی یک گونه در بهترین وجه ممکن است. بدیهی است که ارزش اقتصادی یک رقم به صفات مختلف آن بستگی دارد. لذا چگونگی اعمال انتخاب برای چندین صفت به منظور حصول حداکثر ارزش اقتصادی همیشه مورد نظر به‌نژادگران بوده است (۳). هر چند که بین عملکرد و تعدادی از اجزای آن رابطه مثبتی وجود دارد، اما وجود روابط منفی بین برخی از اجزای عملکرد سبب شده که انتخاب برای همه اجزای عملکرد دانه نتواند به عنوان عاملی در افزایش عملکرد غلات دانه ریز مفید باشد (۱۰). اصلاح کنندگان به منظور آنکه انتخاب برای عملکرد از قابلیت اعتماد بیشتری برخوردار باشد، سعی بر آن دارند که آن دسته از معیارهای انتخاب شناسایی کنند که ارزیابی ذهنی صفات را کاهش داده و بیشتر روی اثر چندین صفت بر روی عملکرد متمرکز شوند. شاخص‌های انتخاب گیاهی توسط Smith (۲۲) و بر مبنای مفهوم تابع تشخیص فیشر استنباط شده است. Hazel (۱۶) در سال ۱۹۴۳ مدل انتخاب همزمان را با استفاده از روش تجزیه ضریب مسیر گسترش داد. به طور کلی انتخاب همزمان برای همه خصوصیات مهم، همراه با در نظر گرفتن ارزش‌های اقتصادی و قابلیت‌های توارث آنها، و همچنین همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات مختلف، موثرترین روش گزینش می‌باشد. در این روش یک شاخص تعریف می‌گردد و افراد جامعه بر مبنای آن به عنوان یک صفت منفرد گزینش می‌شوند (۳). گاهی ضرایب رگرسیون چند متغیره و یا وراثت‌پذیری صفات به عنوان ارزش اقتصادی در نظر گرفته می‌شود (۱۴). با استفاده از شاخص انتخاب و با در نظر گرفتن موارد فوق برای هر ژنوتیپ، لاین و یا رقم، عددی به نام شاخص تخمین زده می شود که به عنوان معیاری منحصر به فرد برای انتخاب افراد قلمداد می‌گردد و با توجه به شاخص، هر لاین یا ژنوتیپی که بیشترین مقدار را داشته باشد در اولویت اول انتخاب قرار می‌گیرد. هدف از ساختن یک شاخص، یافتن ترکیب خطی از ارزش‌های فنوتیپی است به طوری که بهره مورد انتظار از نظر ارزش واقعی به حداکثر برسد (۳). Rabiei و همکاران (۲۰) طی بررسی شاخص‌های انتخاب و ارزیابی ده نوع شاخص مختلف در ارقام برنج نشان دادند که صفات طول دانه، عرض دانه و ارتفاع گیاه با استفاده از ضریب علیت به عنوان ارزش اقتصادی به همراه صفت شکل دانه با ارزش اقتصادی برابر با یک، در بهبود شکل دانه به عنوان مهمترین معیار کیفیت ظاهری دانه‌ها موثر خواهند بود. در آزمایشات انجام گرفته بر روی ارقام برنج توسط Pantuwan و همکاران (۱۸)، Michell و همکاران (۱۷) و Garrity و Toole (۱۳) استفاده از شاخص انتخاب به منظور گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی را مفید دانستند. بررسی‌های ابوذری گزافرودی و همکاران (۱) بر روی شاخص‌های انتخاب و ارزیابی چندین نوع شاخص مختلف در ارقام برنج نشان داد که صفات تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در خوشه، وزن صد دانه و عملکرد دانه با استفاده از ارزش واحد به عنوان ارزش اقتصادی، بهترین شاخص در انتخاب ارقام پرعملکرد خواهد بود. فضلعلی‌پور و همکاران (۵) با بررسی ده شاخص گزینشی مختلف بر اساس دو شاخص بهینه و پایه نشان دادند که گزینش بر مبنای صفاتی نظیر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد دانه پر با توجه به اثرات مستقیم ژنتیکی و وراثت‌پذیری آنها به عنوان ارزش‌های اقتصادی به عنوان شاخص‌های برتر جهت اصلاح جمعیت خواهد بود.

در این تحقیق هدف، بررسی نحوه تاثیر احتمالی متغیرهای مستقل مؤثر بر

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد از طریق رگرسیون گام به گام بین عملکرد به عنوان متغیر وابسته و بقیه صفات به عنوان متغیر مستقل می‌باشد و در همچنین شاخص‌های گزینشی مختلف با استفاده از این صفات و ارزش‌های اقتصادی گوناگون محاسبه و ارزیابی خواهند شد تا شاخص‌هایی که از طریق آنها بیشترین پیشرفت ژنتیکی را برای مجتمع صفات به ویژه عملکرد دانه موجب شوند، به منظور به کارگیری در برنامه‌های به‌نژادی برنج شناسایی و معرفی گردند.

