دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

# تجزیه پایداری واریته‌های گندم نان (*Triticum aestivum L.*) با استفاده از مدل AMMI

سعید نواب‌پور[1] و طیبه جعفری نظرآبادی[2]

۱- دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
(نویسنده مسوول: s.navabpour@gau.ac.ir)
۲- دانشجوی دکتری، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۳۰
صفحه: ۲۱ تا ۲۸

## چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** اثر متقابل ژنوتیپ × محیط یک مشکل بزرگ در مطالعه‌ی صفات کمی است. وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط موجب می‌شود که عملکرد ژنوتیپ‌ها در دامنه‌ی وسیعی از شرایط محیطی مورد ارزیابی قرار گیرد. پایداری عملکرد برای حصول عملکرد بالا و به‌طور یکنواخت در دامنه‌ی وسیعی از محیط‌ها، دارای اهمیت زیادی است. هدف از انجام این تحقیق تعیین ژنوتیپ‌های دارای سازگاری عمومی و خصوصی با استفاده از مدل AMMI می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** به منظور بررسی و انتخاب واریته‌های پر محصول و پایدار، ۸ واریته گندم نان با استفاده از مدل AMMI مورد مطالعه گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار طی سال‌های زراعی (۱۳۹۷-۱۳۹۴) در ساری، گرگان، آق قلا و گنبد به اجرا درآمد. هر یک از لاین‌ها در کرت‌هایی با پنج خط سه متری با فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر کاشته شد. در پایان فصل محصول سنبله‌ها از هر کرت به‌صورت دستی برداشت و خرمن‌کوبی شد و وزن دانه‌های بدست آمده توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و در مترمربع گزارش شد.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل از تجزیه واریانس آثار اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر (مدل AMMI) اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد برای محیط، واریته و اثر متقابل واریته × محیط نشان داد که بیانگر عملکرد متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف است بنابراین می‌توان پایداری را بررسی نمود.. مولفه‌ی اول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. دو مولفه‌ی اول جمعاً ۹۷/۰۴ درصد و مولفه‌های باقیمانده در مدل ۲/۹ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل واریته × محیط را توجیه کردند. بر اساس مدل AMMI1 واریته‌های معراج، کلاته و مروارید و بر اساس مدل AMMI2 واریته‌های تیرگان، مروارید و کلاته به عنوان لاین‌هایی با عملکرد و پایداری بالا معرفی شدند. بر اساس نتایج حاصل از شاخص ارزش پایداری امی (ASV) واریته‌های کلاته، مروارید و معراج و بر اساس شاخص انتخاب ژنوتیپ (GSI) واریته‌های کلاته، مروارید و تیرگان به‌عنوان لاین‌هایی پایدار معرفی شدند.

**نتیجه‌گیری:** بر اساس هر دو مدل AMMI1، AMMI2 و شاخص ارزش پایداری امی (ASV) و شاخص انتخاب ژنوتیپ (GSI) واریته‌های مروارید و کلاته به‌عنوان واریته‌های پایدار و واریته‌های کوهدشت، قابوس و آفتاب به‌عنوان واریته‌های ناپایدار معرفی شدند.

**واژه‌های کلیدی:** اثر متقابل واریته × محیط، تجزیه پایداری، گندم نان، مدل AMMI

## مقدمه

گندم نان در محدوده‌ی وسیعی از شرایط اقلیمی و مناطق جغرافیایی تولید می‌شود و به‌دلیل تطابق زیاد با شرایط آب و هوایی مختلف محیطی، دامنه‌ی پراکندگی آن بیش از هر گونه‌ی دیگر گندمیان است و غذای اصلی برای بخش عمده‌ای از جمعیت رو به رشد جهان می‌باشد. این گیاه برای هزاران سال، قوت روزانه‌ی بخش عمده‌ای از جمعیت جهان را تأمین کرده است (۱۶). انتخاب ژنوتیپ برتر از میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی همواره کاری دشوار بوده است. اصلاح‌گران عمده‌ترین دلیل آن را پاسخ متفاوتی می‌دانند که ممکن است هر ژنوتیپ تحت شرایط محیطی متفاوت ایجاد کند (۱۸). به تغییری که در عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف پدید می‌آید، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط می‌گویند. گرافیلوس و توماس (۱۴) به بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و بررسی سهم اجزای عملکرد در اثر متقابل ژنوتیپ و محیط پرداختند. آنان بیان داشتند که ظهور یک صفت اقتصادی در یک گیاه زراعی از جمله عملکرد نتیجه‌ی مجموعه‌ای از فعالیت‌های فیزیولوژیکی در طول دوره‌ی رشد آن است. هر یک از اجزاء این صفت مرکب ممکن است تحت تأثیر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل آن‌ها قرار گیرند. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط درجه‌ای از عدم اطمینان در اندازه‌گیری برتری هر ژنوتیپ را نشان می‌دهد. این عدم اطمینان با بزرگ شدن این اثر متقابل افزایش می‌یابد. وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط مهمترین چالش فراروی بهنژادگران گیاهی است. تفسیر آثار متقابل، شناسایی محیط‌های هدف و معرفی ژنوتیپ‌های مناسب با سازگاری خصوصی و عمومی برای محیط‌های مورد مطالعه و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار در سال‌های مختلف از اهداف مهم در بررسی ژنوتیپ‌ها در سال‌ها و محیط‌های مختلف می‌باشد (۲۴). از آنجایی که تجزیه و تحلیل با استفاده از روش‌های معمول مثل استفاده از جدول‌های تجزیه مرکب فقط اطلاعاتی در مورد اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به‌دست می‌دهد، محققین معیارهای متفاوتی را جهت تشخیص پایداری ارقام و معرفی آن‌ها به کار برده‌اند (۲۳). تجزیه پایداری مهم‌ترین روشی است که برای پی‌بردن به ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ و محیط کاربرد دارد و با توجه به آن می‌توان ارقام پایدار و سازگار را شناسایی و مورد استفاده قرار داد. روش‌های تجزیه پایداری شامل روش‌های تک متغیره و چند متغیره هستند. در این میان، روش‌های آماری چند متغیره، اطلاعات بیشتر و جامع‌تری را راجع به اثر متقابل و تغییرپذیری فنوتیپی در اختیار قرار می‌دهند (۳). تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (GEI) اغلب با پیچیدگی‌هایی همراه است (۱). این پیچیدگی‌ها از پارامترهای ژنوتیپ و محیط نشأت می‌گیرد. اثر اصلی این دو پارامتر جمع‌پذیر ولی اثرات متقابل آن‌ها ضرب‌پذیر است. گاچ، زبل و هوک در سال ۱۹۸۸-۸۹ مدل AMMI[1] را برای کاهش پیچیدگی‌های ناشی از این دو عامل پیشنهاد کردند (۷). در بین روش‌های چند متغیره، روش AMMI یا روش بررسی آثار اصلی

