

# تأثیر شباهت ظاهری حروف الفبای فارسی بر بازشناسی دیداری حروف

سپیده عرب<sup>۱</sup>

کارشناسی ارشد زبان‌شناسی، دانشگاه تهران

محمود بی‌جن‌خان<sup>۲</sup>

دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۴

## چکیده

هدف این مقاله بررسی شباهت حروف الفبای فارسی و تأثیر آن بر رخ‌دادن خطای دیداری هنگام خواندن و استخراج ماتریس ابهام برای حروف با رویکردی واج‌شناختی است. ارائه دسته‌بندی جدیدی از الفبا مبتنی بر شباهت حروف، می‌تواند به کنترل خطاهای خواندن ناشی از شباهت حروف، کمک کند. با استفاده از نرم‌افزار ای-پرایم و روش «انتخاب اجباری تناوب دوتایی» آزمایشی متناسب با دستگاه خط و واج‌شناسی زبان فارسی طراحی شد. ۵۵ جفت کمینه نوشتاری متناسب با آزمون انتخاب شد. به شرکت‌کنندگان رشته همخوان-واکه ابتدای محرک ثانویه به‌عنوان پیش‌نمایش و سپس کلمه هدف و پس‌نمایش عرضه شد. در پایان، کلمه هدف و محرک ثانویه به نمایش درآمدند تا تشخیص کلمه هدف توسط شرکت‌کنندگان اندازه‌گیری شود. با بررسی همزمان درک دیداری و واجی شرکت‌کنندگان، یافته‌های آماری نشان دادند که کلمات دارای حروف شبیه در مقایسه با کلمات دارای حروف غیرشبیه بیشتر اشتباه می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: نگاره، انتخاب اجباری تناوب دوتایی، ماتریس ابهام، خطای بازشناسی

## ۱- مقدمه

بررسی ویژگی‌های هر دستگاه نوشتاری، یکی از مهم‌ترین مبانی مطالعاتی برای فهم این مطلب است که اهل زبان چگونه می‌خوانند و مهم‌تر اینکه چگونه خواندن را فرامی‌گیرند. بین دستگاه‌های نوشتاری مختلف، تفاوت‌های بنیادین وجود دارد؛ چه از لحاظ ساختار درونی، اینکه دستگاه‌های نوشتاری چگونه سطوح زبان را بازنمایی می‌کنند، و چه از لحاظ شکل

1. arab\_sepideh@yahoo.com

2. mbjkhan@ut.ac.ir

ظاهری (تریمن<sup>۱</sup> و کسلر<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵). یکی از راه‌های طبقه‌بندی دستگاه‌های نوشتاری، بررسی ویژگی‌های مشترک و تفاوت‌های بنیادین میان نمادهای اصلی استفاده شده در متون است (سمپسون<sup>۳</sup>، ۱۹۸۵). تمرکز اصلی پژوهش حاضر بر تخمین میزان خطای دیداری در بازشناسی حروف شبیه به هم در الفبای فارسی و ارائه ماتریس ابهام حروف با استفاده از واج‌شناسی کلمات نوشتاری است.

سؤال اصلی مقاله این است که شباهت حروف الفبای فارسی در میزان رخ‌دادن خطا در بازشناسی دیداری حروف در افراد فارسی‌خوان چه تأثیری دارد؟ در پاسخ به این سؤال، انتظار می‌رود در روند بازشناسی دیداری کلماتی که دارای حروف شبیه الفبای فارسی هستند درمقایسه با کلماتی که دارای حروف غیرشبیه الفبای فارسی هستند، اشتباه بیشتری رخ دهد. همچنین با استفاده از ماتریس ابهام، می‌توان تفاوت میان تأثیر حروف شبیه و حروف غیرشبیه الفبای فارسی در میزان رخ‌دادن خطا در بازشناسی دیداری حروف در افراد فارسی‌خوان را نشان داد. در این مقاله، میزان اثر تصریف کلمه، سن، جنسیت و انواع جفت‌های کمینه نوشتاری بر بازشناسی دیداری حروف در افراد فارسی‌خوان بررسی می‌شود.

ضرورت و کاربرد این تحقیق از آنجاست که بررسی، شناخت و درجه‌بندی پیچیدگی‌های خط فارسی، می‌تواند به شناخت و حل مشکلاتی که فارسی‌خوانان و سامانه‌های رایانشی خواندن متون فارسی در هنگام خواندن متن با آن مواجه می‌شوند منتهی شود. این موضوع می‌تواند به یافتن راهکارهای عملی برای ارائه مدلی برای خواندن به‌منظور ارتقاء سطح درکی و شناختی فارسی‌خوانان از خط فارسی و تسریع در کسب سواد خواندن و درک متن منجر شود. با استفاده از ماتریس شباهت حروف الفبای فارسی می‌توان یک روش نظام‌مند برای تدوین نوین کتاب‌های درسی و آموزش خط و زبان فارسی پیشنهاد داد. ارائه دسته‌بندی جدیدی از حروف الفبای فارسی مبتنی بر ماتریس شباهت حروف، می‌تواند فارسی‌آموزان نارساخوان را در کنترل خطاهای خواندن ناشی از اشتباه‌گرفتن حروف شبیه یاری دهد. همچنین یافته‌های این مقاله در ارتقاء عملکرد سامانه‌های نویسه‌خوان<sup>۴</sup> نوری کاربرد دارد زیرا خطای بازشناسی این سامانه‌ها بیشتر ناشی از حروف یا نگاره‌های شبیه به هم است که معمولاً با استفاده از مدل‌های نحوی و معنایی از میزان خطای آنها کاسته می‌شود.

---

1. R. Trieman  
 2. B. Kessler  
 3. G. Sampson  
 4. Optical character Reader (OCR)

## ۲- چارچوب نظری

دستگاه‌های نوشتاری از طریق بنیادی‌ترین نشانه‌هایی که بازنمایی می‌کنند، دسته‌بندی می‌شوند (سمپسون، ۱۹۸۵). از این منظر، خط به چند طبقه عمده تقسیم می‌شود (پول<sup>۱</sup>، ۲۰۱۶). خط تصویرنگار<sup>۲</sup> و خط مفهوم‌نگار<sup>۳</sup> هیچ‌کدام زنجیره آوایی کلمه را بازنمایی نمی‌کنند. در خط واژه‌نگار<sup>۴</sup> صورت انتزاعی تصویر یک شیء فیزیکی یا مجرد بازنمایی می‌شود. در خط هجانگار<sup>۵</sup>، هر حرف متناظر با یک هجا یا بخشی از یک هجا است. این دستگاه نوشتاری دارای دسته‌بندی تک‌هجایی<sup>۶</sup> و چندهجایی<sup>۷</sup> است. حرف <ب> در کلمه «برف» نشانگر آغاز هجای /barf/ است. در خط واج‌نگار<sup>۸</sup>، هر نشانه یک حرف از حروف الفبا و معمولاً متناظر با یک واج است. ابتدا به تعریف دو مفهوم حرف و نگاره و سپس به میزان و نوع تطابق اینها با واج می‌پردازیم.

