فصلنامه تازه‌های علوم شناختی
سال ۱۹، شماره۳، پاییز ۱۳۹۶

Advances in Cognitive Sceince
Vol. 19, No. 3, 2017

بررسی تأثیر چیدمان بر سرعت شمارش

مقدمه: یکی از موضوعاتی که این روزها توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده، عوامل مؤثر بر فرایند شـــمارش است که از میان این عوامل می‌توان به ویژگی‌های دیداری اشاره کرد. هدف این پژوهش بررسی اثر چیدمان بر سرعت شمارش است. **روش:** از ۳۷ آزمودنی بهنجار (۱۸ تا ۳۰ ساله) خواسته شد تا تعداد نقاط موجود در اسلایدهایی را که به آنها نشان داده می‌شود بشمارند. سپس زمان واکنش آنها ثبت شد. نقاط در سه چیدمان مختلف و در دسته‌های هشت تا ۱۲ تایی ارائه شدند. تفاوت این چیدمان‌ها در شبکه‌ها و خطوطی بود که افراد بین نقاط تصور می‌کردند. **یافته‌ها:** نتایج حاکی از اثر هر دو عامل چیدمان و بزرگی دسته‌ها بر سرعت شمارش بود ($p<۰/۰۰۱$)؛ به این صورت که بی‌نظمی و ابهام در شبکه‌های بین اجزا باعث کاهش سرعت شمارش می‌شد و در این میان فقط اندازه‌ی دسته‌ها در میزان خطای شـــمارش مؤثر بود ($p<۰/۰۰۱$). **نتیجه گیری:** از آنجا که تصور خطوط بین اجزا به تسهیل گروه‌بندی و در نتیجه شماریابی می‌انجامد، نقش تعیین‌کننده‌ای در سرعت شمارش دارد و هر چه استراتژی‌های ممکن برای گروه‌بندی در چیدمان‌ها متنوع‌تر باشد، سرعت شمارش کمتر خواهد شـــد. از سوی دیگر صحت شمارش صرفاً متأثر از اندازه‌ی مجموعه است و چیدمان ضامن درستی پاسخ نیست.

واژه‌های کلیدی: شمارش، چیدمان، لبه‌های کانیسا، شماریابی، گروه‌بندی

حسن صبوری مقدم
استادیار، دکترای تخصصی علوم اعصاب، دانشکده روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز
هانس کریستف نورک
استاد، دکترای تخصصی روانشناسی عصبی، دانشکده روانشناسی، دانشگاه ابرهارد کارلز توبینگن، آلمان
جلیل باباپور خیرالدین
اســـتاد ، دکترای تخصصی روان‌شناســـی تربیتی، دانشـــکده روان‌شناســـی، دانشگاه تبریز، تبریز
شادی اکبری*
دانشـــجوی مقطع دکترای علـــوم اعصاب، دانشکده روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز

***نشانی تماس:** دانشـــگاه تبریز، دانشکده علـــوم تربیتـــی و روان‌شناســـی، گـــروه روان‌شناسی
رایانامه: shadia.ot@gmail.com

The Effect of Arrangement on Enumeration

Introduction: To find principal factors which affect the development of enumeration, many recent researches have investigated the effect of visual characteristics on counting process. Here we have addressed the effect of arrangement on enumeration process. **Method:** 37 participants aged between 18 to 30 years old were evaluated. We examined counting speed in three different arrangements of dots in five magnitudes (8-12) which differed in regularity and imaginary lattices between their dots. **Results:** According to our results, enumeration speed is affected by both arrangement and the set of magnitudes ($p<0.001$) while irregularity and ambiguity of lattices caused slower enumeration. Furthermore, accuracy of responses was only affected by the number of dots ($p<0.001$). **Conclusion:** Taken together, these results show that lattice formation which facilitates groupitizing and subsequently subitizing, has considerable effect on enumeration speed. Meanwhile the more various strategies of groupitizing in arrangements will cause slower enumeration speed, but regularity of arrangements does not guarantee the accuracy of responses.

Keywords: *enumeration, arrangement, Kanizsa edges, subitizing, groupitizing*

Hassan, Sabourimoghaddam
PhD of cognitive neuroscience، assistant Professor, faculty of education and psychology, Department of neuroscience, faculty of education and psychology, university of Tabriz
Hans-Christoph Nuerk
Department of Psychology, University of Tuebingen, Germany
Jalil Babapour
PhD,Professor of psychology, faculty of education and psychology, Department of psychology, university of Tabriz
Shadi Akbari*
PhD candidate of cognitive neuroscience faculty of education and psychology, Department of neuroscience, faculty of education and psychology, university of Tabriz

*Corresponding Author:
Email: shadia.ot@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

شمارش یکی از مهارت‌های پایه‌ای در ریاضی به شمار می‌رود و معنای آن تعیین تعداد اجزا در یک دسته است. یافته‌های باستان‌شناسی نشـــان داده که انسان‌ها از بیش از ۵۰ هزار ســـال پیش دارای مهارت شـــمارش بوده‌اند و از ایـــن توانایی برای نگهـــداری اطلاعات اجتماعی و اقتصادی خود بهره می‌برده‌اند(۱).

شـــکل‌گیری و تکامـــل این مهـــارت تأثیر بســـزایی بر فرایندهـــای تحصیلی و نیـــز زندگی روزمـــره‌ی افراد دارد(۲،۳) و اهمیـــت آن تـــا جایی اســـت که تحقیقات نشـــان داده میزان روانی و سلاست کودکان در شمارش، پیش‌بینی‌کننده‌ی تکامل و پیشرفت مهارت‌های ریاضی آنهاست(٤،٥).

تاکنون در زمینه‌ی ســـاز و کار فرایند شمارش مطالعات زیادی شـــده که در هـــر یک بر جنبـــه‌ی خاصی از آن تأکید شده اســـت. برای مثال، برخی از این مطالعات بر سرعت واکنش افراد در شمارش اعداد کوچک و بزرگ متمرکز بوده‌اند(٦، ۷)؛ برخی به تکامل فرایند شـــمارش پرداخته(۸، ۹) و پاره‌ای به تحقیق درباره‌ی مســـیرهای عصبـــی درگیر در این فرایند مرتبـــط بوده‌اند(۱۰-۱۳). اما با وجود تحقیقات گســـترده در ایـــن زمینه، همچنان ســـؤالات بســـیاری در این باره وجود دارد و ساز و کار این عملکرد شناختی هنوز به خوبی شناخته نشده است. امروزه مسأله‌ی شمارش موضوع بسیاری از پژوهش‌های مربوط به حیطه‌ی علوم شـــناختی و علوم اعصاب شده است. برخی از این مطالعات بر فرایندهای شناختی مرتبط با شـــمارش تمرکز کرده‌اند تا وجوه شناختی مهم آن را تعیین کنند(١٤). اما اخیراً توجه محققان به تأثیر جنبه‌های مختلف محرک دیداری بر پـــردازش اعداد غیرنمادین[1] معطوف شـــده اســـت. آنها تأثیر ویژگی‌هایی نظیر طول خطوط حد فاصـــل بین اجزا[2](۱۵)، تراکم و مســـاحت مجموعه[3](١٦)، طبقه‌بندی و قطر اجزا در مجموعه(۱۷، ۱۸) را بر نحوه‌ی پردازش اعداد بررســـی کرده و نشان داده‌انـــد، تمامی ویژگی‌های مذکور بر نحوه‌ی تخمین و ادراک افـــراد از اعداد تأثیرگذار اســـت؛ بنابراین به یقین می‌توان گفت که اعداد مســـتقل از ویژگی‌های دیداری محرک، پردازش نمی‌شوند(۱۹).