1- AMMI stability value

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOI: 10.52547/jcb.13.40.21 ]

جمع‌پذیر و آثار متقابل ضرب‌پذیر به‌طور گسترده‌ای در برآورد اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار مورداستفاده قرارگرفته است (۴،۲۸). مدل AMM برای مطالعه‌ی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط حائز اهمیت می‌باشد، زیرا این مدل با یک روش آماری قدرتمند اثر متقابل را تجزیه می‌کند. در روش AMMI برآورد عملکرد با دقت بیشتری صورت می‌گیرد. میزان دقت برآورد با روش AMMI شبیه افزایش تعداد تکرارهاست. از این روش می‌توان به منظورکاهش تعداد تکرارها استفاده کرد و بدین وسیله در هزینه‌ی استفاده از تکرارهای زیاد صرفه‌جویی نمود. با کاهش تعداد تکرار می‌توان تیمارهای بیشتری را در آزمایش وارد کرد و بازده انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها را افزایش داد. از آنجایی‌که در آزمایشات تحقیقاتی معمولاً تیمارهای بیشتر و تکرارهای کمتری را به کار می‌برند، اهمیت روش AMMI روشن می‌گردد. مدل AMMI شامل بیشترین مجموع مربعات اثر متقابل است که باعث اعتبار بیشتر مدل می‌شود و حذف اثر باقیمانده که در خطا موثر است، باعث ایجاد دقت و صحت اعتبار آماری مدل می‌شود (۵). در مدل AMMI ابتدا با استفاده از تجزیه واریانس آثار اصلی جمع‌پذیر ژنوتیپ‌ها و محیط برآورد می‌شوند و سپس با استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی[1] (اثر متقابل ژنوتیپ × محیط اثر متقابل ضرب‌پذیر) مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. از جمله شاخص‌هایی که برای ارزیابی پایداری مورد استفاده قرار می‌گیرند شاخص ارزش پایداری امی[2] (ASV) و شاخص انتخاب ژنوتیپ[3] (GSI) می‌باشد. شاخص ASV از مقادیر IPCA1 و IPCA2 به‌دست آمده از مدل AMMI، برای هر ژنوتیپ یا محیط بدست می‌آید. توضیح آن‌که مدل امی پایداری را به صورت کمی برآورد نمی‌کند و اندازه‌ی کمی پایداری به منظور رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر طبق پایداری عملکرد آن‌ها ضروری است. لذا (۲۱) به منظور ارائه‌ی یک شاخص کمی برای رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای مدل امی، ارزش پایداری امی (ASV) را معرفی نمود. هرچه مقدار این شاخص برای ژنوتیپ کمتر باشد، ژنوتیپ پایدارتر می‌باشد. یکی دیگر از روش‌های برآورد کمی پایداری فنوتیپی شاخص (GSI) می‌باشد. مقدار این شاخص نیز مشابه شاخص ASVi هرچه کمتر باشد، ژنوتیپ پایدارتر با عملکرد بالاتر است. گاچ (۱۰) تجزیه AMMI را برتر از مدل‌های دیگر دانست، وی بررسی جداگانه اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را دلیل آن عنوان کرد. هما (۱۵) با بررسی که برروی ۲۰ ژنوتیپ گندم دوروم برای ارزیابی پایداری با مدل AMMI انجام داد، نشان داد که اثرات محیط، ژنوتیب و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به ۲ مولفه‌ی اصلی تفکیک شد. در پژوهش قدرتی نیاری و عبدالشاهی (۱۳) که به‌منظور بررسی پایداری عملکرد دانه‌ی ۴۰ ژنوتیپ گندم نان در سه سال و دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد، نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. نتایج تجزیه‌ی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر مبنای مدل AMMI نشان داد که پنج مولفه‌ی اصلی اثر متقابل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند و مولفه‌ی ششم به عنوان نویز در نظر گرفته شد. این پنج مولفه ۱۰۰ درصد تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه نمودند. از این رو نویز برابر صفر بود. فرشادفر (۶) به منظور تعیین ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا، از بین ۲۰ ژنوتیپ گندم نان در شرایط آبی و دیم، در چهارسال متوالی، از شاخص ارزش پایداری امی (ASV) و شاخص انتخاب هم‌زمان عملکرد و پایداری تحت عنوان GSI استفاده نمود. تاری نژاد (۲۵) با استفاده از روش AMMI ژنوتیپ‌های پایدار گندم نان و دوروم را تعیین و اظهار داشته است که روش فوق الذکر می‌تواند در تعیین ژنوتیپ‌های حائز سازگاری عمومی و خصوصی برای مکان‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. هدف از انجام این تحقیق تعیین ژنوتیپ‌های دارای سازگاری عمومی و خصوصی با استفاده از مدل AMMI می باشد.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ۸ واریته گندم نان (برای سهولت از شماره ۸-۱ شماره‌گذاری شدند، جدول ۱-) به منظور شناسایی واریته‌های پایدار مورد مطالعه قرار گرفتند. این تحقیق در بخش مزرعه‌ای در ساری، گرگان، آق‌قلا و گنبد به اجرا درآمد. این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شرایط دیم پیاده شد. در مزرعه هر واریته در ۵ خط ۳ متری با فاصله‌ی خطوط ۲۵ سانتیمتر کشت شده و تراکم ۵۰۰ بذر در متر مربع بود. اولین بارندگی پس از کاشت به‌عنوان تاریخ کشت در نظر گرفته شد. از این تاریخ به بعد طرح آزمایشی تا موقع برداشت تحت تأثیر تیمار آبی قرار نگرفت. تمامی عملیات زراعی از قبیل مبارزه با علف‌هرز به صورت یکنواخت انجام شد. به منظور تجزیه پایداری این طرح، داده‌های عملکرد واریته‌ها در ۱۲ محیط (چهار مکان و سه سال) مورد استفاده قرار گرفتند. این آزمایش‌ها در ۳ سال زراعی، طی سال‌های (۱۳۹۷-۱۳۹۳) تکرار شدند. محیط‌ها شامل E1 (ساری ، ۹۵-۹۴)، E2 (گرگان، ۹۵-۹۴)، E3 (آق قلا، ۹۵-۹۴)، E4 (گنبد، ۹۵-۹۴)، E5 (ساری، ۹۶-۹۵)، E6 (گرگان، ۹۶-۹۵) ، E7 (آق قلا، ۹۶-۹۵) ، E8 (گنبد، ۹۶-۹۵) ، E9 (ساری، ۹۷-۹۶) ، E10 (گرگان، ۹۷-۹۶) ، E11 (آق قلا، ۹۷-۹۶) ، E12 (گنبد، ۹۷-۹۶) می‌باشند. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در روش AMMI، باقی‌مانده جمع‌ناپذیر فرض می‌شود. بخش ضرب‌پذیر در مدل AMMI اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را به یک تا N مولفه‌ی اصلی (PCA) تجزیه می‌نماید. ابعاد ماتریس تشکیل شده می بایست بیش از۳ × ۳ باشد، یعنی ۳ ژنوتیپ در ۳ یا بیشتر از ۳ محیط ارزیابی شود (۲۷). مدل آماری AMMI به شکل ذیل ارائه شده است (۹).