نگاره<sup>۹</sup> کوچک‌ترین واحد نوشتاری است که میان یک جفت کمینه نوشتاری تمایز ایجاد می‌کند<sup>۱۰</sup> (راجرز<sup>۱۱</sup>، ۲۰۰۵). برای مثال در جفت کلمات کمینه نوشتاری «برو» و «ترو» نگاره <ب> در تقابل با نگاره <ن> است، به طوری که نگاره <ب> نشانگر تکواژ امر و نگاره <ن> نشانگر تکواژ نفی است. به مجموعه این نگاره‌ها که واحدهایی مجزا برای نشان دادن همخوان‌ها، واکه‌ها و عناصر نوایی هستند، به اصطلاح سنتی حروف الفبا می‌گویند. در واقع، نگاره یک مفهوم ساختاری برای تظاهرهای مختلف یک حرف در دستگاه‌های نوشتاری است که عناصر بنیادین آن، یعنی حروف، به هم می‌چسبند. نگاره‌ها مجموعه‌ای از نگاره‌گونه‌ها هستند که در توزیع تکمیلی‌اند و در محیط‌های متفاوت هر واژه یکی از نگاره‌گونه‌ها به کار می‌روند و قابلیت جایگزینی با یکدیگر را ندارند. نگاره‌گونه‌های نگاره <ن> عبارت‌اند از: <ن ن ن ن> (بی‌جن‌خان و علائی ابوذر، ۱۳۹۲). از منظر شیوه نگاشت نگاره و واج سه حالت دارد:

(۱) نگاشت یک‌به‌یک: مانند <ب> ← /b/، <ک> ← /k/ و <د> ← /d/.

(۲) نگاشت چندبه‌یک: مانند <ت، ط> ← /t/، <س، ث، ص> ← /s/، <ز، ظ، ض، ذ>

← /z/، <غ، ق> ← /G/، <ح، ه> ← /h/ و <همزه، ع> ← /ʔ/.

1. G. Yule
2. Pictogram
3. Ideogram
4. logograph
5. syllabary

6. monosyllabic
7. polysyllabic
8. phonograph (phonemic writing system)
9. grapheme

۱۰. نویسه عبارتست از رمز یا کدی که برای هر نشانه در رایانه تعریف می‌شود. نگاره که کوچک‌ترین واحد نوشتاری برای تمایز یک جفت کمینه نوشتاری است به جنبه تصویری حرف دلالت دارد. حرف، همبسته نوشتاری حداقل یک آوا در الفبای خط است.

(۳) نگاهت یک به چند: مانند <ϑ> ← {/a/, /ʔ/, /ø/}, <و> ← {/v/, /u/, /o/}, <ی> ← {/j/, /i/, /a/}.

/ø/ نشانگر تهی است. بلوچ و دانای طوسی (۲۰۰۶) روش «نگاره به واج» را غیرواژگانی می‌دانند، ولی اشاره می‌کنند که این روش در مورد کلمات باقاعده کارایی دارد و در مورد کلمات بی‌قاعده مانند آنچه تحت عنوان واکنه کوتاه محذوف در کلمات نوشتاری فارسی با آن مواجهیم، به راحتی پاسخگو نیست. چنگیزی و شیموزو<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) معتقدند شناسایی عناصر تشکیل‌دهنده دستگاه‌های نوشتاری حتی وقتی نیمه از عناصر تشکیل‌دهنده آن حذف شده باشد، امکان‌پذیر است؛ و اگر بخشی از نگاره‌های یک واژه حذف، درج یا جایگزین شود، تفاوتی در شناسایی آن واژه توسط خواننده حاصل نمی‌شود.

یکی از ویژگی‌های قابل توجه در الفبای فارسی این است که هشت حرف از این حروف را می‌توان به‌عنوان شکل پایه در نظر گرفت، که تعدادی از حروف دیگر به انضمام نقطه (یا نبودن نقطه) به‌عنوان گونه‌های این حروف در نظر گرفته می‌شوند (بلوچ، ۲۰۰۶) (جدول ۱).

جدول ۱ - سیاههٔ حروفی که دیگر حروف الفبا از آنها منشعب می‌شوند

ب	ح	د	ر	س	ص	ع	ط
/be/	/he/	/dal/	/re/	/sin/	/sad/	/ʔeyn/	/ta/

جدول ۱ فاقد نگاره‌هایی مانند <ک> /<گ> (در سرکچ اختلاف دارند) و <ف> /<ق> (به‌شکل چسبیده، در تعداد نقطه اختلاف دارند) و دسته‌های منفرد <و> /<ϑ> /<ل> /<ه> /<م> است. خط فارسی دارای حروف خمیده است، به‌همین دلیل، حروف فارسی به هم می‌چسبند و حروف بسته به جایگاهشان در کلمه (ابتداء، میان، پایان و مجزا) حداکثر به چهار صورت متفاوت نوشته می‌شوند. ویژگی دیگر حروف الفبای فارسی این است که حروف تنها براساس شکل پایهٔ مشترک، گروه‌بندی می‌شوند که اختلاف ظاهری اعضای این گروه‌ها در تعداد نقاط (یک، دو، سه یا نبودن نقطه) و محل قرارگیری آنها خلاصه می‌شود. این گروه‌ها ممکن است شش‌عضوی <ب پ ت ث ن ی>، چهارعضوی <ج خ چ ح>، سه‌عضوی <ر، ز، ژ>، دوعضوی <د، ذ>، <ع غ>، <ط، ظ>، <ف ق>، <س ش> یا با اختلاف سرکچ <ک گ> باشند. حروف <و، ل، ا، ه، م> تنها حروفی هستند که در این گروه‌ها قرار

نمی‌گیرند. عزام<sup>۱</sup> (۱۹۸۹) دسته‌بندی مشابهی برای حروف الفبای عربی معرفی می‌کند و حروف شبیه را حرفی معرفی می‌کند که شکل پایه مشترک دارند و تفاوت آنها در تعداد و جایگاه نقطه یا نبودن نقطه است.