یکی از مهم‌ترین شاخص‌های دیداری یک مجموعه، که در این پژوهش به آن پرداخته شـــده، چیدمان آن است. درک نحوه‌ی تأثیر این ویژگی دیداری بر فرایند شمارش بـــه ما کمک می‌کند تا در مـــورد عوامل مؤثر بر پیدایش و روانی شـــمارش و پردازش اعداد غیرســـمبولیک به اطلاعات بیشتری دست یابیم.

در میان مطالعات رفتاری پیرامون مســـأله‌ی شـــمارش، برخـــی پژوهش‌ها بـــر چگونگی فرایند شـــمارش در مجموعه‌هایی با چیدمان‌های متفاوت متمرکز بوده‌اند(۷، ۲۰-۲۳). نتایج این پژوهش‌ها حاکی از تفاوت ســـرعت شمارش در دسته‌هایی اســـت که چیدمان‌های متفاوت داشـــته‌اند؛ بدین صورت که دســـته‌های منظم سریع‌تر از دســـته‌های نامنظم شمرده می‌شـــوند. برخی دلیل این تفاوت را در فرایند گروه‌بندی[4] اجزا می‌دانند.

طبـــق یافته‌های این محققان زمانی که چیدمان دســـته‌ها طوری باشـــد که فرد قادر به گروه‌بندی اجزای آن باشد، سرعت شـــمارش افزایش می‌یابد(۷، ۲۲). طبق تعریف مک کاندلیـــس، گروه‌بندی در حین فعالیت شـــمارش عبارت است از: "تقســـیم‌بندی مجموعه‌ی ارائه شده به دســـته‌های کوچک‌تر به منظور تسهیل فرایند شمارش". این امر موجب افزایش سرعت شمارش می‌شود، به ویژه اگر اندازه‌ی این دســـته‌های کوچک در طیف شماریابی[5] باشد. شماریابی شامل درک سریع و دقیق تعداد اجزا در یک مجموعه اســـت، بدون اینکه فرایند شمارش انجام شود(٢٤).

گفته می‌شـــود توانایی گروه‌بندی بـــر پایه‌ی درک افراد از اعداد اســـت که آنها را قادر می‌ســـازد تا شمارش را به جای واحدها و اجزای هر دســـته از زیرگروه‌های آن شـــروع کنند(۲۲، ۲۵)؛ یعنی به جای شمارش تک تک

1- Non-symbolic
2- Contour
3- Cumulated surface area
4- Groupitizing
5- Subitizing

Archive of SID
www.SID.ir

اجزا، زیرگروه‌ها را بشـــمارند. گروه‌بندی را نیز ناشی از "درک افراد از مفهوم عدد"[1] می‌دانند؛ مانند اطلاعاتی که برای درک مفهوم عملیات ریاضی نظیر جمع کردن لازم است(۷).

در مجمـــوع هنوز در مورد ســـاز و کار تأثیر چیدمان و گروه‌بندی بر ســـرعت شـــمارش توافقی وجود ندارد. در ایـــن پژوهش تأثیر چیدمان و گروه‌بندی بر ســـرعت شمارش با دقت بررسی شده است.

بسیاری از محققان اصل مجاورت[2] (از اصول گشتالت[3]) را عامـــل گروه‌بنـــدی و در نتیجـــه شـــماریابی معرفی می‌کنند(۲۶-۲۸). بر اســـاس این اصل، در هر مجموعه، اجزایی که به یکدیگر نزدیک‌ترند، به صورت یک گروه دیده می‌شـــوند. در مورد تأثیر اصل مجاورت بر نحوه‌ی شمارش تحقیقات بســـیاری شده(۲۸-۳۰) و ساز و کار اثر آن بر شـــمارش مورد بررســـی قرار گرفته است. اما چیدمان‌ها همیشه دارای این ویژگی نیستند و افراد گاهی با چیدمان‌هایی مواجه می‌شـــوند که اجـــزای آنها یا در فواصل مساوی قرار گرفته‌اند و یا نحوه‌ی قرارگیری‌شان طوری اســـت که نمی‌توان آنهـــا را در گروه‌های کاملاً مستقل تصور کرد.

یکی از اصول مطرح در مبحث شـــمارش این است که گروه‌بندی و شماریابی از اجزای جدایی‌ناپذیر شمارش هســـتند(۲۲، ۲۸، ۳۱). بـــوردون(۱۹۰۸) در ایـــن باره می‌گوید:"درک عدد شـــامل دو فرایند شناختی است: ۱. درک واحدهای تشـــکیل‌دهنده‌ی کل عدد ۲. گروه‌بندی این واحدها" .اما در بررســـی گروه‌بندی و شمارش، به دلیل تأکید همیشگی این نویسندگان بر اصل مجاورت، ساز و کار مؤثر بر شمارش دسته‌ها در غیاب اثر مجاورت همچنان ناشناخته مانده‌اســـت. حال این پرسش مطرح می‌شود که آیا شـــمارش چنین چیدمان‌هایی نیز توأم با گروه‌بندی و در نتیجه همراه با فرایند شماریابی است؟ کابووی و وگمن بر اساس قانون مجاورت، در پژوهشی به بررســـی قوانیـــن گروه‌بنـــدی اجزا پرداختنـــد. آنها چیدمان‌هـــای متفاوتـــی از نقاط را بـــه آزمودنی‌ها ارائه کردند که در آنها نقاط در فواصل یکســـان و در زوایای مختلفی از هم قرار گرفته بودند. در این پژوهش ۱۶ الگو بررسی شد. این محققان دریافتند که چیدمان‌های حاوی شبکه‌های شـــش گوش[4]، که فواصل نقاط در آنها برابر است، بیشترین ابهام را در گروه‌بندی ایجاد می‌کنند(۳۲)؛ البته نه به این معنا که در چنین چیدمان‌هایی گروه‌بندی صورت نمی‌گیـــرد. بلکه آزمودنی‌ها بـــرای گروه‌بندی دســـته‌ها، از روش‌های متنوع‌تری اســـتفاده می‌کنند. در عوض پایدارترین شـــکل گروه‌بندی در چیدمان‌های با شـــبکه‌های مستطیل[5] شـــکل بود. در این باره دیویس و زوکه اذعان می‌دارند کـــه وجود اجزا در کنار هم باعث ایجاد حالتی می‌شـــود به نام اثر لبه‌های کانیسا[6] که در آن بین نقاط، خطی فرض می‌شـــود و افـــراد لبه‌هایی را در شـــکل تصور می‌کنند که در واقع وجود ندارند(۳۳). هر چه فاصله‌ی بین نقاط بیشتر شود، احتمال مشاهده‌ی این اثر کاهش می‌یابد، اما به صفر نمی‌رسد. بلکه در قوانین ایجاد آن تغییراتی مشـــاهده می‌شود.بنابراین اثر لبه‌های کانیسا، خود یکی از عوامل گروه‌بندی است.