مواد و روش‌ها

در این بررسی تعداد شش رقم برنج به‌نام‌های دم‌سفید، هاشمی، بینام، درفک، کادوس و IR۳۰ در سال ۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان کشت شده و تلاقی‌های مستقیم بین والدین انجام شد. در سال زراعی بعد (۱۳۸۵) والدین و نتاج حاصل از تلاقی بین آنها در یک طرح دی‌آلل یک‌طرفه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار کشت و ۲۲ صفت مهم زراعی در آنها مورد مطالعه قرار گرفت. صفات مورد مطالعه شامل دوره رشد رویشی، دوره رشد زایشی، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، سطح برگ پرچم، زاویه برگ پرچم، طول برگ زیر برگ پرچم، عرض برگ زیر برگ پرچم، سطح برگ زیر برگ پرچم، زاویه برگ زیر برگ پرچم، تعداد خوشه در بوته، طول خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد دانه پوک در خوشه، تعداد کل دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول و عرض شلتوک، طول و عرض دانه قهوه‌ای بودند. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، کل مساحت هر کرت پس از حذف اثر حاشیه برداشت شد و پس از خرمنکوبی بر حسب تن در هکتار بیان گردید. برای اندازه‌گیری سایر صفات از میانگین ارزش ده بوته تصادفی در هر کرت استفاده گردید. در مورد طول و عرض شلتوک و دانه قهوه‌ای نیز پس از انتخاب ده بوته تصادفی در هر کرت، از هر بوته ۵۰ عدد دانه به طور تصادفی انتخاب و میانگین اندازه‌ها ثبت گردید.

به منظور انتخاب چندین ژنوتیپ برتر از بین کلیه ژنوتیپ‌های برتر از بین کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس انتخاب همزمان از طریق چندین صفت و انجام گزینش شاخصی، ابتدا با استفاده از داده‌های حاصل، تجزیه رگرسیون گام به گام انجام گرفت تا از طریق آن مهمترین صفات موثر بر عملکرد دانه شناسایی شوند. در مرحله بعد گزینش شاخصی با استفاده از مهمترین صفات شناسایی شده به وسیله تجزیه رگرسیونی انجام شد. بر این اساس و با توجه به ماتریس واریانس-کوواریانس فنوتیپی و ژنوتیپی که بر اساس امید ریاضی تجزیه واریانس-کواریانس صفات در طرح مورد استفاده محاسبه گردید (۴) و میانگین صفات انتخابی از طریق تجزیه رگرسیونی، شاخص انتخاب برای ارقام مذکور محاسبه شد. ارزش‌های اقتصادی به پنج صورت در نظر گرفته شدند، در مرحله اول به همه صفات وارد شده در مدل رگرسیونی و همچنین عملکرد وزنه یکسانی (عدد یک) داده شد، در مرحله بعد مقدار عددی ضرایب غیراستاندارد صفات وارد شده در رگرسیون گام به گام، ضرایب صفات وارد شده در رگرسیون استاندارد گام به گام، وراثت‌پذیری صفات وارد شده در مدل و در نهایت هم همبستگی فنوتیپی صفات وارد شده در مدل رگرسیونی با عملکرد به عنوان ارزش‌های اقتصادی منظور گردیدند.

شاخص‌های انتخاب بر اساس صفات وارد شده در رگرسیون گام به گام، با در نظر گرفتن ارزش‌های فنوتیپی، ژنتیکی و اقتصادی آنها با توجه به رابطه پایه زیر که اصطلاحاً شاخص بهینه نامیده می‌شود؛ محاسبه شدند (۶):

$$I=\sum b_i P_i$$ رابطه (۱)

که در آن bi‌ها وزن‌هایی هستند که به هر صفت بر اساس ارزش آن صفت داده می‌شود و Pi‌ها ارزش‌های فنوتیپی مربوط به هر صفت می‌باشد.

در شاخص بهینه، بردار b از رابطه زیر محاسبه شد (۲۴):

$$b=p^{-1}Ga$$ رابطه (۲)

که در آن b بردار ضرایب شاخصی، P ماتریس واریانس-کواریانس فنوتیپی، G ماتریس واریانس-کواریانس ژنوتیپی صفات و a بردار ارزش‌های اقتصادی صفات می‌باشد.

شاخص دیگر انتخاب استفاده شده، شاخص پایه (Brim ۱۹۵۹) بود. در این شاخص به جای ضرایب شاخصی، مستقیماً از ارزش‌های اقتصادی صفات استفاده گردید و مجموع حاصلضرب ارزش‌های اقتصادی در ارزش‌های فنوتیپی صفات هر فرد به عنوان شاخص آن فرد محاسبه شد. این شاخص در زمانی که در محاسبه مقادیر واریانس و کوواریانس‌های فنوتیپی و ژنوتیپی مشکل یا محدودیت وجود داشته باشد بیشتر مورد توجه است (۸).

معیارهای مختلف که برای ارزیابی این شاخص‌ها مورد استفاده قرار گرفتند عبارتند از: ضریب همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی (RHI)که برای شاخص بهینه و پایه به ترتیب به روش زیر محاسبه می‌گردد:

$$R_{HI}=\frac{\sigma_H}{\sqrt{\sigma_I^2\times\sigma_H^2}}=\frac{\sigma_I}{\sigma_H}=\sqrt{\frac{b'Ga}{a'Ga}}$$ رابطه (۳)

که در آن σ_I^2 ، σ_H^2 و σ_{HI} به ترتیب واریانس شاخص، واریانس ارزش اصلاحی و کوواریانس شاخص و ارزش اصلاحی می‌باشد. این معیار در شاخص پایه با توجه به این که در این شاخص به جای ضرایب شاخصی، مستقیماً از ارزش‌های اقتصادی صفات استفاده می‌گردد و نیازی به برآورد پارامترهای ژنتیکی ندارد بر اساس رابطه زیر محاسبه شد.

$$R_{HI}=\sqrt{\frac{a'Ga}{a'Pa}}$$ رابطه (۴)