در این میان، در مورد حروف فارسی به یک مورد ویژه برخورد می‌کنیم. حروف در حالت مجزا ممکن است هیچ شباهتی به هم نداشته باشند اما زمانی که این حروف در کلمه به حروف اطرافشان متصل می‌شوند (در ابتدا، میان و پایان کلمه) تفاوت آنها ممکن است تنها در جایگاه و تعداد نقطه (یا نبودن نقطه) باشد، مانند حرف <ب> و <ن> در جفت کلمات کمینه نوشتاری «مبادا» و «منادا». این موضوع که تحت عنوان شباهت حروف مطرح می‌شود، ممکن است در روند بازشناسی دیداری واژه، از لحاظ شناختی و درکی تأثیرگذار باشد.

### ۳- روش پژوهش

روش پژوهش مبتنی بر رابطه بین خط و نظام واجی زبان فارسی و طراحی یک آزمایش است. به منظور بررسی تأثیر شباهت حروف الفبای فارسی بر روند بازشناسی دیداری واژه، بررسی خطای شناسایی و تعریف ماتریس ابهام، با توجه به ویژگی‌های خط فارسی به بومی‌سازی آزمون مولر<sup>۲</sup> و ویدمن<sup>۳</sup> (۲۰۱۲) تحت عنوان «انتخاب اجباری تناوب دوتایی»<sup>۴</sup> پرداختیم.

### ۳-۱- آزمایش انتخاب اجباری تناوب دوتایی

در آزمایش طراحی شده در این تحقیق، برخلاف روش مولر و ویدمن، پیش‌نمایش و پس‌نمایش در طول آزمایش با توجه به جفت کمینه نوشتاری تغییر می‌کند تا بتوان خوگیری آزمایش‌شونده را کنترل کرد. آزمایش در چهار مرحله اجرا و شباهت حروف با توجه به قضاوت واج‌شناختی افراد در مورد حروف شبیه و غیرشبیه در کلمات بسیط و غیربسیط فارسی سنجیده می‌شود. برای این منظور، رشته همخوان-واکه از ابتدای هجای اول محرک ثانویه به‌عنوان پیش‌نمایش و پس‌نمایش به فرد شرکت‌کننده در آزمایش ارائه می‌شود و واکه‌های کوتاه که به‌طور معمول در خط فارسی محذوف هستند، به‌عنوان اطلاعات زبانی در اختیار شرکت‌کننده در آزمایش قرار می‌گیرد. فرض بر این است که شرکت‌کننده به‌محض مشاهده هر کدام از نگاره‌ها آنها را به واج‌های متناظرشان می‌نگارد و بر مبنای آن در مورد انتخاب کلمه هدف که علائم

1. R. Azzam

2. S. T. Mueller

3. C. T. Weidemann

4. two alternative forced choice (2-AFC)

زیروزبری آن محذوف است تصمیم می‌گیرد. بنابراین در این آزمایش درک دیداری براساس درک واجی فرد شرکت‌کننده بررسی می‌شود. به این ترتیب، ازطرفی تأثیر علائم زیروزبری بر تشخیص کلمه هدف که حاوی نگاره مورد مطالعه و فاقد علائم زیروزبری است، بررسی می‌شود و ازسوی دیگر، با ایجاد محدودیت‌های روان‌شناختی تأثیر شباهت حروف بر بازشناسی دیداری کلمات مطالعه می‌شود. کلمات هدف و محرک ثانویه از جفت‌های کمینه نوشتاری سه‌حرفی انتخاب شدند که نگاره مورد نظر در میان این کلمات واقع شده است.

داده‌های این آزمایش حاوی ۷۹ جفت کمینه نوشتاری هستند. جفت‌های کمینه نوشتاری، کلمات جفتی هستند که در یک نگاره باهم تفاوت دارند و همین تفاوت در آنها موجب تفاوت در معنی و ایجاد تقابل می‌شود. این تفاوت ممکن است با تقابل نگاره‌های واکه‌ای<sup>۱</sup> یا نگاره‌های همخوانی<sup>۲</sup> حاصل شود. داده‌ها به‌طور کلی به ۶ گروه تقسیم شده‌اند: ۱۸ جفت کمینه نوشتاری بسیط سه‌حرفی که در یک نگاره شبیه در میان کلمه تفاوت دارند. ۱۹ جفت کمینه نوشتاری بسیط سه‌حرفی که در یک نگاره غیرشبیه در میان کلمه تفاوت دارند. ۱۸ جفت کمینه نوشتاری بسیط و غیربسیط<sup>۳</sup> سه‌حرفی، دارای نگاره‌های شبیه و غیرشبیه در میان کلمه (۸ جفت شبیه و ۱۰ جفت غیرشبیه). این‌ها گروه‌های اصلی داده‌های این آزمایش هستند. از ویژگی‌های این آزمایش، سه‌حرفی بودن کلمات مورد استفاده و جایگاه نگاره‌های مد نظر در کلمات است، جایگاه نگاره‌های شبیه و غیرشبیه‌ی که قرار است تأثیر آنها در بازشناسی دیداری کلمه هدف بررسی شود، در وسط کلمات سه‌حرفی است. هدف از ثابت نگه داشتن تعداد حرف در کلمات این است که بتوان زمان‌بندی آزمایش را کنترل کرد و منظور از انتخاب جایگاه میانی کلمه به‌عنوان جایگاه قرارگرفتن نگاره تحت آزمایش، این است که حرف موردنظر در میان حروف دیگر محصور باشد و در بافتی میانی بررسی شود. در داده‌های این آزمایش نگاره‌های میانی به دو صورت یک‌سوچسبنده یا دوسوچسبنده هستند. جفت‌های کمینه نوشتاری که تفاوت آنها در نگاره‌های شبیه به هم است، داده‌هایی هستند که به‌عنوان یک متغیر قرار است فرضیه کلی تحقیق را حمایت کنند. همان‌طور که بیان شد، فرضیه کلی در این آزمایش از این قرار است که شباهت برخی از نگاره‌ها در خط، موجب بروز خطا در تمایز دادن این نگاره‌ها از یکدیگر می‌شود، پس انتظار می‌رود که شرکت‌کنندگان در تمایز این نوع از جفت‌های کمینه از هم، خطای معنی‌داری داشته باشند. از جفت کلمه‌های غیرشبیه در این آزمایش، به‌عنوان متغیری برای کنترل پاسخ‌ها در مورد جفت‌های شبیه استفاده می‌شود؛ به

1. vowel grapheme

2. consonant grapheme

۳. کلمات غیربسیط دارای پس‌وندها و پیش‌وندهای تصریفی و اشتقاقی از قبیل وندهای ماضی‌ساز، صفت‌ساز، مصدرساز، نسبت، تصغیر و مانند آن هستند.