اگرچـــه در زمینه‌ی اهمیـــت گروه‌بندی در شـــمارش تحقیقات زیادی شـــده، اما تاکنون پژوهشی اثر لبه‌های کانیســـا بر فرایند شـــمارش را بررســـی نکرده اســـت. حـــال آنکه با توجه به ارتباط اثر کانیســـا بر مهارت‌های دیداری- فضایی(۳٤) و اینکه شمارش نیز فرایندی است متأثر از این گروه مهارت‌ها، بررســـی این موضوع بسیار مهم اســـت(۳۵) بررســـی چگونگی ارتباط اثر کانیسا بر فرایند شـــمارش منجر به درک بهتر ساز و کار شمارش شده و گامی است در جهت شناسایی عوامل مؤثر بر آن. از ســـوی دیگر، شناخت جنبه‌های دیداری- فضایی این مهارت ریاضی، تشـــخیص و درمان اختلالات مربوط به آن را تسهیل می‌کند.

در این پژوهش، تأثیر چیدمان‌های متفاوت بر ســـرعت شمارش بررسی شده است تا به این سؤالات پاسخ داده

1- Conceptual insights of number
2- Proximity
3- Gestalt
4- Hexagonal lattice
5- Rectangular lattice
6- Kanizsa edges

www.SID.ir
Archive of SID

شـــود: آیا سرعت شـــمارش متأثر از تفاوت در لبه‌های کانیساســـت؟ به عبارت دیگر، آیا ایجاد ابهام و تنوع در اســـتراتژی‌های گروه‌بندی، بر فرایند شمارش تأثیرگذار اســـت؟ و آیا این تفاوت‌ها تأثیری بـــر صحت و دقت شمارش دارد؟

روش

پژوهش حاضر، یک بررســـی توصیفی- تحلیلی اســـت که به صورت مقطعی انجام شـــده است. جامعه‌ی آماری شامل ۳۷ دانشجوی دانشـــگاه تبریز (۱٤ مرد و ۲۳ زن) با میانگین ســـنی ۲/۱۵±۲٤/۲۱ بـــود. این افراد از طریق نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و ارزیابی شدند. همه‌ی شرکت‌کنندگان راست‌دست بودند و در دامنه‌ی سنی ۱۸ تا ۳۰ سال قرار داشـــتند، از بینایی طبیعی یا اصلاح‌شده برخوردار بودند و در مورد سابقه‌ی اختلال روان‌پزشکی یا ضایعات سیســـتم عصبی و مشـــکلات حرکتی هیچ گزارشی نداده بودند و دارو نیز مصرف نمی‌کردند.

روش اجرا

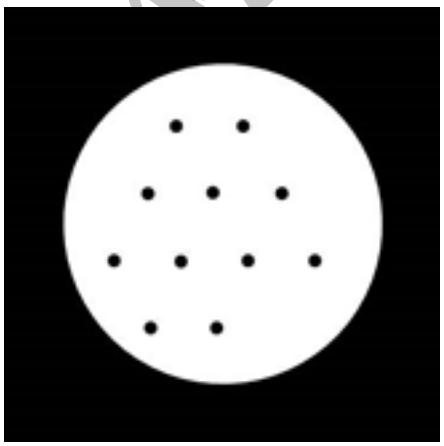
آزمودنی‌ها به آرامـــی روی صندلی و در فاصله‌ی ۱٤۰ سانتیمتری صفحه‌ی نمایشگر ۲۲ اینچی نشستند. سپس از آنها خواســـته شـــد به نقطه‌ی ثابت وســـط صفحه‌ی نمایشگر نگاه کنند و با ظهور اسلاید حاوی نقاط، تعداد نقاط موجود در آن را بشـــمارند. بلافاصله پس از اتمام شـــمارش، آزمودنی ابتدا دکمه‌ی ثبت زمان شمارش و پس از آن دکمه‌ی مربوط به پاســـخ را، که صحت پاسخ براساس آن سنجیده می‌شد، فشار می‌داد. پیش از شروع آزمون اصلی، هر آزمودنی به عنوان تمرین، یک تکلیف شامل ۳۰ کوشش[1] انجام داد.

تکلیف که با نرم‌افـــزار "ای ایووک[2]" ورژن ۳/۱ طراحی شده بود، متشکل از ۷۵ اسلاید بود که هر یک مجموعه‌ای از نقاط را نشـــان مـــی‌داد. تعداد نقاط در اســـلایدها از هشت تا ۱۲ متغیر بود. نقاط در سه نوع چیدمان مختلف (نامنظم و دو چیدمان منظم شـــش‌گوش و مربعی[3]) ارائه شـــدند. این چیدمان‌ها با الهـــام از کار کابووی و وگمن (۱۹۹۸) طراحی شـــده بود. در چیدمان نامنظم (شـــکل ۱) نقاط نامنظم، بی‌شـــکل و بدون قانون مشـــخص در پس‌زمینه‌ی دایره‌ای شـــکل پراکنده شده بودند. در عین حال، فاصله‌ی نقاط در این چیدمان طوری تنظیم شـــده بود که تا حد امکان احتمال گروه‌بندی ناشی از مجاورت را کاهش می‌داد. در این چیدمان‌ها برای گروه‌بندی، هیچ استراتژی ثابتی قابل تعریف نبود.

شکل ۱- چیدمان نامنظم مربوط به عدد ۱۱

در چیدمان شـــش‌گوش (شـــکل ۲)، نقـــاط مجاور در فواصل مســـاوی از هم و در ردیف‌هایی با زاویه‌ی ٦۰ درجـــه از یکدیگر قـــرار گرفته بودنـــد. چیدمان مربعی (شکل ۳) شـــامل ردیف‌های موازی از نقاط بود که در فواصل یکسان و با زاویه‌ی ۹۰ درجه نسبت به یکدیگر چیده شده بودند.