$$X_{ijo} = \mu + \alpha_i + Y_j + \sum_{n=1}^{N} \lambda \alpha_{in} \gamma_{jn} + \rho_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

که در آن $X_{ijo}$ میانگین ژنوتیپ، $\mu$ میانگین کل، $\alpha_i$ اثر ژنوتیپ، $Y_j$ اثر محیط، $\lambda_n$ مقدار منفرد است که جذر $\lambda_k$ یعنی مقدار ویژه[4] است، پس $\lambda_n = \sqrt{\lambda_k}$ می‌باشد، $\rho_{ij}$ اثر نویز

1- Principal component analysis 2- Additive main effect and multiplicative interaction 3- Genotype Selection Index
4- Eigen Value

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOI: 10.52547/jcb.13.40.21 ]

(Noise) است که تفاوت مقدار برآورد شده با مقدار واقعی است و $\varepsilon_{ijk}$ مقدار باقیمانده است. در این مدل $\alpha_{in}$ بردار ویژه ژنوتیپ و $\gamma_{jn}$ بردار ویژه محیط است. مقدار منفرد$\lambda$ دارای واحد عملکرد است (۱۱). بردارهای ویژه ژنوتیپ و محیط طوری مقیاس بندی می‌شوند که دارای مجموع صفر و مجموع مربعات یک باشند،که این خاصیت را خاصیت ارتونرمالیزه گویند (۲۶،۹). ASV که برای اولین بار توسط پوچاز (۲۱) درسال ۱۹۹۷ مطرح شد، از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$ASV_i = \sqrt{\left[\frac{SS_{IPCA1}}{SS_{IPCA2}}(IPCA1Score)\right]^2 + (IPCA2Score)^2}$$

در رابطه فوق SSIPCA [1] مجموع مربعات مؤلفه‌ها که در این تحقیق مقدار مجموع مربعات مولفه‌ی اول و دوم به ترتیب ۲۰۸۰۳۹۷ و ۴۶۲۸۳ می‌باشد و IPCA1 score، IPCA2 score به ترتیب مقدار مؤلفه‌های اول و دوم برای هر واریته است (جدول ۳). نظر به این‌که نمره IPCA1 سهم بیشتری در مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط دارد، در این روش نسبت مجموع مربعات IPCA1 به مجموع مربعات IPCA2 به عنوان وزن به ارزش IPCA1 داده می‌شود. فرشادفر (۶) بر مبنای رتبه‌ی میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها (RYi) در محیط‌های مختلف و رتبه ارزش پایداری امی (RASVi) شاخص انتخاب همزمان عملکرد و پایداری را تحت عنوان شاخص انتخاب پایداری (GSIi) با فرمول زیر مطرح کرد:

GSIi = RASVi + Ryi

در این تحقیق تشخیص نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16.0 با روش آماری kolomogorov Smirnov انجام شد. برای تجزیه با مدل AMMI از نرم‌افزار IRRISTAT استفاده گردید.