میزان بهره مورد انتظار از شاخص(ΔH) برای مجموع صفات نیز از رابطه ۵ بدست آمد که در آن، K دیفرانسیل گزینش در واحد استاندارد بوده و در این تحقیق چون شدت انتخاب را برابر ۱۰ درصد در نظر گرفته شد مقدار k معادل ۱/۷۶ قرار داده شد (۱۲)، σ_H انحراف معیار ارزش اصلاحی و r_{HI} ضریب همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی می‌باشد.

$$\Delta H=K\,r_{HI}\sigma_H$$ رابطه (۵)

Archive of SID

میزان پیشرفت ژنتیکی (Δ) برای هر صفت بر مبنای شاخص که از رابطه زیر بدست آمد:

$$\Delta = \frac{KGb}{\sqrt{b'Pb}}$$ رابطه (۶)

کارآیی نسبی گزینش(RE) بر اساس شاخص، نسبت به گزینش مستقیم برای عملکرد که با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید که در آن RI و RA به ترتیب پاسخ مورد انتظار بر اساس گزینش شاخصی و پاسخ مورد انتظار به گزینش از طریق خود صفت و $h_{(A)}$، جذر وراثت‌پذیری صفت A (عملکرد) می‌باشد.

$$RE = \frac{R_I}{R_A} = \frac{r_{G(A)I}}{h_{(A)}}$$ رابطه (۷)

ضریب همبستگی ژنتیکی عملکرد با شاخص ($r_{G(A)I}$) که بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد و در این رابطه g و به ترتیب بردار ستونی کواریانس ژنتیکی صفات با عملکرد و واریانس ژنتیکی صفت عملکرد می‌باشد.

$$r_{G(A)I} = \frac{b'}{\sqrt{\sigma^2_{G(A)} \times b'Pb}}$$ رابطه(۸)

آخرین معیار ارزیابی شاخص‌ها، محاسبه ضریب تغییرات فنوتیپی شاخص ها بود که از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$CV_I = \left[\frac{\sigma_I}{\overline{X}}\right] \times 100$$ رابطه (۹)

که در آن σ_I ، انحراف معیار فنوتیپی شاخص و $\overline{X}$ میانگین امتیازات به دست آمده برای افراد در اثر استفاده از شاخص می‌باشد (کلیه روابط از منبع شماره ۳ اخذ شده است). در تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم افزار SPSS ۹/۰ (۲۳) جهت محاسبه رگرسیون گام به گام و از نرم افزار Path۲ برای تجزیه علیت استفاده شد. برای محاسبه واریانس-کواریانس ژنتیکی، به دست آوردن ماتریس‌ها و تشکیل شاخص‌های گزینشی مختلف از نرم افزار SAS ۹/۰ (۲۲) استفاده گردید.

نتایج و بحث

رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت

در رگرسیون گام به گام صفت عملکرد به عنوان متغییر وابسته در مقابل سایر صفات به عنوان متغییر مستقل در نظر گرفته شد و صفات تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه، وزن هزار دانه، عرض شلتوک، تعداد کل دانه در خوشه و ارتفاع بوته به ترتیب وارد مدل گردیدند (جدول ۱). سایر صفات مورد مطالعه تاثیر معنی‌داری بر مدل نداشته و به همین دلیل اختلاف ژنوتیپ‌ها از نظر صفت عملکرد دانه را می‌توان به تفاوت در صفات فوق نسبت داد. نتایج نشان داد که این صفات توانستند ۹۷ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه کنند. با محاسبه βهای استاندارد شده مشخص شد که اهمیت تعداد خوشه و تعداد دانه پر بیشتر می‌باشد و اثر افزاینده‌ای دارند. درحالی که تاثیر عرض شلتوک و ارتفاع بوته بر روی عملکرد دانه کم و اثر کاهنده‌ای هم داشتند. در تجزیه رگرسیون ابوذری گزافرودی و همکاران (۲) مشاهده شد که سه صفت تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه و وزن صد دانه وارد مدل شدند در حالی که در این تحقیق شش صفت وارد شدند. دلیل این اختلاف می‌تواند ناشی از شرایط محیطی و ارقام مورد آزمایش باشد. به منظور درک بهتر و تفسیر دقیق‌تر نتایج به دست آمده از همبستگی‌های ساده و رگرسیون گام به گام، متغیرهای وارد شده در مدل نهایی رگرسیون مورد تجزیه علیت قرار گرفتند. جدول ۲ میزان آثار مستقیم و غیرمستقیم صفات مستقل بر عملکرد دانه را بر اساس همبستگی فنوتیپی نشان می‌دهد. طبق نتایج حاصل از تجزیه علیت صفت تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه پر در خوشه به ترتیب بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه داشتند و میزان آثار غیرمستقیم این صفت از طریق صفات دیگر هم ناچیز و از طریق همدیگر نیز مثبت و مطلوب بود، لذا از این صفات که از اجزای مهم عملکرد برنج محسوب می‌شوند، می‌توان به عنوان معیاری جهت افزایش عملکرد دانه در بوته سود جست. به طور کلی نتایج حاصل از تجزیه علیت نشان داد که گزینش بر مبنای صفات تعداد خوشه و تعداد دانه پر و وزن هزار دانه به طور مستقیم و از طریق یکدیگر به طور غیرمستقیم می‌توانند به عنوان معیارهای گزینشی جهت افزایش و اصلاح عملکرد دانه در بوته مورد نظر به‌نژادگران قرار گیرند. Chauby و Singh (۹) نشان دادند که بیشترین اثر مستقیم مربوط به صفت تعداد پنجه بارور می‌باشد. Prakash و Prakash (۱۹) نیز نشان دادند که تعداد پنجه بارور به همراه صفات تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه، مهمترین شاخص‌ها برای انتخاب ارقام با عملکرد از نظر راتون‌زایی مطلوب هستند.