این معنی که اگر در شناسایی دیداری جفت‌های حاوی نگاره‌های شبیه خط رخ دهد، در مقابل در مورد جفت کلمه‌های حاوی نگاره‌های غیرشبیه رخ‌دادن خطا غیرمحتمل است یا احتمال رخ‌دادن خطا کمتر است و در این حالت انتظار می‌رود کلمه هدف با دقت بیشتری بازشناسی شود. گروهی از داده‌ها در این آزمایش جفت‌های کمینه نوشتاری سه حرفی غیربسیط هستند که در این جفت کلمات نوشتاری، محرک ثانویه بسیط و کلمه هدف غیربسیط یا مرکب است. کلمات غیربسیط دارای پس‌وندها و پیش‌وندهای تصریفی و اشتقاقی از قبیل وندهای ماضی‌ساز، صفت‌ساز، مصدرساز، نسبت، تصغیر و مانند آن هستند. هدف از آوردن این نوع متغیرها برای بررسی آریبی در پاسخ‌های شرکت‌کنندگان است؛ که آیا وجود وندهای تصریفی و اشتقاقی به‌عنوان عامل زبانی می‌تواند با تحریک ذهن فرد شرکت‌کننده در آزمایش، میزان خطا در تشخیص کلمه هدف را کاهش دهد یا خیر. جدول ۲ شامل نمونه‌هایی از جفت‌های کمینه نوشتاری است.

در این آزمون با استفاده از نسخه ۲.۰ نرم‌افزار ای-پرایم<sup>۱</sup> برنامه‌ای نوشته شد که امکان بررسی تأثیرات پیش‌نمایش و پس‌نمایش بر درک دیداری و درک واجی شرکت‌کنندگان را فراهم آورد.<sup>۲</sup>

جدول ۲- نمونه‌هایی از جفت‌های کمینه نوشتاری

کِبر - کَپر مُزه - مَزه	جفت کمینه نوشتاری بسیط سه حرفی که در یک نگاره مشابه در میان کلمه تفاوت دارند
مِثل - مَدل دَخل - دُهل	جفت کمینه نوشتاری بسیط سه حرفی که در یک نگاره غیرشبیه در میان کلمه تفاوت دارند
فَنّی - فِری بِخَر - بَحر بِیا - بنا	جفت کمینه نوشتاری غیربسیط و بسیط سه حرفی، حاوی نگاره‌های شبیه و غیرشبیه در میان کلمه

### ۳-۲- انتخاب شرکت‌کنندگان

شرکت‌کنندگان در این آزمون ۱۰۰ نفر هستند. ۵۰ نفر از شرکت‌کنندگان بزرگسال هستند که رده سنی آنها بین ۲۲-۴۵ سال است. تمام این افراد فارسی‌زبان دارای تحصیلات

1. E-prime 2.0

۲. از سرکار خانم دکتر شیامی‌زاده که در نوشتن برنامه ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

دانشگاهی و از لحاظ جنسیتی نصف آنها زن و نصف دیگر مرد هستند. ۵۰ نفر نیز دانش‌آموز مقاطع پنجم و ششم دوره ابتدایی از دبستان دختران و پسران رازی منطقه ۳ تهران و دارای رده سنی ۱۰-۱۳ سال و از لحاظ جنسیتی ۲۵ نفر دانش‌آموز آقا و ۲۵ نفر دانش‌آموز خانم هستند. کل داده‌های گردآوری‌شده در مرود شناسایی جفت‌های کمینه نوشتاری از شرکت‌کنندگان ۷۵۰۰ مورد است. اگر داده‌های تمرینی و جفت‌های کمینه نوشتاری پرکننده از کل داده‌ها کسر شوند، در این آزمون به هرکدام از شرکت‌کنندگان ۵۵ جفت کمینه نوشتاری عرضه شده است که در این صورت مجموع داده‌های گردآوری‌شده به ۵۵۰۰ مورد می‌رسد، به‌طوری‌که سهم هر گروه از شرکت‌کنندگان بزرگسال مونث، بزرگسال مذکر، دانش‌آموز مونث و دانش‌آموز مذکر از این تعداد ۱۳۷۵ مورد است.

### ۳-۳- سناریوی آزمایش

آزمایش تحقیق از نوع تصمیم‌گیری برخط است که در آن درک دیداری شرکت‌کننده از یک رویداد زبانی در زمان واقعی به‌صورت تأیید یکی از دو گزینه اندازه گرفته می‌شود. برای این منظور، ابتدا با استفاده از نسخه ۲.۰ نرم‌افزار ای-پرایم برنامه سناریوی آزمایش نوشته شد تا بتوان درک دیداری شرکت‌کنندگان را از رویداد زبانی به بوتۀ آزمایش گذاشت. ابتدا پیش‌نمایش سناریو به‌صورت یک رشته همخوان-واکه از ابتدای هجای اول در محرک ثانویه در صفحه مانیتور ظاهر می‌شود. واژه‌های کوتاه که به‌طور معمول در متون فارسی حذف می‌شوند، در پیش‌نمایش (و پس‌نمایش) به‌عنوان اطلاعات زبانی به نمایش درمی‌آیند تا بتوان درک زبانی شرکت‌کننده را از کلمۀ هدف به چالش کشید. سپس کلمۀ هدف نشان داده می‌شود. پس از آن پس‌نمایش ارائه می‌شود. پس‌نمایش و پیش‌نمایش در یک سؤال یکسان هستند و به‌عنوان محرک عمل می‌کنند. بعد از پس‌نمایش، دو گزینه ارائه می‌شوند که شامل هدف و محرک ثانویه است که هرکدام به‌صورت تصادفی در سمت راست یا چپ صفحه نمایش قرار می‌گیرند. فرد آزمایش‌شونده باید تصمیم بگیرد که کدام گزینه، هدف مورد نظر است که قبلاً به نمایش درآمده است؛ نمونه‌ای از داده‌های آزمایش در شکل زیر آورده شده است.

تصویر ۱- نمونه‌ای از پیش‌نمایش و پس‌نمایش در سناریوی آزمایش

مرحله اول پیش‌نمایش	مرحله دوم هدف	مرحله سوم پس‌نمایش	مرحله چهارم محرک ثانویه	تکرار هدف
جَد	جغد	جَد	جعد	جغد



با استفاده از پیش‌نمایش و پس‌نمایش قضاوت زبانی در مورد کلمه هدف را می‌توان تحت‌تأثیر قرار داد و درک خودآگاه کلمه نوشتاری هدف را که رنگ یا تعدیل کرد (گرین‌والد<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۶). همان‌طور که در شکل بالا مشاهده می‌شود با نمایش <جَد> به‌عنوان پیش‌نمایش و پس‌نمایش، قبل و بعد از کلمه هدف «جغد» که با رشته [dʒo] آغاز می‌شود، توجه شرکت‌کننده به محرک ثانویه «جعد» جلب می‌شود که با [dʒa] شروع می‌شود، در حالی که آنچه توسط شرکت‌کننده باید بازشناسی شود کلمه هدف «جغد» است.