جدول ۱- کد و نام ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Table 1. Codes and names for studied varieties

| نام واریته‌ها | کد |
|---|---|
| تیرگان | ۱ |
| مروارید | ۲ |
| کلاته | ۳ |
| احسان | ۴ |
| معراج | ۵ |
| کوهدشت | ۶ |
| قابوس | ۷ |
| آفتاب | ۸ |

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس با استفاده از مدل AMMI (جدول ۲) اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد برای محیط، واریته و اثر متقابل واریته × محیط نشان داد. معنی‌دار بودن اثر متقابل واریته × محیط به این معنی است که واریته‌ها در محیط‌های مختلف عملکرد متفاوتی داشته‌اند و اختلاف بین واریته‌ها از یک محیط به محیط دیگر متفاوت بود، بنابراین می‌توان پایداری را بررسی نمود. بیشترین تغییرات داده‌ها به‌وسیله‌ی واریانس محیط (۶۱/۴۵ درصد) توجیه شد و واریانس بین واریته‌ها۲۱/۳۰ درصد و اثر متقابل واریته × محیط، ۱۷/۲۶ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند. به دلیل کشت در سال‌های مختلف (۳ سال) و وجود ۴ مکان در هر سال، قسمت عمده‌ی تغییرات مربوط به محیط قابل توجیه بود. یک رخداد کلی در همه‌ی آزمایش‌های منطقه‌ای آن است که محیط همیشه یک پدیده‌ی غالب در منبع تغییرات عملکرد است و اثر واریته و واریته × محیط نسبتاً کوچک هستند (۱۲). بزرگی اثر محیط بیانگر تنوع محیط‌هاست که باعث ایجاد تفاوت در عملکرد دانه‌ی ژنوتیپ‌ها شده است. به منظور تجزیه‌ی اثر متقابل واریته × محیط تجزیه به مولفه‌های اصلی روی ماتریس باقیمانده صورت گرفت و مولفه‌های اول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اولین مولفه اصلی (IPCA1) ۹۴/۹۳ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل، دومین مولفه‌ی اصلی (IPCA2) ۲/۱ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص دادند. دو مولفه‌ی اول جمعاً ۹۷/۰۴ درصد از تغییرات کل اثر متقابل واریته × محیط را توجیه کردند. مولفه‌های باقیمانده در مدل ۲/۹ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه کردند. این مطلب برازش خوب مدل را نشان می‌دهد. هما (۱۵) با بررسی که برروی ۲۰ ژنوتیپ گندم دوروم برای ارزیابی پایداری با مدل AMMI انجام داد، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به ۲ مولفه‌ی اصلی تفکیک شد. کیلیک (۱۷) پایداری را برروی ۲۵ ژنوتیپ جو در ۸ محیط با استفاده از مدل AMMI بررسی و گزارش کرد که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به ۳ مولفه‌ی اصلی، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار، تفکیک و ۲ مولفه‌ی اول ۶۱/۰۷ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه کردند. مدل AMMI1 (شکل ۱) از دو محور افقی و عمودی تشکیل شده است و محور افقی همان میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و محور عمودی نمرات اولین مولفه‌ی اصلی برای آن‌ها می‌باشد که واحد محور افقی همان واحد اصلی داده‌ها و محور عمودی به صورت جذر واحد اصلی داده‌ها بیان می‌شود. بنابراین ضرب نمره‌ی مولفه‌ی اصلی یک ژنوتیپ در نمره‌ی مولفه‌ی اصلی یک محیط که عملکرد آن ژنوتیپ در آن محیط را برآورد می‌کند، سبب بازگشت واحد اندازه‌گیری اصلی می‌شود. از

1- Sum of Square Principal Coordinate Analysis Interaction

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOI: 10.52547/jcb.13.40.21 ]

محل تلاقی میانگین ژنوتیپ‌ها با نمرات IPCA1 ژنوتیپ‌ها و محل تلاقی میانگین محیط‌ها با نمرات IPCA1 محیط‌ها یک نقطه در فضای مختصات مشخص می‌شود. هر چه نمره‌ی مولفه‌ی اول هر ژنوتیپ بدون در نظر گرفتن علامت کمتر باشد یعنی به خط افقی IPCA=0 نزدیک‌تر باشد آن ژنوتیپ پایدارتر، و هرچه فاصله از این خط افقی بیشتر باشد ژنوتیپ ناپایدارتر می‌باشد (۲۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس با مدل AMMI برای واریته‌های گندم نان در محیط‌های مورد مطالعه
Table 2. Analysis of variance with AMMI model for bread wheat varieties for studied environments

| واریته‌ها | میانگین عملکرد (gr) | مولفه‌ی اول | مولفه‌ی دوم | ارزش پایدار امی |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۴۵۵/۷ | −۸/۲۶ | ۰/۱۲ | ۳۷۱/۲۸ |
| ۲ | ۴۱۱/۷ | −۶/۸۸ | -۵/۵۱ | ۳۰۹/۳۰ |
| ۳ | ۴۰۰/۸ | −۵/۱۱ | ۱/۳۳ | ۲۲۹/۶۹ |
| ۴ | ۴۴۶/۵ | −۸/۶۵ | -۳/۵۰ | ۳۸۸/۸۲ |
| ۵ | ۴۰۵ | −۷/۶۴ | ۷/۶۷ | ۳۴۳/۴۹ |
| ۶ | ۲۵۹/۶ | ۱۲/۴۱ | -۰/۰۸ | ۵۵۷/۸۲ |
| ۷ | ۲۵۰/۹ | ۱۱/۹۱ | ۱/۴۳ | ۵۳۵/۳۵ |
| ۸ | ۲۵۳/۱ | ۱۲/۲۳ | -۱/۴۵ | ۵۴۹/۷۳ |