شاخص‌های انتخاب

در این بررسی پنج شاخص گزینشی مختلف بر اساس دو روش (بهینه و پایه) با صفات وارد شده در مدل رگرسیونی به همراه عملکرد با ارزش‌های اقتصادی در نظر گرفته شده، محاسبه شد (جدول‌های ۳ و ۴).

در این تحقیق مقدار ارزش اقتصادی (a) در معادله Pb=Ga برای صفات مورد بررسی وارد شده از طریق رگرسیون گام به گام به همراه عملکرد، یکبار معادل واحد (یک)، یکبار هم معادل ضرایب رگرسیون گام به گام برای صفات وارد شده و عدد یک برای عملکرد، یکبار هم ضرایب رگرسیون استاندارد گام به گام برای صفات، یکبار هم وراثت‌پذیری این صفات و در نهایت همبستگی فنوتیپی این صفات با عملکرد منظور گردید (جدول ۳). با توجه به ارزش‌های اقتصادی صفات، معیارهای مختلف برای مقایسه‌ی شاخص‌ها به شرح جدول ۴ تنظیم گردید. شاخص اول برمبنای صفات وارد شده در مدل رگرسیونی و عملکرد محاسبه شد. در این شاخص، بیشترین

Archive of SID

www.SID.ir

پیشـرفت ژنتیکی مجتمع برای صفات از طریق وارد کردن اطلاعات حاصل از صفـات وارد شـده در مدل رگرسـیونی به همراه عملکـرد، به چرخه‌ی انتخـاب حاصل شـد. ارزش‌های اقتصـادی برای تمام صفات وارد شـده و عملکرد مسـاوی یک در نظر گرفته شـد (جدول ۳). همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی (RHI) و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای مجتمع صفات (HΔ) در حد مطلوبی بود، ولی سـودمندی نسبی این شاخص در مقایسه با شـاخص‌های دیگر در حد بسـیار پایینی بود چرا که در بین شـاخص‌ها پیشرفت ژنتیکی کمی را برای صفت عملکرد دانه نتیجه داد. مقدار پیشرفت برای صفات ارتفاع بوته، عرض شـلتوک و تعداد خوشـه در بوته ناچیز بود، ولی برای تعداد کل دانه و تعداد دانه پر پیشـرفت بسـیار زیادی در جهت افزایش این دو صفت به دست آمد (جدول ۴).

شاخص دوم هم برای همان صفات محاسبه شد ولی ضرایب اقتصادی همان ضرایب رگرسیون گام به گام صفات وارد شده در مدل بود و ضریب اقتصادی یک هم برای عملکرد منظور گردید (جدول ۳). پیشـرفت ژنتیکی مجتمع برای صفات کمتر از شـاخص‌های دیگر به دسـت آمد. در این شاخص نیز همبستگی ارزش اصلاحی و شـاخص و همچنین ضریب تغییرات فنوتیپی شـاخص در حد مطلوبی بود. بـرای صفت عملکرد دانه در بوته پیشـرفت ژنتیکی بیشـتری نسـبت به شاخص‌های دیگر به دسـت آمد که بالا بودن سودمندی نسبی این شـاخص در مقایسه با شاخص‌های دیگر، گویای این مطلب می‌باشد. در این شاخص برای صفات عرض شلتوک و وزن هزار دانه پیشرفت بسیار ناچیز، برای صفات دیگر در حد مطلوب، اما برای ارتفاع بوته پیشـرفت مطلوب‌تری و در جهت عکس شاخص اول به دست آمد، چرا که میزان کاهش ارتفاع در اثر اسـتفاده از این شـاخص در حدود ۸ سانتیمتر کمتر از شاخص اول بود (جدول ۴).

برای شـاخص سـوم، اثرات مسـتقیم فنوتیپی صفات وارد شـده در مدل رگرسـیون گام به گام یا همان ضرایب رگرسیون اسـتاندارد گام به گام به عنـوان ارزش‌های اقتصادی این صفات در نظر گرفته شـد و برای عملکرد هم ضریـب اقتصادی یک در نظر گرفته شـد. بالاترین پیشـرفت ژنتیکی برای صفت تعداد دانه پر در این شـاخص قرار داشت. سودمندی نسبی این شاخص در مقایسه با دیگر شاخص‌ها متوسط بود و ضریب تغییرات فنوتیپی (CV) نیـز در حد مطلوبی بود (جدول۴). از نظر ارتفاع کمترین پشـرفت ژنتیکی در ارتفاع بوته مشاهده گردید. پیشرفت ژنتیکی برای عملکرد دانه و پیشرفت ژنتیکی مجتمع صفات نیز متوسط بود. در انتخاب صفات وارد شده در شـاخص، وراثت‌پذیری صفات می‌تواند معیار مهمی باشـد. با عنایت به این موضوع، در شـاخص چهارم ارزش‌های اقتصادی بر مبنای وراثت‌پذیری عمومی صفات محاسـبه شـد (جدول ۴). در این شاخص پیشرفت ژنتیکی مجتمع صفات در حد بالایی بود، اما سـودمندی نسـبی آن کمتر از دیگر شـاخص‌ها بود چراکه در بین شـاخص‌ها کمترین پیشرفت ژنتیکی را برای صفت عملکرد دانه نتیجه داد. کمترین پیشرفت ژنتیکی برای عرض شلتوک و بیشـترین پیشـرفت برای ارتفاع بوته در این شاخص قرار داشت (جدول ۴).