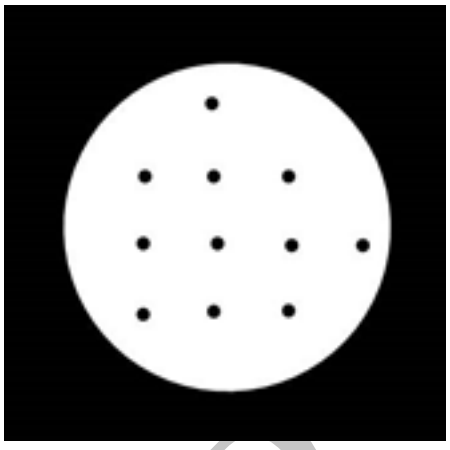
شکل۲- چیدمان ۶ گوش را نشان می دهد که مربوط به عدد ۱۱



1- Trial
2- E-evoke
3- Quadrangular

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۳- چیدمان منظم مربعی مربوطه به عدد ۱۱



پراکندگی نقاط در اسلایدها طوری تنظیم شده بود که در هر سه نوع چیدمان، میانگین پراکندگی در جهت عمودی و افقی تقریباً ثابت باشد. این میانگین در دو جهت افقی و عمودی به ترتیب ۱۸/۷ ±۳/۱ و ۱۸/۷ ±۳/۲ واحد بود (هر واحد معادل قطر یک نقطه اســت). همبستگی میان بزرگی اعداد و پراکندگی نقاط در اســلایدها نیز معنادار نبود؛ یعنی بزرگی اعداد با توجه به مســاحت پراکندگی نقاط قابل تخمیــن نبود. تفاوت چیدمان اســلایدهای مربعی و شــش‌گوش فقط در زاویــه‌ی بین نقاط بود و شکل کلی چیدمان‌ها یکسان در نظر گرفته شد.

اســلایدها به صورت تصادفی ارائه شدند. برای هر یک از اعداد مذکور، از هر چیدمان، پنج اســلاید تهیه شــد. بنابراین مجموعه‌محرکات شامل پنج نوع اسلاید متفاوت بــرای هر حالت و در کل ۷۵ اســلاید مختلف بود. این مجموعه برای هر آزمودنی شــش بار تکرار شد و در هر تکرار اســلایدها جداگانه تصادفی‌سازی شدند. بنابراین به هر آزمودنی ٤٥٠ کوشــش ارائه و هر حالت برای هر آزمودنی ۳۰ بار تکرار شد.

در هر کوشش ابتدا در وســط صفحه[1]، نقطه‌ی ثابتی به مــدت هزار میلی‌ثانیه و با فاصله‌ی زمانی متغیر[2] صفر تا ۵۰۰ میلی‌ثانیه ظاهر و سپس اسلاید مجموعه نقاط ارائه شد. مدت زمان ارائه‌ی این محرک را آزمودنی تعیین[3] و با فشار یک کلید پایان آن را اعلام می‌کرد.

پس از محرک اول و با فشــار دکمه، آزمودنی صفحه‌ی پاســخ را ظاهر می‌کرد و با استفاده از آن کلید مربوط به پاســخ صحیح را فشار می‌داد.زمان ارائه‌ی این اسلاید را نیز آزمودنی تعیین می‌کرد. سپس مجدداً نقطه‌ی ثابت به مدت هزار میلی‌ثانیه ظاهر و کوشش بعدی آغاز می‌شد (شــکل ٤). شایان ذکر است که برای جلوگیری از ایجاد اثر ماندگاری تصویر[4]، پیــش از نمایش نقطه‌ی ثابت و نیز پس از نمایش اسلاید نقاط، به مدت ۳۳ میلی‌ثانیه از اسلاید پوششی[5] استفاده شد. کوشش‌های بدون پاسخ از تحلیل نهایی حذف و زمان واکنش با توجه به زمان بین آغاز ارائه‌ی محرک تا اولین پاســخ آزمودنی (اتمام زمان شمارش) محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

زمان‌های واکنش و تعداد خطاها با نرم‌افزار "ای ایووک" نســخه‌ی ۳/۱ ثبت و استخراج شــدند. فاصله‌ی زمانی بین آغاز ارائــه‌ی محرک و اولین پاســخ فرد به عنوان سرعت/زمان واکنش در نظر گرفته و صحت شمارش بر اساس پاســخ به اسلاید دوم مشخص شد. این داده‌ها با اســتفاده از آمار توصیفی و آنالیز واریانس درون‌گروهی با اندازه‌گیری‌های مکرر[6] تجزیه تحلیل شدند، در حالی که دو عامل چیدمان[7] و بزرگی[8] دسته‌ها به عنوان عوامل پیش‌بینی‌کننده مد نظر قرار گرفتند.

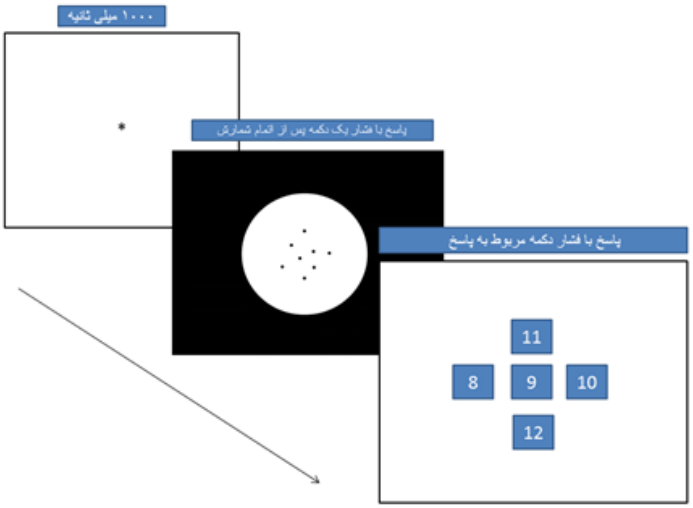
از آنجا که توزیع داده‌هــای مربوط به خطا طبیعی نبود، پیش از تحلیل واریانس داده‌ها از روش تبدیل آرکسین[9] اســتفاده شــد. چنانچه در هر مرحلــه از تحلیل داده‌ها فرض کرویت[10] برقرار نبود، درجه‌ی آزادی با اســتفاده از اپســیلون گرین هاوس-گیزر[11] تعدیل شــد. همه‌ی تحلیل‌های آماری با نسخه‌ی ۲۱ نرم‌افزار spss انجام و $p<۰/۰۵$ از نظر آماری معنادار در نظر گرفته شد.