* و **: سطح معنی‌داری به ترتیب در سطوح ۱٪ و ۵٪

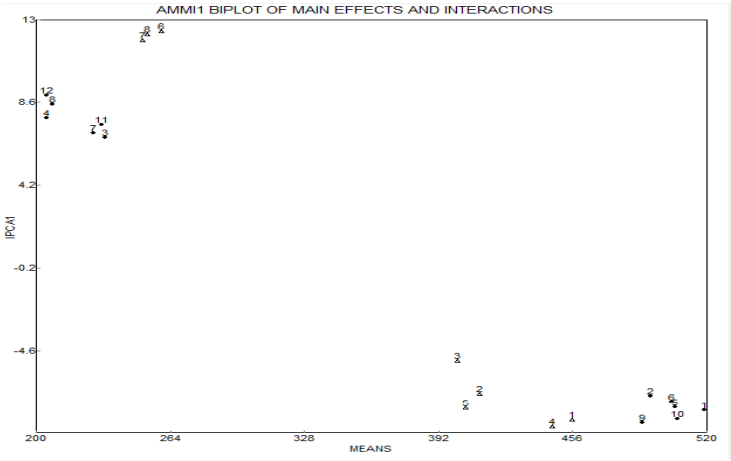
جدول ۳- مقادیر مولفه‌های اول و دوم و شاخص ASV برای واریته‌ها
Table 3. First and second components amounts and ASV index for varieties

| منابع تغییر | درجه آزادی (df) | مجموع مربعات SS | %SS | میانگین مربعاتMS |
|---|---|---|---|---|
| محیط | ۱۱ | ۷۸۱۰۵۳۳ | ۶۱/۴۵ | ۷۱۰۰۴۸$^{**}$ |
| خطای ۱(تکرار در محیط) | ۳۶ | ۸۲۶۷۳ | | ۲۲۹۶ |
| واریته | ۷ | ۲۷۰۷۳۶۰ | ۲۱/۳۰ | ۳۸۶۷۶۶$^{**}$ |
| واریته × محیط | ۷۷ | ۲۱۹۱۳۷۶ | ۱۷/۲۴ | ۲۸۴۵۹$^{**}$ |
| $IPC_1$ | ۱۷ | ۲۰۸۰۳۹۷ | | ۱۲۲۳۷۶$^{**}$ |
| $IPC_2$ | ۱۵ | ۴۶۲۸۳ | | ۳۰۸۶$^{ns}$ |
| باقیمانده (نویز) | ۴۵ | ۶۴۶۹۶ | | ۱۴۳۸$^{ns}$ |
| خطای ۲ | ۲۵۲ | ۶۷۴۲۴۰ | | ۲۶۷۶ |
| کل | ۳۸۳ | ۱۳۴۶۶۱۸۲ | | ۳۵۱۶۰ |
| ضریب تغییرات (CV%) | | | ۱۴/۳۵ | |

جدول ۴- مقادیر مولفه‌های اول و دوم برای ۱۲ محیط
Table 4. First and second components amounts to 12 environment

| محیط (E) | میانگین عملکرد (gr) | مولفه‌ی اول | مولفه‌ی دوم |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۵۱۹/۲ | −۷/۷۵ | -۲/۳۷ |
| ۲ | ۴۹۳ | −۷/۰۱ | ۰/۳۳ |
| ۳ | ۲۳۳/۲ | ۶/۷۵ | -۲/۶۱ |
| ۴ | ۲۰۵ | ۷/۷۶ | -۰/۱۵ |
| ۵ | ۵۰۵ | −۷/۶۰ | -۵/۳۱ |
| ۶ | ۵۰۳ | −۷/۳۰ | ۷/۷۲ |
| ۷ | ۲۲۷/۴ | ۶/۹۷ | ۰/۲۳ |
| ۸ | ۲۰۷/۶ | ۸/۴۷ | ۰/۶۴ |
| ۹ | ۲۸۹/۴ | −۸/۴۲ | -۱/۴۹ |
| ۱۰ | ۵۰۶ | −۸/۲۳ | ۱/۶۰ |
| ۱۱ | ۲۳۱/۱ | ۷/۴۱ | ۰/۰۵ |
| ۱۲ | ۲۰۵/۱ | ۸/۹۵ | ۱/۳۵ |

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOI: 10.52547/jcb.13.40.21 ]




شکل ۱- بای پلات میانگین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و مقادیر اولین مولفه اصلی آنها (مدل AMMI1)
Figure 1. Bi-plot of genotypes and environments mean and values of their first component (Model AMMI1)