در شاخص پنجم هم همبستگی فنوتیپی صفات با عملکرد به عنوان ضرایب اقتصادی صفات وارد شـده در مدل رگرسـیونی در نظر گرفته شد (جدول ۳). بیشـترین پیشـرفت ژنتیکی برای صفات تعداد کل دانه و تعداد دانه پر در خوشـه در این شاخص مشاهده شد. همچنین کمترین پیشرفت ژنتیکی بـرای صفات ارتفاع بوته و تعداد خوشـه در این شـاخص بود. همبسـتگی شاخص و ارزش‌های اصلاحی و ضریب تغییرات فنوتیپی (CV) نیز در حد مطلوبی بود. سـودمندی نسبی این شـاخص و همچنین پیشرفت ژنتیکی برای صفت عملکرد پایین بود (جدول ۴).

با نگاهی اجمالی به شـاخص‌های بهینه و مقایسه‌ی آنها با شاخص‌های پایه (جدول ۴) می‌توان دریافت که در کل، ضریب همبسـتگی شاخص و ارزش اصلاحـی (درجـه‌ی دقت)، پیشـرفت ژنتیکی صفات در شـاخص و میزان پیشـرفت ژنتیکی مجتمع صفات در شاخص‌های پایه کمتر از شاخص‌های بهینه اسـت. اما باید متذکر شـد که در شـاخص بهینه، تمام صفات مورد بررسـی وارد معادله شـاخص شـده و اهمیت هر یک از آنها با ضریبی به نام ضریب شـاخصی مشـخص می‌گردد. با این تفاوت کـه تنها صفاتی که

جدول ۱- تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد (متغیر وابسته) با سایر صفات مورد مطالعه

صفت وارد شده به ترتیب	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	β در مرحله وارد شدن	β در مرحله نهایی	β استاندارد شده نهایی	ضریب تبیین(R۲)
تعداد خوشه در بوته	رگرسیون	۱	۳۴۱/۴۵** ۴/۲۲۷	**۰/۴۴۵	**۰/۵۱۳	۰/۸۱۲**	۰/۴۹
	خطاء	۶۱					
تعداد دانه پر در خوشه	رگرسیون	۲	۳۰۹/۳۱** ۰/۸۵۸	**۰/۰۵۲	**۰/۰۵۴	۰/۶۷**	۰/۸۹۷
	خطاء	۶۰					
وزن هزار دانه	رگرسیون	۳	۲۲۱/۷۴** ۰/۲۸۶	۰/۲۹۵**	۰/۳۳۶**	۰/۳۰۹**	۰/۹۶۶
	خطاء	۵۹					
عرض شلتوک	رگرسیون	۴	۱۶۶/۶۹** ۰/۲۷	-۰/۶۰۴**	-۰/۷۷**	-۰/۰۶۳**	۰/۹۶۷
	خطاء	۵۸					
تعداد کل دانه در خوشه	رگرسیون	۵	۱۳۳/۵۷** ۰/۲۶	۰/۰۰۴*	۰/۰۰۴*	۰/۰۶۶*	۰/۹۶۹
	خطاء	۵۷					
ارتفاع بوته	رگرسیون خطاء	۶ ۵۶	۱۱۱/۴۷** ۰/۲۵	۰/۰۰۵*	-۰/۰۰۵*	-۰/۰۴۳*	۰/۹۷