1- Fixation point
2- Random ISI
3- Interactive mode
4- After image effect
5- Mask
6- Between factors Analysis Of Variance – Repeated measures
7- Arrangement
8- Magnitude
9- Arcsin transformation
10- Sphericity assumption
11- Green House-Geisser

Archive of SID

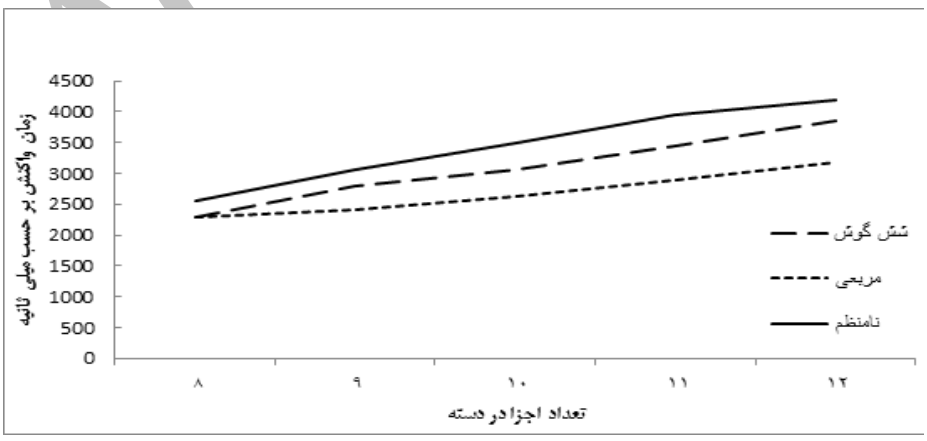
www.SID.ir

شکل ۴- تصویر شماتیک تکلیف شمارش



آمار توصیفی مرتبط با تمام متغیرها به طور خلاصه در جدول ۱ در بخش ضمیمه آورده شده است. داده‌های مربوط به زمان واکنش از طریق تحلیل واریانس درون‌گروهی با اندازه‌گیری‌های مکرر بررسی شد. در این بررسی، چیدمان و بزرگی دسته‌ها به عنوان عوامل پیش‌بینی‌کننده[1] تعریف شدند. نتایج این تحلیل که با استفاده از اپسیلون گرین هاوس-گیزر اصلاح شده بود، حاکی از تأثیر هر دو عامل چیدمان ۷۴/۸۴= F (۱/۶۳)، p<۰/۰۰۱، ηp^2=۰/۷۰ و بزرگی دسته‌ها F(۲/۵۸)=۲۳۴/۰۳، p<۰/۰۰۱، ηp^2 =۰/۸۶ بر سرعت شمارش بود؛ به این صورت که چیدمان مربعی و چیدمان نامنظم به ترتیب بیشترین و کمترین سرعت شمارش را موجب شدند و شمارش دسته‌های بزرگ‌تر، زمان واکنش طولانی‌تری را به دنبال داشت. تعامل[2] دو عامل فوق نیز معنادار نشان داده شد F(۶,۰۸)=۱۸/۳۱، p<۰/۰۰۱، ηp^2 =۰/۳۳. شکل ۵ نمودار این تعامل را نشان می‌دهد.

شکل ۵- میانگین زمان‌های واکنش در سه چیدمان



1- Predictive factor
2- Interaction

www.SID.ir
Archive of SID

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار زمان واکنش و خطاها در تمامی ۱۵ حالت ارائه شده

تعداد=۳۷ متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	میانگین خطاها	انحراف معیار خطاها
۸ نامنظم	۱۶۳۷/۶۲	۳۴۳۲/۹۶	۲۵۵۵/۶۲	۴۱/۱۴	۰/۴۳	۰/۵۵
۸ شش گوش	۱۴۹۷/۱۷	۳۵۴۱/۳۳	۲۲۹۵/۰۸	۴۴۳/۹۹	۰/۷۰	۱/۱۷
۸ مربعی	۱۵۲۸/۸۷	۳۱۷۴/۶۰	۲۲۲۸/۸۸	۴۰۳/۴۸	۰/۵۴	۰/۸۳۶
۹ نامنظم	۲۰۳۸/۱۳	۴۳۴۸/۵۸	۳۰۵۴/۳۳	۵۴۹/۸۷	۰/۷۸	۱/۲۵
۹ شش گوش	۱۹۲۵/۷۳	۴۰۵۸/۶۳	۲۷۸۹/۲۱	۴۵۸/۱۴	۱/۱۴	۱/۲۷
۹ مربعی	۱۴۸۰/۴۵	۳۵۹۴/۴۵	۲۴۰۶/۰۹	۴۳۲/۳۰	۰/۸۶	۱/۲۹
۱۰ نامنظم	۲۰۳۸/۴۱	۵۰۲۱/۷۰	۳۴۹۰/۵۲	۶۷۵/۶۵	۱/۴۱	۱/۵۱
۱۰ شش گوش	۱۹۶۵/۲۵	۴۱۴۲/۷۴	۳۰۵۴/۴۷	۵۵۱/۰۸	۱/۰۳	۱/۰۶
۱۰ مربعی	۱۸۰۷/۹۷	۴۰۶۳/۶۸	۲۶۳۸/۵۷	۵۶۸/۰۴	۰/۷۸	۱/۲۲
۱۱ نامنظم	۲۴۵۶/۱۰	۵۳۹۵/۲۳	۳۹۵۶/۴۲	۷۳۹/۳۵	۱/۷۶	۲/۷۲
۱۱ شش گوش	۲۲۳۸/۸۷	۵۶۷۷/۵۷	۳۴۴۶/۸۰	۶۹۲/۰۶	۱/۷۳	۱/۶۴
۱۱ مربعی	۱۹۰۵/۹۰	۴۷۲۴/۴۳	۲۸۹۵/۳۳	۵۹۵/۱۸	۱/۵۷	۱/۷۴
۱۲ نامنظم	۲۸۶۱/۸۲	۶۱۵۴/۵۰	۴۱۸۷/۵۰	۷۴۴/۱۱	۱/۵۴	۱/۹۰
۱۲ شش گوش	۲۴۶۳/۹۰	۵۴۳۰/۲۱	۳۸۵۹/۵۱	۷۰۴/۲۵	۱/۱۶	۱/۶۹
۱۲ مربعی	۱۹۹۵/۵۳	۵۲۴۶/۵۹	۳۱۳۸/۸۶	۷۱۶/۷۴	۱/۶۲	۱/۵۴
سن	۲۱	۳۰	۲۴،۲۱	۲،۱۵		

اگرچه تحلیل داده‌های سرعت واکنش حاکی از افزایش زمان واکنش در پاسخ به افزایش تعداد نقاط در دسته‌ها بود، مقایسه‌ی شیب این تغییرات در سه چیدمان مختلف با آزمون اندازه‌گیری‌های مکرر نشـــان داد که میزان این تغییر سرعت در چیدمان‌های مختلف در سطح معناداری متفاوت اســـت $F(۲)=۵۳/۹۲$، $p<۰/۰۰۱$، $\eta p^2 =۰/۶۰$. بر اســـاس نتایج آزمون مقایســـه‌ای[1]، این تفاوت ناشی از اختلاف زیاد شـــیب تغییرات بیـــن چیدمان مربعی با دو چیدمان دیگر است (شـــکل ٦)؛ بدین معنا که تغییر سرعت شمارش در چیدمان‌های مربعی کمتر تحت تأثیر اندازه[2] قرار دارد.