بنابراین واریته‌های ۵، ۳ و ۲ به‌دلیل فاصله‌ی کمتر با خط افقی IPCA=0 به‌عنوان پایدارترین واریته‌ها و به‌دلیل عملکرد بیشتر از میانگین کل به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا معرفی می‌شوند. واریته‌های ۷، ۸ و ۶ به دلیل بیشترین فاصله از خط افقی IPCA=0 به عنوان ناپایدارترین واریته‌ها معرفی می‌شوند. در مدل AMMI ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای اولین مولفه‌ی اصلی با علامت یکسان اثر متقابل مثبت ایجاد می‌کنند در حالی‌که ترکیب نمرات اولین مولفه‌ی اصلی با علامت مخالف، واکنش اثر متقابل منفی را ایجاد می‌کنند در نتیجه واریته‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ با داشتن علامت منفی برای مولفه‌ی اصلی اول اگر در محیط‌های ۳، ۴، ۷ ، ۸، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ که دارای علامت مثبت برای مولفه‌ی اصلی اول هستند، کشت شوند به دلیل ایجاد اثر متقابل منفی میانگین عملکرد کاهش می‌یابد. در مدل AMMI ژنوتیپ‌های با مقادیر مولفه‌های اصلی بزرگ سازگاری خصوصی را به نزدیک‌ترین محیط‌ها با علامت مشابه نشان می‌دهند (۳) در نتیجه بر اساس مدلAMMI1 واریته‌های ۱و۴ با محیط ۹ و واریته‌های ۶، ۷ و ۸ با محیط های ۱۲، ۸ و ۱۱ دارای سازگاری خصوصی هستند. با توجه به اینکه IPCA1 فقط قسمتی از تغییرات را توجیه می‌کند برای اینکه قسمت بیشتری از تغییرات توجیه شود از IPCA2 نیز استفاده می‌شود (۸). لذا به‌منظور دستیابی به نتایج مطمئن‌تر از اطلاعات مولفه‌ی دوم نیز استفاده می‌شود (مدل AMMI2، شکل ۲). در مدل AMMI2 محور x نمرات IPCA1 برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و محور Y نمرات IPCA2 برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها را نشان می‌دهد و با توجه به محل تلاقی IPCA1 و IPCA2، محل قرار گرفتن هر ژنوتیپ و محیط را در فضا مشخص می‌شود. گاچ (۹) فرض نمود که ژنوتیپ‌های پایدار باید در مرکز گراف IPCA1 در مقابل IPCA2 (AMMI2) باشند. هر چه میزان طول بردار ژنوتیپی بیشتر باشد، میزان اثر متقابل آن ژنوتیپ با محیط ها بیشتر است (۱۹). بنابراین واریته‌های ۱، ۲ و ۳ به‌دلیل قرار گرفتن در مرکز بای‌پلات به عنوان واریته‌های پایدار معرفی می‌شوند میانگین عملکرد دانه‌ی این واریته‌ها از میانگین کل بیشتر است بنابراین دارای سازگاری عمومی بالا می‌باشند. واریته‌های ۵، ۶، ۷ و ۸ به دلیل بیشترین فاصله از مرکز بای‌پلات به عنوان واریته های ناپایدار معرفی می‌شوند. به طور کلی براساس هر دو مدل AMMI1 و AMMI2 واریته‌های ۲ و ۳ به‌عنوان واریته‌های پایدار معرفی می‌شوند. بر اساس مدل AMMI2 واریته های ۶، ۷ و ۸ با محیط های ۱۲، ۷ ، ۸ ،۱۱و۴ و واریته های ۲و۴ با محیط‌های ۱و۵ و واریته ۱ با محیط های ۹، ۱۰ و۲ و واریته ۵ با محیط ۶ دارای سازگاری خصوصی بودند. نجفیان و همکاران (۲۰) به منظور بررسی پایداری عملکرد و سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌ها با مکان‌های مورد مطالعه از مدل AMMI2 استفاده کردند. هما (۱۵)، مدل AMMI2 را به عنوان مدل بهتری معرفی کرد. براساس نتایج حاصل از ASV (جدول ۵) واریته‌های شماره‌ی ۳، ۲ و ۵ با داشتن کمترین میزان ASV به ترتیب با مقادیر ۲۲۹/۶۹، ۳۰۹/۳۰ و ۳۴۳/۴۹ و میانگین عملکرد دانه بیشتر از میانگین کل دارای بیشترین پایداری عملکرد دانه بودند و به عنوان پایدارترین واریته‌ها با عملکرد بالا انتخاب می‌شوند و واریته‌های شماره‌ی ۶، ۷ و ۸ با داشتن بیشترین مقدار ASV به ترتیب با مقادیر ۵۵۷/۸۲، ۵۳۵/۳۵ و ۵۴۹/۷۳ به عنوان ناپایدارترین واریته‌ها معرفی می‌شوند. این نتایج با نتایج مدل AMMI2 و AMMI1 همخوانی دارد. قدرتی نیاری و عبدالشاهی (۱۳) نیز گزارش کردند که نتایج ارزش پایداری امی با بای‌پلات AMMI2 با یکدیگر همخوانی دارند. اگرچه به طور معمول این نتایج با هم مطابقت دارند ولی در صورت وجود اختلاف بین نتایج این دو روش، ارزش پایداری امی دارای دقت بیشتری است و باید به آن استناد نمود (۱۳). بر اساس نتایج حاصل از شاخص GSI (جدول ۵) نیز واریته‌های ۳، ۲ و ۱ به‌ترتیب با مقادیر ۶، ۵، و ۵ دارای کمترین مقدار GSI بودند و به‌عنوان واریته‌های پایدار با عملکرد بالا معرفی می‌شوند. واریته‌های ۶، ۷ و ۸ نیز با مقادیر ۱۴ دارای بیشترین میزان GSI بودند و بر اساس این شاخص به‌عنوان ناپایدارترین واریته‌ها با عملکرد نامطلوب معرفی می‌شوند. لازم به ذکر است بر اساس نتایج حاصل از دو شاخص ASV و GSI واریته‌های ۲ و ۳ به‌عنوان واریته های پایدار و واریته‌های ۶،

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOI: 10.52547/jcb.13.40.21 ]

۷ و ۸ به‌عنوان واریته‌های ناپایدار معرفی می‌شوند. فرشادفر (۶) به منظور تعیین ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا، از بین ۲۰ ژنوتیپ گندم نان در شرایط آبی و دیم، در چهارسال متوالی، از شاخص ارزش پایداری امی (ASV) و شاخص انتخاب هم زمان عملکرد و پایداری تحت عنوان GSI استفاده نمود. آنلی و همکاران (۲) پایداری را در ۱۵ ژنوتیپ ذرت در ۴ مکان که از نظر نوع خاک، میانگین بارش سالانه و ارتفاع از سطح دریا با یکدیگر اختلاف داشتند، با استفاده از شاخص ارزش پایداری امی (ASV) بررسی کردند.