پی‌بردن به ماهیت ساختاری پیش‌نمایش و پس‌نمایش توسط شرکت‌کنندگان یک متغیر مزاحم است که باعث می‌شود فرد براساس درک شخصی خود از آزمون، متغیرهای اصلی آزمون را حدس بزند و برای پاسخ‌دادن تدابیر خاصی را اتخاذ کند. ممکن است پاسخ به یک سؤال موجب شود شرکت‌کننده به سؤالات بعدی بهتر پاسخ دهد و این موضوع موجب ایجاد آریبی در نتایج آزمون شود و بررسی رفتاری شرکت‌کننده در آزمون را دچار اختلال کند. به‌منظور کنترل این متغیر، طبق رهنمود آروناکالام<sup>۲</sup> (۲۰۱۳) جفت‌های کمینه نوشتاری پرکننده طراحی شدند تا تأثیر پی‌بردن به مقادیر این دو متغیر از بین برود. به این منظور، پرکننده‌های آزمون باید از لحاظ شکل و ساختار کلی، شبیه محرک‌های اصلی آزمون و از جهتی دیگر با آنها در تضاد باشند. در آزمون حاضر، پرکننده‌ها مانند محرک‌های اصلی جفت‌های کمینه نوشتاری سه‌حرفی هستند، به‌طوری‌که نگاره مورد آزمون در جایگاه میانی کلمه واقع شده است و از طرف دیگر، برخلاف آزمون اصلی که پیش‌نمایش و پس‌نمایش رشته همخوان-واکه از ابتدای هجای اول محرک ثانویه هستند، پیش‌نمایش و پس‌نمایش در پرکننده‌ها رشته همخوان-واکه از ابتدای هجای اول کلمه هدف هستند. به‌عنوان مثال، در جفت کمینه نوشتاری <سپر-سیر> که از داده‌های آزمون اصلی هستند، با در نظر گرفتن <سیر> به‌عنوان محرک ثانویه، پیش‌نمایش و پس‌نمایش را <سیر> در نظر می‌گیریم نه <س>. اما در جفت کمینه نوشتاری <بید-بند> که پرکننده هستند، با در نظر گرفتن <بید> به‌عنوان هدف، پیش‌نمایش و پس‌نمایش را <بید> در نظر گرفته‌ایم، نه <ب>.

برای اطمینان از این موضوع که شرکت‌کنندگان در آزمون مرحله آموزشی را کامل درک کرده‌اند و در آزمون اصلی خللی از جهت عدم درک مراحل آزمون پیش نمی‌آید، ۴ سؤال با قابلیت تکرار به بخش تمرینی آزمون اختصاص داده شد.

### ۳-۴- جمع‌آوری داده‌ها

با استفاده از نسخه ۲.۰ نرم‌افزار ای-پرایم و با روش «انتخاب اجباری تناوب دوتایی» آزمایشی متناسب با دستگاه خط و واج‌شناسی زبان فارسی طراحی شد و طی یک آزمون چهارمرحله‌ای شباهت حروف با توجه به قضاوت زبان‌شناختی فارسی‌خوان‌ها در مورد حروف شبیه و غیرشبیه در کلمات بسیط و غیربسیط مورد سنجش قرار گرفت.

در این آزمایش پس از نمایش دستورالعمل و انجام آزمون تمرینی توسط شرکت‌کننده، ابتدا رشته همخوان-واکه از هجای اول در محرک ثانویه به‌عنوان پیش‌نمایش برای شرکت‌کننده به‌نمایش درمی‌آید. سپس گزینه هدف و بعد پس‌نمایش ارائه می‌شود. پس‌نمایش و پیش‌نمایش در یک سؤال یکسان هستند و به‌عنوان محرک عمل می‌کنند. بعد از پس‌نمایش، دو گزینه ارائه می‌شوند که شامل هدف و محرک ثانویه هستند و هرکدام به‌صورت تصادفی در سمت راست یا چپ صفحه نمایش قرار می‌گیرند. فرد آزمایش‌شونده باید تصمیم بگیرد که از بین این دو گزینه کدام یک هدف مورد نظر است که قبلاً به‌نمایش درآمده؛ نمایش داده‌ها به‌ترتیب به‌صورت پیش‌نمایش (۴۰۰ میلی‌ثانیه)، هدف (۲۵۰ میلی‌ثانیه)، پس‌نمایش (۳۵۰ میلی‌ثانیه)، و درنهایت، گزینه‌های هدف و محرک ثانویه است. انتخاب زمان نمایش برای محرک پیش‌نمایش، هدف و پس‌نمایش براساس روش آزمون و خطا در ۱۰ آزمایش تعیین شد. کلمه‌ها در آزمون بدون علائم زیروبری ارائه می‌شوند. نوشته‌ها به‌رنگ مشکی با پس‌زمینه سفید هستند. کلیدهای «Z» و «M» صفحه‌کلید استاندارد به‌ترتیب برای انتخاب گزینه‌های سمت چپ یا راست انتخاب می‌شوند. به‌عنوان نمونه، در مورد جفت‌های کمیته نوشتاری <کپر- کبر>، در صورتی که هدف آزمایش کلمه <کپر> باشد، ابتدا پیش‌نمایش گ (همراه با نمایش واکه کوتاه) به‌مدت ۴۰۰ میلی‌ثانیه به‌نمایش درمی‌آید، سپس کلمه هدف یعنی کپر (بدون نمایش واکه کوتاه) به‌مدت ۲۵۰ میلی‌ثانیه و پس‌نمایش گ (همراه با نمایش واکه کوتاه) به‌مدت ۳۵۰ میلی‌ثانیه نشان داده می‌شود. در مرحله بعد، هر دو گزینه هدف و محرک ثانویه یعنی کپر و کبر (بدون نمایش واکه کوتاه) در سمت چپ و راست به‌نمایش درمی‌آیند و جایگاه کلمه هدف و محرک ثانویه از لحاظ اینکه در سمت چپ یا راست قرار بگیرند تصادفی است. سپس علامت «سؤال بعدی» ظاهر می‌شود و آزمون تا انتها به همین روش ادامه می‌یابد. در این آزمون ترتیب نمایش سؤالات برای هر شرکت‌کننده منحصر به فرد است.