* و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

www.SID.ir
Archive of SID

برای آنها ارزش اقتصادی غیر از صفر در نظر گرفته شده است، در ارزش ارثی شاخص وارد می‌شوند. اما در شاخص پایه، به این دلیل که اهمیت ارزش فنوتیپی هر یک از صفات مورد مطالعه مستقیماً با عامل ارزش‌های اقتصادی تعیین می‌شود، بنابراین صفاتی با ارزش اقتصادی صفر در معادله شاخص وارد نخواهند شد همچنین چون در این شاخص نیازی به برآورد پارامترهای ژنتیکی نیست و نتایج حاصل از آن به سادگی قابل حصول و تفسیرند، بنابراین از این نظر بر شاخص بهینه ارجحیت دارد. به طور کلی مقایسه انواع شاخص‌های انتخاب فقط از طریق کاربرد عملی آنها امکان‌پذیر است و مقایسه آنها از طریق معیارهای که محاسبه گردید، تنها جنبه نظری و تئوریک داشته و این معیارها، تنها مقادیر مورد انتظار را برآورد می‌کنند. بر این اساس کاربرد عملی شاخص‌های به دست آمده توصیه می‌شود. در مطالعه فضلعلی‌پور و همکاران (۵) روی برنج، Eta-Ndu و Open Shaw (۱۱) و همچنین Suwantaradon و همکاران (۲۵) روی ذرت نیز، شاخص پایه به عنوان شاخص برتر از لحاظ سادگی و محاسبه معرفی شد. با توجه به اینکه افزایش تعداد صفات در شاخص نمی تواند دلیلی بر افزایش سودمندی نسبی شاخص باشد و از طرف دیگر هم، چون در بیشتر برنامه های به نژادی برنج، افزایش عملکرد دانه از اهمیت ویژه ای برخوردار است لذا آنچه که در کارا بودن یک شاخص مهم است، همبستگی ژنتیکی معنی دار این صفات با عملکرد دانه، میزان بالای وراثت پذیری صفات وارد شده در شاخص و عدم همبستگی شدید بین صفات وارد شده در شاخص می باشد. بنابراین شاخص های دوم، سوم و پنجم با توجه به هدف به نژادگر و اصلاح توأم صفاتی که مورد نظر می باشند، به ترتیب می توانند به عنوان برترین شاخص ها در این تحقیق معرفی گردند. Gravois و Mc-New (۱۵) در مطالعات خود بر روی ۳۶ لاین F۱ برنج، ربیعی و همکاران (۲۰) طی مطالعه ای بر روی ۲۹۴ گیاه F۲ برنج به حصول نتایج مشابه اشاره نموده و بیان داشتند که در صورت ورود صفات ردیف اول مدل تجزیه علیت در شاخص، می توانند به نژادگر را در صورت استفاده از این شاخص ها در جهت اصلاح و بهبود عملکرد با بازدهی بالا سوق دهند. Biswas و همکاران (۷) ۳۱ شاخص انتخاب را بر اساس روش بهینه برای پنج صفت سورگوم بررسی کردند. در انتخاب بر اساس شاخص، عملکردهای دانه و علوفه بهبود یافتند. Ranalli و همکاران (۲۱) در جمعیتی از لوبیا شاخص بهینه را برای بهبود همزمان چند صفت به کار بردند. آنها بهترین گیاهان را از لحاظ شاخص انتخاب در دو نسل بررسی کردند و گزارش کردند که نتاج نسلی که به طور تصادفی انتخاب شده بودند و نتاج نسلی که از والدین برتر ایجاد شده بودند، تفاوت معنی دار از لحاظ پاسخ به انتخاب نشان دادند. همچنین از آنجا که ارزش اقتصادی یک گیاه به ارزش صفات مختلف آن بستگی دارد، بنابراین متخصصان اصلاح نباتات انتخاب همزمان چند صفت را برای بهبود آن مدنظر قرار داده اند. مؤثرترین روش برای انتخاب صحیح ژنوتیپ ها برای صفتی مانند عملکرد که چند ژنی و تحت تأثیر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط است، انتخاب همزمان بر مبنای شاخص انتخاب برای چند خصوصیت به همراه در نظر گرفتن ارزش های اقتصادی و قابلیت توارث آنها و همچنین همبستگی های ژنتیکی و فنوتیپی بین صفات است. توجه به این نکته هم ضروری است که داده‌های مورفولوژیک بر اساس صفات اندازه‌گیری شده در مزرعه بوده که از یک طرف معیارهای صحیح و بدون ابهام را کمتر ارائه می‌دهند و از طرف دیگر چون مربوط به شرایط رشد گیاه می‌باشند نسبت به شرایط محیطی

جدول ۲- میزان اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مستقل بر عملکرد دانه برنج بر اساس ضرایب همبستگی فنوتیپی

صفات	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم از طریق						همبستگی با عملکرد
		X۱	X۲	X۳	X۴	X۵	X۶	
تعداد خوشه در بوته (x۱)	۰/۸۱۲	---	-۰/۱۱۴	۰/۰۱۴	۰	-۰/۰۰۸	-۰/۰۰۳	۰/۷۰۴
تعداد دانه پر در خوشه (x۲)	۰/۶۷	-۰/۱۳۸	---	-۰/۰۸۹	-۰/۰۰۶	۰/۰۵۲	۰/۰۱۴	۰/۵۰۷
وزن هزار دانه (x۳)	۰/۳۰۹	۰/۰۳۸	-۰/۱۹۲	---	-۰/۰۱۵	-۰/۰۲۵	-۰/۰۱۴	۰/۱۰۴
عرض شلتوک (x۴)	-۰/۰۶۳	-۰/۰۰۷	۰/۰۶۳	۰/۰۷۲	---	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۰/۰۸۱
تعداد کل دانه در خوشه (x۵)	۰/۰۶۶	-۰/۰۸۷	۰/۵۳۴	-۰/۱۱۴	-۰/۰۰۸	---	۰/۰۱۳	۰/۴۰۸
ارتفاع بوته (x۶)	-۰/۰۴۳	۰/۰۳۸	-۰/۲۳	۰/۰۹۵	۰/۰۰۸	-۰/۰۲۲	---	-۰/۱۵

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳- ارزش‌های اقتصادی نسبی صفات برای محاسبه‌ی شاخص‌های گزینشی

صفات	ارزش‌های اقتصادی نسبی برای شاخص‌های گزینشی مختلف				
	۱	۲	۳	۴	۵
ارتفاع بوته	۱	-۰/۰۰۵	-۰/۰۴۳	۰/۹۹۷	-۰/۳۷۹
تعداد خوشه در بوته	۱	۰/۵۱۳	۰/۸۱۲	۰/۹۷۶	۰/۷۰۱
تعداد دانه پر در خوشه	۱	۰/۰۵۴	۰/۶۷	۰/۹۸۳	۰/۷۱۴
عرض شلتوک	۱	-۰/۷۷	-۰/۰۶۳	۰/۸۳۳	۰/۱۰۷
وزن هزار دانه	۱	۰/۳۳۶	۰/۳۰۹	۰/۸۹	-۰/۳۱۱
تعداد کل دانه در خوشه	۱	۰/۰۰۴	۰/۰۶۶	۰/۹۷۸	۰/۶۸۴
عملکرد دانه	۱	۱	۱	۰/۹۶۱	۱

آسیب‌پذیر می‌باشند. بدین منظور در به دست آوردن داده‌های صفات کمی برای آنکه نتایج معتبری ارائه گردد پیشنهاد می‌گردد که ارقام مورد نظر و صفات مربوط به آنها در چند سال و چند مکان اندازه‌گیری شوند تا اثر متقابل ژنوتیپ × در محیط نیز برآورد و از اثرات ژنتیکی تفکیک گردد و به این ترتیب بتوان پیشرفت ژنتیکی دقیقتری را تعیین نمود.