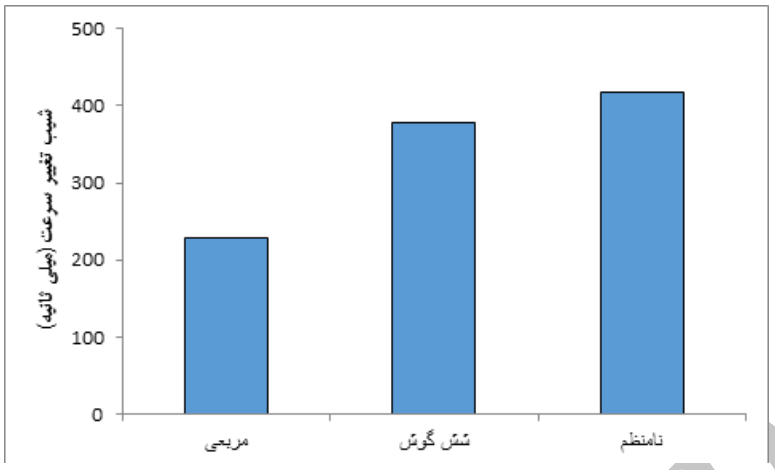
برای بررســـی تأثیر دو عامل چیدمان و اندازه‌ی دسته‌ها بر صحت پاســـخ‌ها، تحلیل واریانـــس درون‌گروهی بر آرکســـین احتمال خطا در هر یک از حالات ارائه شـــده انجام شـــد که نتایـــج آن حاکی از تأثیـــر عامل اندازه‌ی دســـته‌ها بر میزان صحت شـــمارش بود $F(٤)=۱۰/۵۱۱$، $p<۰/۰۰۱$، $\eta p^2 =۰/۲۲$، حـــال آنکه نوع چیدمان بر ایـــن متغیر تأثیری نداشـــت $F(۲)=۰/۳٦$، $p =۰/٦۹$. با وجود این، نتایج بیانگر تعامل دو عامل مذکور بر صحت پاسخ‌هاست $F(۸)=۲/۱۸$، $p<۰/۰۵$، $\eta p^2 =۰/۵۷$. شکل ۷ این تعامل را نشان می‌دهد.

1- Pairwise comparison
2- Set size effect

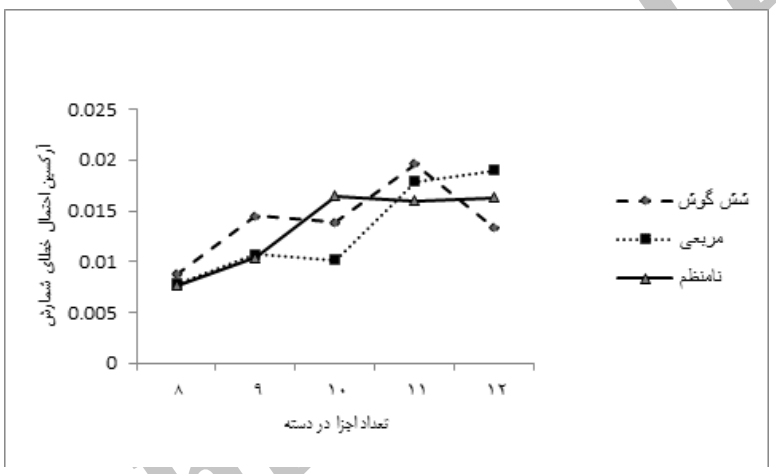
Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۶- مقایسه میزان تغییر سرعت شمارش در اثر افزایش اندازه



شکل ۷- تعامل بین چیدمان و تعداد نقاط در میزان خطای شمارش



نتیجه گیری

شمارش، پایه‌ی تمام مهارت‌های ریاضی است و علیرغم اینکه یکی از عملکردهای بسیار ساده‌ی ریاضی به شمار می‌رود، فرایندها و ساز و کارهای تشکیل‌دهنده‌ی آن بسیار ناشناخته است. در این پژوهش تأثیر چیدمان بر شمارش بررسی شد.پژوهش‌های پیشین، گروه‌بندی را، که اصل مجاورت از مهم‌ترین اصول عوامل تسهیل‌کننده‌ی آن است(۳۶، ۳۷)، به عنوان عامل اصلی تفاوت‌های مشاهده‌شده معرفی کرده بودند(۷، ۲۲).

در این پژوهش، سرعت شمارش در چیدمان‌های مختلف در شرایطی بررسی شد که تأثیر مجاورت کنترل و اثر لبه‌های کانیسا و میزان ابهام در گروه‌بندی به عنوان عوامل متغیر در نظر گرفته شده بودند. به این منظور از سه چیدمان مختلف استفاده شد: چیدمان مربعی که با ثبات‌ترین الگوی کانیسا را شامل می‌شد(۳۲)؛ چیدمان شش‌گوش که طبق مشاهدات کابووی، برای تصور لبه‌های کانیسا در آن استراتژی‌های متعددی وجود دارد و از این حیث مبهم‌ترین چیدمان ممکن معرفی شده است و چیدمان سوم که برای بررسی تأثیر بی‌نظمی بر فرایند شمارش در نظر گرفته شد، فاقد هر گونه استراتژی خاص برای گروه‌بندی و تشکیل لبه‌های کانیسا بود. تمامی این چیدمان‌ها به شکلی طراحی شدند که فواصل نقاط در آنها زیاد و تا حد امکان برابر باشد تا تأثیر اصل مجاورت در آنها به کمترین میزان ممکن برسد.

همان طور که در بخش نتایج ذکر شد، سرعت شمارش در چیدمان شش‌گوش از چیدمان نامنظم بیشتر و از چیدمان مربعی کمتر است. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که شکل متفاوت شبکه‌های بین اجزا در دسته‌ها، باعث

www.SID.ir

تفاوت سرعت شمارش می‌شود. هر چه این شبکه‌ها ابهام بیشتری داشته باشند و استراتژی‌های گروه‌بندی در آنها متنوع‌تر باشد، شمارش کندتر می‌شود.

بنابراین اگرچه کاهش اثر مجاورت از احتمال گروه‌بندی می‌کاهد، اما همچنان سرعت شمارش تحت تأثیر خطوطی است که آزمودنی در بین اجزای دسته‌ها متصور می‌شود و بر اساس اظهارات ورتیمر خود عاملی برای گروه‌بندی است(۳۸).

اینکه تصور خطوط بین اجزای دسته‌ها به گروه‌بندی آنها می‌انجامد، بدیهی است. بنابراین به نظر می‌رسد گروه‌بندی و در نتیجه شماریابی از اجزای اصلی فرایند شمارش مؤثر بر سرعت باشند. بدیهی است یک آیتم بسیار سریع‌تر از دو آیتم دیده می‌شود.