### ۴- بحث و تحلیل

در این بخش به تجزیه و تحلیل یافته‌های آزمایش با استفاده از آمار توصیفی و تحلیلی می‌پردازیم. یکی از اهداف اصلی این پژوهش، معرفی ماتریس ابهام برای حروف الفبای فارسی

است. منظور از ماتریس ابهام عبارت است از درصد بازشناسی محرک هدف توسط شرکت‌کنندگان در حضور محرک ثانویه. ماتریس ابهام به صورت یک جدول  $m \times n$  نشان داده می‌شود که در آن  $m$  تعداد سطرهای جدول و هر سطر نشانگر یک محرک هدف و  $n$  نشانگر تعداد ستون‌های جدول و هر ستون نشانگر یک محرک ثانویه است. بنابراین هر درایه از ماتریس، دقت شرکت‌کنندگان را در بازشناسی محرک هدف که در تقابل با محرک ثانویه است، نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، درایه‌های ماتریس میزان ابهام شرکت‌کنندگان را در تمییز دادن محرک هدف از محرک ثانویه نشان می‌دهد که برابر با تفاضل درایه ماتریس از عدد یک در مقیاس درصد است. داده‌هایی که در ماتریس ابهام وارد می‌شوند، درصد بازشناسی درست محرک هدف از محرک ثانویه توسط شرکت‌کنندگان است. ماتریس ابهام حروف الفبای فارسی در جفت‌های کمینه نوشتاری بسیط و غیربسیط در جدول ۳ و ۴ ارائه شده است.

به عنوان مثال، در جدول ۳ عدد ۹۴٪ درایه‌ای است در محل تقاطع حرف <ب> به عنوان محرک هدف و حرف <پ> به عنوان محرک ثانویه که نشان می‌دهد در ۹۴٪ جفت کلمات بسیط، شرکت‌کنندگان نگاره <ب> را به عنوان محرک هدف در تقابل با نگاره <پ> به عنوان محرک ثانویه درست تشخیص داده‌اند. در نتیجه، در ۶٪ موارد در بازشناسی درست <ب> از <پ> ابهام یا تردید داشته‌اند و به خطا رفته‌اند. به عبارت دیگر، در ۶٪ موارد نگاره <پ> به عنوان محرک ثانویه، به جای محرک هدف یعنی نگاره <ب> به اشتباه انتخاب شده است.

علامت ستاره در جدول‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهد که برای بررسی میزان دقت یا ابهام نگاره‌های سطر و ستون مربوطه، جفت کمینه نوشتاری سه حرفی در تحقیق وجود نداشته است. نگاره‌هایی که در این آزمایش به دلیل برخی از محدودیت‌ها مورد بررسی قرار نگرفتند از این دو جدول حذف شده‌اند.

بر طبق فرضیه پژوهش، انتظار می‌رود در روند بازشناسی دیداری جفت کلماتی که دارای حروف شبیه الفبای فارسی هستند، در مقایسه با جفت کلماتی که حاوی حروف غیرشبیه الفبای فارسی هستند، اشتباه بیشتری رخ دهد. در آزمایش انتخاب اجباری تناوب دوتایی، که برای بررسی فرضیه تحقیق طراحی شد، چهار متغیر مستقل وجود دارد که عبارت‌اند از شباهت حروف (شبیه و غیرشبیه)، دسته‌بندی صرفی کلمات سه حرفی (بسیط و غیربسیط)، جنسیت (مذکر و مؤنث) و سن (کودک و بزرگسال). متغیر وابسته آزمایش عبارت است از بازشناسی محرک هدف که به صورت درصد پاسخ‌گویی شرکت‌کنندگان اندازه گرفته شده است.



جدول ۴- ماتریس ابهام حروف الفبای فارسی برای جفت‌های کمینه نوشتاری در حالت غیربسیط محرک ثانویه

هدف	ا	ب	پ	ت	ح	ر	ق	ک	ن	و	ه	ی
ب	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	۰/۵۸
پ	*	۰/۸۵	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ج	*	*	*	*	*	*	*	*	*	۰/۸۵	*	*
خ	*	*	*	*	۰/۸۵	*	*	*	*	*	*	*
د	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	۰/۷۷
ر	۰/۹۰	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	۰/۸۳
ژ	*	*	۰/۹۵	*	*	*	*	*	*	*	*	*
س	*	*	*	۰/۸۵	*	*	*	*	*	*	*	۰/۸۷
ش	*	*	*	*	*	*	*	*	*	۰/۸۳	*	*
ف	*	*	*	*	*	*	۰/۸۹	*	*	*	*	*
گ	*	*	*	*	*	*	*	۰/۸۶	*	*	*	*
م	*	۰/۸۵	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ن	*	*	*	*	*	۰/۹۳	*	*	*	*	*	*
ی	*	*	*	*	*	*	*	*	۰/۸۳	*	*	*

برای بررسی رابطه میان هریک از متغیرهای مستقل دوطبقه‌ای آزمون یعنی رابطه میان شباهت حروف، تصریف، سن، جنسیت و نوع جفت‌های کمینه نوشتاری با متغیر وابسته، دقت پاسخگویی، با استفاده از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس. (نسخه ۲۲.۰) پنج آزمون مجزای خی‌دو گرفته شد. فراوانی داده‌ها براساس نوع متغیرهایی که در آزمون خی‌دو بررسی شد، در جدول ۵ قابل مشاهده هستند.

جدول ۵- توزیع فراوانی پاسخ درست و غلط برحسب چهار متغیر مستقل

متغیرها	دسته‌بندی فراوانی‌ها			
	دقت پاسخ‌دهی		جمع کل	
دقت پاسخ‌دهی * شباهت	دقت		غلط	درست
	شباهت	شبیه	۲۹۵	۲۶۰۵
		غیرشبیه	۳۷۵	۲۲۲۵
جمع کل		۶۷۰	۴۸۳۰	
دقت پاسخ‌دهی * تصریف	دقت پاسخ‌دهی		جمع کل	
	دقت		غلط	درست

	تصريف	غيربسيط	۲۳۹	۱۵۶۱	۱۸۰۰
		بسيط	۴۳۱	۳۲۶۹	۳۷۰۰
	جمع كل		۶۷۰	۴۸۳۰	۵۵۰۰
دقت پاسخ‌دهی * سن			دقت پاسخ‌دهی		جمع كل
			غلط	درست	
	سن	كودك	۲۵۸	۲۴۹۲	۲۷۵۰
		بزرگسال	۴۱۲	۲۳۳۸	۲۷۵۰
	جمع كل		۶۷۰	۴۸۳۰	۵۵۰۰
دقت پاسخ‌دهی * جنسیت			دقت پاسخ‌دهی		جمع كل
			غلط	درست	
	جنسیت	زن	۳۸۶	۲۳۶۴	۲۷۵۰
		مرد	۲۸۴	۲۴۶۶	۲۷۵۰
	جمع كل		۶۷۰	۴۸۳۰	۵۵۰۰

جدول ۶ نتایج حاصل از آزمون خی‌دو را نشان می‌دهد.