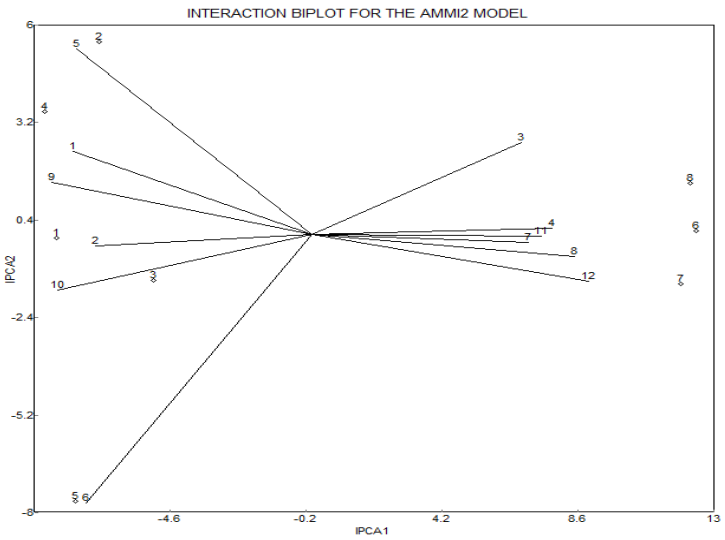
## نتیجه‌گیری کلی

در نتیجه به طور کلی بر اساس نتایج حاصل از مدل‌های AMMI1 و AMMI2 و شاخص‌های ASV و GSI واریته‌های ۲ و ۳ به‌عنوان واریته‌های پایدار باعملکرد بالا معرفی و برای به‌دست آوردن حداکثر عملکرد کشت این واریته‌ها در محیط‌های مورد بررسی پیشنهاد می‌شوند و واریته‌های ۶، ۷ و ۸ به عنوان ناپایدارترین واریته ها باکمترین عملکرد معرفی و کشت آن‌ها هیچکدام از محیط‌های مورد بررسی پیشنهاد نمی‌شود.

جدول ۵- ارزش پایداری امی (ASVi) و شاخص انتخاب ژنوتیپ (GSIi)

Table 5. AMMI stability value (ASVi) and index lines (GSIi)

| واریته‌ها | میانگین عملکرد (gr) | ارزش پایداری امی | رتبه عملکرد ($Ry_i$) | رتبه ارزش پایداری امی (RASVi) | شاخص انتخاب ژنوتیپ (GSIi) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۴۵۵/۷ | ۳۷۱/۲۸ | ۱ | ۴ | ۵ |
| ۲ | ۴۱۱/۷ | ۳۰۹/۳۰ | ۳ | ۲ | ۵ |
| ۳ | ۴۰۰/۸ | ۲۲۹/۶۹ | ۵ | ۱ | ۶ |
| ۴ | ۴۴۶/۵ | ۳۸۸/۸۲ | ۲ | ۵ | ۷ |
| ۵ | ۴۰۵ | ۳۴۳/۴۹ | ۴ | ۳ | ۷ |
| ۶ | ۲۵۹/۶ | ۵۵۷/۸۲ | ۶ | ۸ | ۱۴ |
| ۷ | ۲۵۰/۹ | ۵۳۵/۳۵ | ۸ | ۶ | ۱۴ |
| ۸ | ۲۵۳/۱ | ۵۴۹/۷۳ | ۷ | ۷ | ۱۴ |




شکل ۲- بای‌پلات مقادیر مولفه‌ی اصلی اول واریته‌ها و محیط‌ها در برابر مولفه‌ی اصلی دوم آن‌ها (مدل AMMI2)

Figure 2. Bi-plot of first principal component for varieties and environments against their second principal component (Model AMMI2)

## منابع

1. Aina, O.O., A.G.O. Dixon and E.A. Akinrinde. 2007. Additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) analysis for yield of cassava in nigeria. Journal of Biological Science, 7: 796-800.
2. Anley, W., H. Zeleke and Y. Dessalegn. 2013. Genotype X environment interaction of maize (Zea mays L.) across North Western Ethiopia. Journal of Plant Breeding and Crop Science, 5 (9): 171-181.
3. Croosa, J., H. G. Gauch and R. W. Zobell. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of international maize cultivar trials. Crop Science, 30: 493-500.
4. Dohlert, D.C., M.S. Mc Mullen and J.I. Hammond. 2001. Genotypic and environmental effects on grain yield and quality of oat grown in North Dakota. Crop Science, 41: 1066-1072.
5. Ebdon, J.S. and H.G. Gauch. 2002. AMMI analysis of national turfgrass performance trials. II. Genotype recommendation. Crop Science, 42: 497-506.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]

[ DOI: 10.52547/jcb.13.40.21 ]