بر اساس مشاهدات استارکی (۲۰۱٤)، شماریابی توانایی‌ای است که در جریان رشد مهارت‌های ریاضی ایجاد می‌شود و کودکانی که در مراحل ابتدایی تکامل درک ریاضیات هستند، فاقد آن هستند. از این رو می‌توان گفت که فرایند شمارش در بزرگسالان بر خلاف کودکان که نیازمند جابه‌جایی سری‌وار توجه روی تک تک اجزای مجموعه هستند، شامل انجام سری‌وار فرایند شماریابی است. این مسأله شمارش را به یک فرایند سری‌وار پیچیده‌ی شناختی تبدیل می‌کند که در واقع متشکل از پردازش‌های موازی ساده‌تری است. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که تصور شبکه‌ای از خطوط بین اجزای هم‌رنگ و هم‌شکل، خود عامل گروه‌بندی شده و نوعی از توجه معطوف به شکل[1] را به دنبال دارد که شمارش را تسریع می‌کند.

همان طور که انتظار می‌رود، نتایج حاکی از رابطه‌ی معکوس سرعت شمارش با تعداد اجزای دسته‌هاست و شمارش دسته‌های بزرگ‌تر نیازمند زمان بیشتری است. این واقعیت بسادگی از طریق قانون اثر اندازه توجیه‌پذیر است. تعامل بین چیدمان و اندازه‌ی دسته‌ها حاکی از تأثیر تغییرات چیدمان بر پردازش اعداد است. این تعامل بخوبی نشان می‌دهد که این اثر اگرچه در تمامی چیدمان‌ها مشاهده‌شدنی است، اما در دسته‌های نامنظم به طور قابل توجهی بیشتر است. در توجیه این یافته می‌توان به مشاهدات ون افلن اشاره کرد. بر اساس نظر وی، اجزای اصلی فرایند شمارش عبارت‌اند از:

۱. یک بازه‌ی زمانی ثابت برای تقسیم‌بندی مجموعه‌اجزا به دسته‌های کوچک‌تر؛

۲. زمان مورد نیاز برای شماریابی اجزای داخل گروه‌ها؛

۳. زمان لازم برای محاسبه‌ی مجموع دسته‌ها؛

٤. یک بازه‌ی زمانی ثابت برای ارائه‌ی پاسخ.

بنابراین زمان واکنش شمارش تابعی از تعداد اجزا و گروه‌ها و نیز زمان لازم برای گروه‌بندی است(۲۸). اگرچه نتایج تحلیل شیب حاکی از این بود که افزایش حجم دسته‌ها کمترین تغییرات سرعت شمارش را در چیدمان مربعی به دنبال دارد، اما رابطه‌ی بین سرعت واکنش و حجم دسته در چیدمان مربعی نیز همچنان یک رابطه‌ی خطی است و این یافته‌ی پژوهش با ایده‌ی برخی محققان مبنی بر عدم پیروی شمارش توام با گروه‌بندی از قانون اثر اندازه، هم‌خوانی ندارد(۲۲،۲۱). اما با توجه به چیدمان‌هایی که این محققان در پژوهش خود به کار برده‌اند می‌توان توضیح داد که چنانچه مجموعه را بتوان به دسته‌های کوچک در طیف شماریابی تقسیم کرد، به طوری که تعداد دسته‌ها نیز در طیف شماریابی (کمتر از چهار عدد) باشد، سرعت شمارش از قانون اثر اندازه تبعیت نمی‌کند. در غیر این صورت، آزمودنی قادر نخواهد بود تمامی زیرمجموعه‌ها را به طور هم‌زمان در نظر بگیرد.

از سوی دیگر، این نویسندگان برای تسهیل گروه‌بندی، از اصل مجاورت در محرکات خود استفاده کرده بودند که این خود تا حد زیادی باعث کاهش زمان لازم برای گروه‌بندی می‌شود؛ زیرا در چنین شرایطی مرحله‌ی اول فرایند شمارش، که خود عامل مهمی در افزایش زمان واکنش است، از فرایند مذکور تقریباً حذف می‌شود.

اگرچه چیدمان اثر بسیار آشکاری بر سرعت شمارش دارد، اما صحت شمارش را تضمین نمی‌کند. در عوض می‌توان تعداد اجزای دسته‌ها را به عنوان یک عامل

1- Object-based attention

Archive of SID

www.SID.ir

تعیین‌کننده در میزان احتمال خطا در شمارش محسوب کرد. تعامل بین دو عامل چیدمان و اندازه‌ی دسته‌ها در میزان احتمال خطا در شمارش مبین این است که اگرچه با افزایش اندازه‌ی دسته‌ها، احتمال خطا در پاسخ نیز افزایش می‌یابد، اما این اثر در تمامی چیدمان‌ها یک شکل نیست. این یافته با نتایج پژوهش‌های پیشین هم‌خوانی دارد(۳۹، ٤٠). با افزایش حجم دسته‌ها، احتمال خطا افزایش می‌یابد، زیرا شمارش دسته‌های بزرگ‌تر توجه پایدارتری را می‌طلبد و بر فعالیت حافظه‌ی کاری می‌افزاید.

در مجموع می‌توان گفت، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در فرایند شمارش، گروه‌بندی و شماریابی منحصراً تحت تأثیر اصل مجاورت گشتالت ایجاد نمی‌شوند، بلکه پدیده‌ی لبه‌های کانیسا و تشکیل خطوط ذهنی بین اجزای مجموعه نیز خود به دسته‌بندی اجزا می‌انجامد و بزرگسالان از این اصول برای شمارش دسته‌ها بهره می‌برند. در نتیجه فرایند شمارش در بزرگسالان به جای جابه‌جایی سری‌وار توجه، مجموعه‌ای سری‌وار از پردازش‌های موازی شماریابی است که مستقیماً متأثر از چیدمان و اندازه‌ی هر مجموعه است. به طور خلاصه در هر چیدمان عواملی چون سطح دشواری گروه‌بندی، تعداد گروه‌ها و اندازه‌ی آنها تعیین‌کننده‌ی سرعت شمارش‌اند و بین این عوامل و سرعت شمارش یک رابطه‌ی خطی وجود دارد.

بر اساس نتایج به دست آمده، گروه‌بندی یکی از اجزای مهم مهارت شمارش است که تحت تأثیر نوع چیدمان مجموعه‌ها قرار دارد. این یافته می‌تواند برای تحقیقات مربوط به تکامل و پردازش عدد و آموزش مهارت‌های تحصیلی مورد استفاده قرار گیرد و نیز می‌تواند در رابطه با فنون آموزشی و درمانی نیز کاربرد داشته باشد.از آنجا که پیش از این در مورد اثر لبه‌های کانیسا بر شمارش پژوهشی نشده است، امکان مقایسه‌ی نتایج به دست آمده با تحقیقات پیشین وجود ندارد.

از محدودیت‌های این پژوهش عدم امکان بررسی نحوه‌ی گروه‌بندی آزمودنی‌ها بود، لذا پیشنهاد می‌شود برای بررسی دقیق‌تر استراتژی‌های گروه‌بندی، در مطالعات بعدی از پرسش‌نامه و نیز ابزار دنبال‌کننده‌ی حرکات چشم استفاده شود.