جدول ۶- نتایج آزمون خی‌دو

سطح معنی‌داری	درجه آزادی	خی‌دو مقدار	آزمون
۰/۰۰۰	۱	۲۳/۱۵۴	پاسخ صحیح * شباهت
۰/۰۸۳	۱	۳/۰۰۴	پاسخ صحیح * تصريف
۰/۰۰۰	۱	۴۰/۳۰۷	پاسخ صحیح * سن
۰/۰۰۰	۱	۱۷/۶۸۲	پاسخ صحیح * جنسیت
۰/۰۰۰	۵۴	۱۳۳/۵۰۲	پاسخ صحیح * جفت کمینه نوشتاری

آزمون خی‌دو اختلاف معنی‌داری را میان توزیع فراوانی پاسخ‌های صحیح به حروف شبیه و غیرشبیه در جفت‌های کمینه نوشتاری آزمون نشان می‌دهد. این اختلاف معنی‌دار برای کودک و بزرگسال، زن و مرد و ۵۵ جفت کمینه نوشتاری نیز قابل مشاهده است. اما اختلاف معنی‌داری میان توزیع فراوانی پاسخ‌های صحیح به حروف شبیه و غیرشبیه برای جفت کلمات بسيط و غیربسيط وجود ندارد. با استفاده از ضریب فی<sup>۱</sup> می‌توان اندازه اثر هر متغیر مستقل را بر پاسخ‌های مثبت شرکت‌کنندگان تعیین کرد. بر این اساس، مقدار ضریب فی برای پاسخ درست \* شباهت ۰.۰۶۵-، برای پاسخ درست \* تصريف ۰.۰۲۳، برای پاسخ

1. Phi coefficient

درست \* سن ۰۰۰۸۶ - و برای پاسخ درست \* جنسیت ۰۰۰۵۷ است. این اندازه‌ها براساس ملاک کوهن<sup>۱</sup> خیلی کوچک هستند.

جدول ۷- جدول متقاطع برای میزان پاسخ‌های درست و غلط به‌ازای هر متغیر مستقل

جدول متقاطع				
پاسخ درست * شباهت		دقت پاسخ‌دهی		
		غلط	صحیح	
شباهت	غیرشبهه	٪۱۰	٪۹۰	
	شبهه	٪۱۴	٪۸۶	
پاسخ درست * تصریف		دقت پاسخ‌دهی		
		غلط	صحیح	
تصریف	غیربسیط	شبهه	٪۱۵	٪۸۵
		غیرشبهه	٪۱۳	٪۸۷
	بسیط	شبهه	٪۱۴	٪۸۶
		غیرشبهه	٪۸	٪۹۱
پاسخ درست * سن		دقت پاسخ‌دهی		
		غلط	صحیح	
سن	کودک	٪۹	٪۹۱	
	بزرگسال	٪۱۵	٪۸۵	
پاسخ درست * جنسیت		دقت پاسخ‌دهی		
		غلط	صحیح	
جنسیت	زن	٪۱۴	٪۸۶	
	مرد	٪۱۰	٪۹۰	

جدول ۷، که در اجرای آزمون خی‌دو، جدول متقاطع<sup>۲</sup> نامیده می‌شود، درصد پاسخ‌های درست و غلط را برای هر متغیر مستقل نشان می‌دهد. این جدول نظر مولر و ویدمن (۲۰۱۲) را که درصد پاسخ‌های درست به محرک‌های نگاره‌ها بسیار نزدیک به هم است، تایید می‌کند. طبق نتایج جدول متقاطع برای پاسخ درست \* شباهت، کلمات حاوی حروف شبهه با میزان پاسخ‌گویی درست ٪۸۶ نسبت به کلمات حاوی حروف غیرشبهه با میزان پاسخ‌گویی درست ٪۹۰، بیشتر دستخوش بروز خطا در شناسایی شده‌اند. برای پاسخ درست \* تصریف، کلمات بسیط حاوی حروف شبهه با میزان پاسخ‌گویی درست ٪۸۶ نسبت به کلمات بسیط حاوی

1. Cohen  
2. crosstabulation

حروف غیرشبهه با میزان پاسخ‌گویی درست ۹۱٪، بیشتر دستخوش بروز خطا در شناسایی شده‌اند. این میزان برای کلمات غیربسیط حاوی حروف شبهه و غیرشبهه به ترتیب ۸۵٪ و ۸۷٪ است که باز هم مؤید فرضیه تحقیق است که بازشناسی دیداری نگاره‌های شبهه نسبت به نگاره‌های غیرشبهه در جفت‌های کمینه نوشتاری، خطای بیشتری را به همراه دارد. برای حالت‌های پاسخ صحیح \* سن و پاسخ صحیح \* جنسیت، کودکان با ۹۱٪ نسبت به بزرگسالان با ۸۵٪ و مردان با ۹۰٪ نسبت به زنان با ۸۶٪، عملکرد بهتری داشته‌اند.

## ۵- نتیجه‌گیری

نتایج آزمون درخصوص دقت پاسخگویی به ۵۵ جفت کمینه نوشتاری نشان می‌دهند که بیشترین میزان پاسخ درست مربوط به جفت‌های کمینه نوشتاری (پدر-پکر)، (سپر-سטר)، (مکر-متر) و (کبر-کپر) است. کمترین میزان پاسخ درست مربوط به جفت‌های کمینه نوشتاری (جغد-جعد)، (بعض-بعض) و (مبر-میر) است. این نتایج همسو با فرضیه اصلی تحقیق است که در روند بازشناسی دیداری کلماتی که دارای حروف شبهه الفبای فارسی هستند در مقایسه با کلماتی که دارای حروف غیرشبهه الفبای فارسی هستند، اشتباه بیشتری رخ می‌دهد.