نتیجه‌گیری کلی

می‌توان از شاخص‌های انتخاب به منظور انجام بهتر و موفق‌تر برنامه‌های دورگ‌گیری نیز استفاده نمود. به این صورت که والدینی که مقدار به دست آمده شاخص آنها بیشتر است، در صورتی که واریانس افزایشی صفت مورد نظر که قصد بهبود آن را داریم، قسمت اعظم واریانس مربوط به آن صفت باشد یا به عبارت دیگر سهم عوامل غیرافزایشی روی آن صفت کم باشد را با هم تلاقی داده و انتظار می‌رود که نتاج به دست آمده از نظر آن صفت مناسب باشند. اما بر اساس یک قضاوت ظاهری و استنتاج کلی و با توجه به معیارهای که برآورد شدند، می‌توان گفت که به ترتیب شاخص‌های دوم و سوم محاسبه شده به روش پایه (جدول ۴) با توجه به هدف به‌نژادگر و اصلاح توأم صفاتی که مورد نظر می‌باشند، به عنوان برترین شاخص‌ها برای افزایش و اصلاح عملکرد دانه برنج در این تحقیق معرفی می‌شوند. در مقایسه چهار معیار ارزیابی شده در این مطالعه برای ارزیابی شاخص ها یعنی Δ، ΔH، R_{HI} و R_E می توان گفت که Δ و R_{HI} همیشه و در همه برنامه های به نژادی مورد توجه به نژادگران می باشند. R_E نیز در برنامه هایی مورد توجه می باشند که افزایش و بهبود عملکرد دانه از اهمیت خاصی برخوردار باشد. اما به نظر نمی رسد ΔH معیار مقایسه ای مطلوبی باشد، چرا که ΔH میزان پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار را برای کلیه صفات نشان می دهد و در بسیاری از موارد افزایش بعضی از صفات نظیر ارتفاع بوته و زمان رسیدگی نه تنها مهم نیست، بلکه برعکس کاهش آنها اهمیت بیشتری دارد. به این ترتیب بهتر است این معیار به عنوان معیار مقایسه شاخص ها به کار نرود.

منابع مورد استفاده

۱- ابوذری گزافرودی، ا.، ربیعی، ب. هنرنژاد ر. و پورمرادی. ص. (۱۳۸۶) بررسی شاخص‌های انتخاب در ارقام برنج. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۸ شماره ۱، ص ۱۰۳-۹۳.

۲- ابوذری گزافرودی، ا.، هنرنژاد، ر. فتوکیان م. ح. و اعلمی. ع. (۱۳۸۵) مطالعه همبستگی صفات زراعی و تجزیه علیت در برنج. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۲، ص ۱۰۶-۹۹.

۳- رضایی، ع. (۱۳۷۳) شاخص‌های انتخاب در اصلاح نباتات. مجموعه مقالات کلیدی سومین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۱۲ تا ۱۷ شهریور، دانشگاه تبریز، ص ۱۳۴-۱۰۵.

۴- فرشادفر، ع. (۱۳۷۷) کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات (جلد اول). انتشارات طاق بستان. دانشگاه رازی.

۵- فضلعلی‌پور، م.، ربیعی، ب. سمیع زاده لاهیجی ح. و رحیم سروش. ح. (۱۳۸۶) گزینش چند صفتی برای غربال ژنوتیپ‌های برتر یک جمعیت F۲ برنج. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۱ شماره ۴۲، ص ۵۲-۴۱.

6- Baker, R. J. (1986) *Selection Indices in plant Breeding*. CRC Press. Inc. Boca Raton. Florida. 218 p.

7- Biswas, B. K., Hasanuzzaman, M. Eltaj, F. Alam M. S. and Amin. M. R. (2001) Simultaneous selection for fodder and grain yield in sorghum. *J. Biological Sci.* 1: 321-323.

8- Brim, C. A., Johnson H. W. and Cockerham. C. C. (1959) Multiple selection criteria in soybeans. *Agron*. J. 51: 42-46.

9- Chauby, P. K. and Singh. R. P. (1994) Genetic variablity, correlation & path analysis of yield & yield components of rice. *Madras Agric. J.* 18 (9): 468-470.

10- Dewey, D. R. and Lu. K. H. (1959) A correlation and path crested wheatgrass seed production. *Agron. J.* 51:515-518.

11- Eta-Ndu, J. T. and Openshaw. S. J. (1992) Selection criteria for grain yield and moisture in maize yield traits. *Crop Sci*. 32: 332-335.

12- Fehr, W. R. (1996) *Principles of cultivar development*. Vol 1. Mc Graw Hill, Inc. 536 p.

13- Garrity, D. P. and Toole. J. C. (1994) Screening rice for drought resistance at the reproductive phase. *Field Crops Research*. 39: 99-110

14- Grafius, J. E. (1965) A geometric approach to the selection index. Michigan State Univ. *Agri. Exp. Sta. Bull.* 7 : 31-41

15- Gravois, K. A. and McNew. R.W. (1993) Genetic relationship among and selection for rice yield and yield component. *Crop Sci*. 33: 249-252.