سپاسگزاری:

با تشکر از همکاری دانشجویان دانشکده روانشناسی دانشگاه تبریز که در این مطالعه شرکت نمودند و با سپاس از همکاری مسئولین آزمایشگاه علوم اعصاب دانشگاه تبریز.

دریافت مقاله: ۹۵/۵/۲٤؛ پذیرش مقاله: ۹۵/۸/۱۸

منابع

1. Eves H. *An Introduction to the History of Mathematics*. New York: Rinehart, 6th ed 1990; p.9

2. McClelland MM, Acock AC, Morrison FJ. The impact of kindergarten learning-related skills on academic trajectories at the end of elementary school. *Early Childhood Research Quarterly* 2006;21(4):471-490.

3. Parsons S, Bynner J. Does numeracy matter more?: *National Research and Development Centre for adult literacy and numeracy*, London; 2005.

4. Arndt D. Core knowledge and working memory as prerequisites of early school arithmetic. *South African Journal of Childhood Education* 2013;3(1):1-20.

5. Fischer B, Gebhardt C, Hartnegg K. Subitizing and Visual Counting in Children with Problems in Acquiring Basic Arithmetic Skills. *Optometry & Vision Development* 2008;39(1).

6. Trick LM, Pylyshyn ZW. Why are small and large numbers enumerated differently? A limited-capacity preattentive stage in vision. *Psychological review* 1994;101(1):80.

7. Wender KF, Rothkegel R. Subitizing and its subprocesses. *Psychological Research* 2000;64(2):81-92.

Archive of SID

www.SID.ir

8. Feigenson L, Halberda J. Infants chunk object arrays into sets of individuals. *Cognition* 2004;91(2):173-90.

9. Starkey P, Cooper RG. Perception of numbers by human infants. *Science* 1980;210(4473):1033-5.

10. Dehaene S, Piazza M, Pinel P, Cohen L. Three parietal circuits for number processing. *Cognitive neuropsychology* 2003;20(3-6):487-506.

11. Piazza M, Giacomini E, Le Bihan D, Dehaene S. Single-trial classification of parallel pre-attentive and serial attentive processes using functional magnetic resonance imaging. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 2003;270(1521):1237-45.

12. Sathian K, Simon TJ, Peterson S, Patel GA, Hoffman JM, Grafton ST. Neural evidence linking visual object enumeration and attention. *Journal of Cognitive Neuroscience* 1999;11(1):36-51.

13. Zago L, Petit L, Mellet E, Joliot M, Mazoyer B, Tzourio-Mazoyer N. Neural correlates of counting large numerosity. ZDM 2010;42(6):569-77.

14. Piazza M, Izard V. How humans count: numerosity and the parietal cortex. *The Neuroscientist* 2009;15(3):261-73.

15. Clearfield MW, Mix KS. Amount versus number: Infants' use of area and contour length to discriminate small sets. *Journal of Cognition and Development* 2001;2(3):243-60.

16. Feigenson L, Carey S, Spelke E. Infants' discrimination of number vs. continuous extent. *Cognitive psychology* 2002;44(1):33-66.

17. Ginsburg N, Nicholls A. Perceived numerosity as a function of item size. *Perceptual and motor skills* 1988;67(2):656-8.

18. Sophian C, Measuring spatial factors in comparative judgments about large numerosities. *International Conference on Foundations of Augmented Cognition*; 2007 July 22-27;Beijing,China. Springer.

19. Gebuis T, Reynvoet B. The role of visual information in numerosity estimation. *PloS one* 2012;7(5):e37426.

20. Atkinson J, Francis MR, Campbell FW. The dependence of the visual numerosity limit on orientation, colour, and grouping in the stimulus. *Perception* 1976;5(3):335-42.

21. Mandler G, Shebo BJ. Subitizing: an analysis of its component processes. *Journal of Experimental Psychology: General* 1982;111(1):1.

22. Starkey GS, McCandliss BD. The emergence of "groupitizing" in children's numerical cognition. *Journal of experimental child psychology* 2014;126:120-37.

23. Potter MC, Levy EI. Spatial enumeration without counting. *Child development* 1968:265-72.

24. McCandliss B, Yun C, Hannula M, Hubbard E, Vitale J, Schwartz D. Quick, how many? Fluency in Subitizing and 'Groupitizing'Link to Arithmetic Skills. *American Educational Research Association*; 2010 Oct;Denver.

25. Siegler RS. The perils of averaging data over strategies: An example from children's addition. *Journal of Experimental Psychology*: General 1987;116(3):250.

26. Atkinson J, Campbell FW, Francis MR. The magic number 4±0: A new look at visual numerosity judgements. *Perception* 1976;5(3):327-34.

27. Beckwith M, Restle F. Process of enumeration. *Psychological Review*. 1966;73(5):437.

28. Van Oeffelen MP, Vos PG. Configurational effects on the enumeration of dots: Counting by groups. *Memory & Cognition* 1982;10(4):396-404.

29. Verlaers K, Wagemans J, Overvliet K. The effect of perceptual grouping on haptic numerosity perception. *Attention, Perception, & Psychophysics* 2015;77(1):353-67.

30. Shannon L. Spatial strategies in the counting of young children. *Child Development* 1978:1212-5.

31. Bourdon B. Sur le temps nécessaire pour nommer les nombres. *Revue philosophique de la France et de l'étranger* 1908;65:426-31.

32. Kubovy M, Holcombe AO, Wagemans J. On the lawfulness of grouping by proximity. *Cognitive psychology* 1998;35(1):71-98.

33. Zucker SW, Davis S. Points and endpoints: A size/spacing constraint for dot grouping. *Perception* 1988;17(2):229-47.

34. Grice SJ, de Haan M, Halit H, Johnson MH, Csibra G, Grant J, et al. ERP abnormalities of illusory contour perception in Williams syndrome. *NeuroReport* 2003; 14(14):1773-1777

35. Sabourimoghaddam H, Akbari S, Babapour J. The Correlation of Counting Speed with Visual Search and Visuomotor Organization: A Conjugate Study on Bor-

Archive of SID

www.SID.ir

derline and Normal People. *Journal of Modern Rehabilitation* 2016;10(1):29-34.

36. Ben-Av MB, Sagi D. Perceptual grouping by similarity and proximity: Experimental results can be predicted by intensity autocorrelations. *Vision research* 1995;35(6):853-66.

37. Han S. Interactions between proximity and similarity grouping: An event-related brain potential study in humans. *Neuroscience Letters* 2004;367(1):40-3.

38. Wertheimer M. *Principles of perceptual organization*. Van Nostrand, Princeton1958.

39. Kaufman EL, Lord M, Reese T, Volkmann J. The discrimination of visual number. *The American journal of psychology* 1949:498-525.

40. Taves EH. Two mechanisms for the perception of visual numerousness. *Archives of Psychology (Columbia University)* 1941;37:1-47.

Archive of SID

www.SID.ir