بررسی میزان سامان‌گرایی در ماتریس ابهام نشان می‌دهد که نگاره‌هایی که در چارک اول توزیع فراوانی، بیشتر با هم اشتباه گرفته شده‌اند، به ترتیب نزولی شامل <ع>-<غ>، <ی>-<پ>، <ک>-<گ>، <ی>-<غ>، <ش>-<ت> و <و>-<ع> هستند که متعلق به جفت‌های کمینه نوشتاری کلمات بسیط <بعض-بعض>، <سیر-سپر>، <لکن-لگن>، <بیل-بغل>، <اثر-اتر> و <جود-جعد> هستند. از میان شش جفت نگاره چارک اول، چهار مورد مربوط به حروف شبهه است که نشانگر سامان‌گرایی یافته پژوهش است. درحالی‌که وجود دو جفت نگاره <ی>-<غ> و <و>-<ع> در چارک اول بیانگر سامان‌گرایی از فرضیه تحقیق است. اما ماتریس ابهام برای نگاره‌های جفت‌های کمینه نوشتاری غیربسیط، بیشترین میزان خطا در چارک اول را به ترتیب نزولی برای <ب>-<ی>، <د>-<ی>، <ن>-<ی>، <و>-<ش> و <ی>-<ر> نشان می‌دهد. این نگاره‌ها متعلق به جفت‌های کمینه نوشتاری <مبر-میر>، <زدن-زین>، <بنا-بیا>، <کوی-کشی> و <بیم-برم> هستند. در این حالت، جفت نگاره‌های سامان‌گرایز عبارت‌اند از: <د>-<ی>، <و>-<ش> و <ی>-<ر> هستند. می‌توان به این نتیجه رسید که حضور سه جفت نگاره غیرشبهه در میان پنج جفت نگاره چارک اول ماتریس، در حالت جفت‌های کمینه غیربسیط، بیانگر این مطلب است که ساخت تصریفی غیربسیط تاحدی به شناسایی بهتر نگاره‌های شبهه کمک کرده است و



به همین دلیل، خطای کمتری در شناسایی نگاره‌های شبیه در چارک اول رخ داده است. با توجه به محدودیت در یافتن جفت‌های کمینه نوشتاری سه‌حرفی، تنها دو جفت متقارن <ع-غ>، <غ-ع> و <س-ش>، <ش-س> در آزمایش طراحی شد. مقایسه میزان پاسخ درست به این جفت نگاره‌ها یعنی <ع-غ> (۶۸ درصد)، <غ-ع> (۶۷ درصد)، <س-ش> (۹۰ درصد) و <ش-س> (۹۱ درصد)، سامان‌گرایی بازنشاسی را برای این دو جفت متقارن نشان می‌دهد.

ابورابیا<sup>۱</sup> و اواد<sup>۲</sup> (۲۰۰۴) در مطالعه خود درباره تأثیر ساخت‌واژه بر بازنشاسی کلمات عربی به این نتیجه رسیدند که ساخت اشتقاقی اسم‌های عربی تأثیری بر بازنمایی ذهنی آنها ندارد. بنابراین چسبیدن حروف در کلمات فارسی و عربی باعث می‌شود تا اهل زبان از تقطیع کلمات نوشتاری به تکواژهای سازنده‌شان صرف‌نظر کنند. فارسی‌زبانان برای رفع ابهام از ساخت تصریفی و اشتقاقی کلمات در رمز کلمات از نیم‌فاصله استفاده می‌کنند. وایلی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده از یک آزمایش تصمیم‌گیری درباره تفاوت یا شباهت حروف جفت عربی توسط یک گروه آشنا و یک گروه غیرآشنا با الفبای عربی و به‌کارگیری روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی بر روی زمان واکنش و دقت شرکت‌کنندگان، به این نتیجه رسیدند که هم مشخصه‌های دیداری حروف و هم سابقه آشنایی آنان با حروف عربی در درک آنان از حروف مؤثر است. همچنین بودلا<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۲۰)، با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری یک پیکره چهارمیلیون کلمه‌ای ماتریس شباهت و ابهام‌پذیری حروف و نگاره‌گونه‌های خط عربی معیار، موفق شدند یک خوشه‌بندی برای نگاره‌های خط عربی ارائه کنند که مؤید یافته‌های ما در این تحقیق است.

## منابع

بی‌جن‌خان، محمود و الهام‌علایی ابودر (۱۳۹۲). «عمق خط فارسی». پژوهش‌های زبانی. ۴(۱)، ۱-۱۹.

Abu-Rabia, S., & J. Awwad (2004). "Morphological structures in visual word recognition: The case of Arabic". *Journal of Research in Reading*, 27(3), 321-336.

1. S. Abu-Rabia
2. J. Awwad
3. R. W. Wiley
4. S. Boudelaa

- Arunachalam, S. (2013). "Experimental methods for linguists". *Language and Linguistics Compass*. 7(4), 221-232.
- Azzam, R. (1989). "Orthography and reading of the Arabic language". *Reading and writing disorders in different orthographic systems*. P. G. Aaron & R. Malatesha Joshi (eds.), Dordrecht :Springer, 203-218.
- Baluch, B. (2006). "Persian orthography and its relation to literacy". *Handbook of orthography and literacy*. 365-376.
- Baluch, B., & M. Danaye-Tousi (2006). "Spelling transparency and its impact on dyslexic and unimpaired children's memory for words". *Annals of Dyslexia*. 56(2), 319-334.
- Boudelaa, S., M. Perea, & M. Carreiras (2020). "Matrices of the frequency and similarity of Arabic letters and allographs". *Behavior Research Methods*. <https://doi.org/10.3758/s13428-020-01353-z>.
- Changizi, M. A., & S. Shimojo (2005). "Character complexity and redundancy in writing systems over human history". *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*. 272 (1560), 267-275.
- Greenwald, A. G., S. C. Draine, & R. L. Abrams (1996). "Three cognitive markers of unconscious semantic activation". *Science*. 273(5282), 1699-1702.
- Mueller, S. T., & C. T. Weidemann (2012). "Alphabetic letter identification: Effects of perceivability, similarity, and bias". *Acta psychologica*. 139 (1), 19-37.
- Rogers, H. (2005). *Writing systems: A linguistic approach*. Oxford: Blackwell.
- Sampson, G. (1985). *Writing systems*. London: Hutchinson.
- Treiman, R., & B. Kessler (2005). "Writing Systems and Spelling Development". *Blackwell handbooks of developmental psychology. The science of reading: A handbook*. M. J. Snowling & C. Hulme (Eds.), Blackwell Publishing, 120–134.
- Wiley, R. W., C. Wilson, & B. Rapp (2016). "The effects of alphabet and expertise on letter perception". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 42(8), 1186–1203.
- Yule, G. (2016). *The study of language*. Cambridge: Cambridge university press, 6<sup>th</sup> edition.