16- Hazel, L. N. (1943) The genetic basis for construction selection indexes. *Genetics*. 28: 476-490.

17- Mitchell, J. H., Siamhan D. and Wamala. M. H. (1998)The use

www.SID.ir
Archive of SID

for seed yield in been (*Phaseolus vulgaris*). *Euphytica* 57: 117-123.

22- SAS Institute. (2002) *SAS/STAT 9 user's guide*. Vol. 1, 2, and 3. SAS Insttitute Inc., Cary, NC, USA.

23- SPSS Institute. (1999) *SPSS Base 9.0 Syntax Reference Guide*. SPSS Inc. http://www. spss.com.

24- Smith, H. F. (1936) A discriminant function for plant selection. Ann. *Eugen*. 7: 240-250.

25- Suwantaradon, K., Eberhart, S. A. Mock, J. J. Owens J. C. and Guthrie. W. D. (1975) Index selection for several agronomic traits in the BSSS2 maize population. *Crop Sci.* 15: 827-833.

of seedling leaf death score for evaluation of drought resistance of rice. *Field Crops Research*. 55: 129-139.

18- Pantuwan, G., Fukai S. and Cooper. M. (2004)Yield response of rice genotypes to drought under rained lowlands. *Field Crops Research*. 89: 281-297.

19- Prakash, S. and Prakash. B. G. (1987) Path analysis in ratoon rice. *Rice Abs.* 24: 215-218.

20- Rabiei, B., Valizadeh, M. Ghareyazie B. and Moghaddam. M. (2004) Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. *Field Crops Research.* 89: 359-367.

21- Ranalli, P., G. Ruaro and Delre.P.(1991) Response to selection

جدول ۴- میزان پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای هر صفت در اثر استفاده از شاخص بهینه و پایه (Δ) بر مبنای شدت انتخاب ۱۰ درصد (RHI=۱/۷۶، k همبستگی بین شاخص (I) و ارزش اصلاحی مجتمع (H، ΔH پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای مجتمع صفات، CVI ضریب تغییرات فنوتیپی شاخص و RE سودمندی نسبی شاخص مورد نظر نسبت به گزینش بر مبنای عملکرد می‌باشد.

شاخص a		پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای هر صفت در هر شاخص (Δ)							R_{HI}	ΔH	RE	CV_i
		ارتفاع بوته	تعداد خوشه در بوته	تعداد دانه پر در خوشه	عرض شلتوک	وزن هزار دانه	تعداد کل دانه در خوشه	عملکرد دانه				
شاخص بهینه	۱	۰/۲۱۲	-۰/۳۶۹	۵۴/۴۸	۰/۰۲۴	-۱/۰۳	۶۹/۸۱	۲/۶۵	۰/۹۸۹	۱۲۵/۷۸	۰/۵۵۷	۱۳/۶۲
	۲	-۷/۶۹	۵/۶۹	۳۲/۳۲	۰/۰۳۱	۰/۲۳۷	۳۲/۸۶	۴/۸۹	۰/۹۸۳	۹/۷۸	۱/۰۳۴	۱۵/۲۲
	۳	-۱۸/۲۴	۰/۲۸۶	۶۱/۳۶	۰/۰۳۹	-۱/۲۳	۶۴/۴۳	۳/۳۴	۰/۹۹۱	۴۹/۳۸	۰/۷۰۱	۱۹/۳۲
	۴	۰/۴۷۷	-۰/۳۷۶	۵۴/۳۸	۰/۰۲۳	-۱/۰۳	۶۹/۶۶	۲/۶۴	۰/۹۸۹	۱۲۳/۴۱	۰/۵۳۷	۱۳/۶۴
	۵	-۲۴/۷۳	-۰/۴۵۹	۵۸/۲۳	۰/۰۴۷	-۱/۷۵	۷۳/۶۷	۲/۶۸	۰/۹۹۲	۱۰۴/۲۹	۰/۵۴۶	۲۸/۸۴
شاخص پایه	۱	۰/۳۰۱	-۰/۳۳۸	۵۴/۲۸	۰/۰۲۸	-۰/۹۹۶	۶۹/۷۹	۲/۶۷	۰/۹۸۸	۱۲۸/۶۹	۰/۵۴۴	۱۴/۱۳
	۲	-۷/۴۴	۵/۶۳	۳۲/۰۹	۰/۰۳۱	۰/۳۲	۳۲/۴۸	۴/۹۱	۰/۹۸۳	۱۰/۲۵	۰/۹۹۹	۱۷/۱۳
	۳	-۱۷/۸۷	۰/۳۲۹	۶۱/۲۵	۰/۰۴۲	-۱/۱۹	۶۴/۲۹	۳/۳۸	۰/۹۹	۵۰/۳۲	۰/۶۸۸	۲۰/۷۵
	۴	۰/۵۶۲	-۰/۳۴۵	۵۴/۱۹	۰/۰۲۷	-۱/۰۰۱	۶۹/۶۶	۲/۶۶	۰/۹۸۹	۱۲۶/۲۷	۰/۵۴۱	۱۳/۶۷
	۵	-۲۴/۳۳	-۰/۴۲۳	۵۸/۱۹	۰/۰۴۹	-۱/۷۳	۷۳/۸۳	۲/۷۱	۰/۹۹۲	۱۰۵/۹۴	۰/۵۵۲	۲۷/۸۸

a : شاخص‌های فوق بر مبنای ضرایب اقتصادی موجود در جدول ۲ محاسبه شده‌اند.

Archive of SID
www.SID.ir