6. Farshadfar, E. 2008. In corporation of AMMI stability value and Grain yield in a single Non-parametric Index (GSI) in Bread wheat. Pakistan Journal of Biological Sciences. 11(14): 1791-1796.
7. Farshadfar, E. 2010. New agument in biometery genetic. Islamic Azad university publication.
8. Farshadfar, E. 2015. The interaction effect of genotype and environment in plant breeding. first volume. Islamic Azad University Press. Kermanshah (In Persian).
9. Gauch, H.G. 1992. Statistical analysis of regional trials. AMMI analysis of factorial designs. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 287 pp .
10. Gauch, H.G. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. Crop Science. 46: 1488-1500.
11. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1989. Accuracy and selection success in yield trials analysis. Theoretical and Applied Genetics, 77: 443-481.
12. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1996. AMMI analyses of yield trials. In Kang, M.S., and Gauch, H.G. (Eds.), Genotype by Environment Interaction. CRC. Boca Raton, Florida, 85-122 pp.
13. Ghodrati-Niari, F. and R. Abdolshahi. 2014. Evaluation of yield stability of 40 bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI). Iranian Journal of Crop Sciences, 16(4): 322-333 (In Persian).
14. Grafius, J.E. and R.L. Thomas. 1971. The case for indirect genetic control of sequential traits and the strategy of deployment of environmental resources by the palm. Heredity, 27: 433-442.
15. Homma, S. 2015. AMMI, Stability and GGE Biplot Analysis of Durum Wheat Grain Yield for Genotypes Tested under Some Optimum and High Moisture Areas of Ethiopia. Academic Journal of Entomology, 8(3): 132-139.
16. Jalal Kamali, M.R. 2008. Reviewal on wheat Situation in Past, Present and Future World. Key Articles TenTh Congress of Agronomy and Plant Breeding Sciences in Iran, 23-45 (In Persian).
17. Kilic, H. 2014. Additive Main Effects and Multiplicative Interactions (AMMI) Analysis of Grain Yield in Barley Genotypes across Environments. Journal of Agricultural Sciences, 20: 337-344.
18. Mohammadi, R., R. Haghparast, A. Amri and S. Ceccarelli. 2010. Yield stability of rainfed durum wheat and GGE biplot analysis of multi-environment trials. Crop and Pasture Science, 61: 92-101.
19. Nachit, M.M., G. Nachit, H. Ketata, H.G. Gauch and R.W. Zobel. 1992. use of AMMI and linear regression models to analyze genotype- environments interaction in Durum wheat. Theoretical and Applies Genetics. 83: 597-601.
20. Najafian, G., A.K. Kaffashi and A. Jafar-Nezhad. 2010. Analysis of grain yield stability in hexaploid wheat genotypes grown in temperate regions of Iran using additive main effects and multiplicative interaction. Journal Agricultural Science Technology, 12: 213-222.
21. Purchase, J.L. 1997. Parametric analysis to describe G x E interaction and yield stability in winter wheat. Ph. D. Thesis. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of the Orange Free State, Bloemfontein, South Africa.
22. Romagosa, M. and P.N. Fox. 1993. Integration of statistical and physiological adaptation in barley cultivars. Theorical and Applied Genetics, 86: 822-826.
23. Roustaei, M., D. Sadegh Zadeh Ahari, A. Hesami, K. Soleimani, H. Pashapour, K. Nader Mahmoudi, M.M. Pour Siyah Bidi, M.M. Ahmadi, M. Hasanpour Hasani and Gh. Abedi Asl. 2003. Checking compatibility and performance stableness of, bread wheat genotypes in cold and temperate Dry regions. Journal of Plant and Seed, (2): 263-280 (In Persian).
24. Taherian, M., M.R. Bihamta, S.A. Peyghambari, H. Alizadeh and A. Rasoulnia. 2018. Stability Analysis and Selection of Salinity Tolerant barley Genotypes. Crop Breeding, 11(29): 93-103 (In Persian).
25. Tarinejad, A. 2017. Grain yield stability of some bread wheat cultivars introduced in moderate and cold area of Iran. Journal of Ecophysiology, 11(2): 437-452 (In Persian).
26. Van Eeuwijk, F.F. 1992. Multiplicative models for genotype x environment interaction in plant breeding. Statistical Application, 393-406.
27. Vargas, W., J. Crossa, F.A. Van Eeuwijk, K. Sayre and M.P. Reynolds. 2001. Interpreting treatment and environment interaction in agronomy trials. Agronomy Journal, 93: 946-960.
28. Yan, W. and L.A. Hunt. 2001. Interpretation of genotype × environment interaction for winter wheat yield in Ontario. Crop Science, 41: 656-663.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]

[ DOI: 10.52547/jcb.13.40.21 ]

# Stability Analysis of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties by AMMI Model

**Saeid Navabpour[1] and Tayebeh Jafari Nazarabadi[2]**

1- Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Crop Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran,
(Corresponding Author: s.navabpour@gau.ac.ir)
2- PhD. Student, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Crop Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
Received: 22 August, 2019 Accepted: 21 August, 2021

**Extended Abstract**

**Introduction and Objective:** The genotype × environment (GE) interaction is a major problem in the study of quantitative traits. Genotype × environment interaction makes the performance of genotypes in a wide range of environmental conditions to be assessed. Performance stability is critical to achieving high performance and uniformity over a wide range of environments. The aim of this study was to determine genotypes with public and private compatibility using the AMMI model.

**Materials and Methods:** In order to evaluate and select stable varieties of bread wheat with high grain yield, 8 varieties were studied using AMMI model. The experiment was conducted in a randomized complete block design with four replications at 2015-2018 in Sari, Gorgan, Aq Qala and Gonbad cities. Each variety was planted in plots with five three-meter lines with a line spacing of 25 cm. At the end of the season, the spikes were harvested and threshed manually from each plot and the weight of the grains was measured by a digital scale and reported in square meters.

**Results:** The results of analysis of variance of main collectible effects and multiplicative interaction effect (AMMI model) showed a significant difference in the level of 1% probability for environment, variety and interaction of environment variety, indicating different performance of genotypes in different environments. So stability can be examined. The first component was significant at the level of one percent probability the first two components together accounted for 97.04% and the remaining components in the model 2.9% of the total squares explained the interaction effect of the environment variety. According to AMMI1 model, Ascension varieties of Kalateh and Pearl and according to AMMI2 model, Tirganeh varieties of pearl and Kalateh were introduced as high performance and stability lines. Based on the results of Amy Stability Value Index (ASV), Pearl and Ascension varieties were introduced and based on Genotype Selection Index (GSI), Pearl and Tirgan varieties were introduced as stable lines.

**Conclusion:** Based on the both $AMMI_1$ and $AMMI_2$ model, stability value (ASV) and Genotype Selection Index (GSI) Morvarid and kalate varieties had highest stability and grain yield and kohdasht, Ghabos and Aftab varieties had the least stability and grain yield.

**Keywords:** AMMI model, Bread wheat, Stability analysis, Variety× environment interaction

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]

[ DOI: 10.52547/jcb.13.40.21 ]