

بررسی تأثیر چیدمان بر سرعت شمارش

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
استاد، دکترای تخصصی روان‌شناسی
تربیتی، دانشکده روان‌شناسی، دانشگاه
تبریز، تبریز
شادی اکبری*
دانشجوی مقطع دکترای علوم اعصاب،
دانشکده روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز

*نشانی تماس: دانشگاه تبریز، دانشکده
علوم تربیتی و روان‌شناسی، گروه
روان‌شناسی
رایانامه: shadia.ot@gmail.com

مقدمه: یکی از موضوعاتی که این روزها توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده، عوامل مؤثر بر فرایند شمارش 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 ($p < 0.001$)؛ 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 شمارش مؤثر بود ($p < 0.001$). **نتیجه‌گیری:** از آنجا که تصور خطوط بین اجزا به تسهیل گروه‌بندی و در نتیجه شمارایی می‌انجامد، نقش تعیین‌کننده‌ی در سرعت شمارش دارد و هر چه استراتژی‌های ممکن برای گروه‌بندی در چیدمان‌ها متنوع‌تر باشد، سرعت شمارش کمتر خواهد شد. از سوی دیگر صحت شمارش صرفاً متأثر از اندازه‌ی مجموعه است و چیدمان ضامن درستی پاسخ نیست.

واژه‌های کلیدی: شمارش، چیدمان، لبه‌های کانیزا، شمارایی، گروه‌بندی

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

مقدمه

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

شکل‌گیری و تکامل این مهارت تأثیر بسزایی بر فرایندهای تحصیلی و نیز زندگی روزمره‌ی افراد دارد (۲،۳) و اهمیت آن تا جایی است که تحقیقات نشان داده میزان روانی و سلاست کودکان در شمارش، پیش‌بینی‌کننده‌ی تکامل و پیشرفت مهارت‌های ریاضی آنهاست (۴،۵).

تاکنون در زمینه‌ی ساز و کار فرایند شمارش مطالعات زیادی شده که در هر یک بر جنبه‌ی خاصی از آن تأکید شده است. برای مثال، برخی از این مطالعات بر سرعت واکنش افراد در شمارش اعداد کوچک و بزرگ متمرکز بوده‌اند (۶، ۷)؛ برخی به تکامل فرایند شمارش پرداخته (۸، ۹) و پاره‌ای به تحقیق درباره‌ی مسیرهای عصبی درگیر در این فرایند مرتبط بوده‌اند (۱۰-۱۳). اما با وجود تحقیقات گسترده در این زمینه، همچنان سؤالات بسیاری 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 شناختی و علوم اعصاب شده است. برخی از این مطالعات بر فرایندهای شناختی مرتبط با شمارش تمرکز کرده‌اند تا وجوه شناختی مهم آن را تعیین کنند (۱۴). اما اخیراً توجه محققان به تأثیر جنبه‌های مختلف محرک دیداری بر پردازش اعداد غیرنمادین^۱ معطوف شده است. آنها تأثیر ویژگی‌هایی نظیر طول خطوط حد فاصل بین اجزا^۲ (۱۵)، تراکم و مساحت مجموعه^۳ (۱۶)، طبقه‌بندی و قطر اجزا در مجموعه (۱۷)، را بر نحوه‌ی پردازش اعداد بررسی کرده و نشان داده‌اند، تمامی ویژگی‌های مذکور بر نحوه‌ی تخمین و ادراک افراد از اعداد تأثیرگذار است؛ بنابراین به یقین

می‌توان گفت که اعداد مستقل از ویژگی‌های دیداری محرک، پردازش نمی‌شوند (۱۹).

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

در میان مطالعات رفتاری پیرامون مسأله‌ی شمارش، برخی پژوهش‌ها بر چگونگی فرایند شمارش در مجموعه‌هایی با چیدمان‌های متفاوت متمرکز بوده‌اند (۷، ۲۰-۲۳). نتایج این پژوهش‌ها حاکی از تفاوت سرعت شمارش در دسته‌هایی است که چیدمان‌های متفاوت داشته‌اند؛ بدین صورت که دسته‌های منظم سریع‌تر از دسته‌های نامنظم شمرده می‌شوند. برخی دلیل این تفاوت را در فرایند گروه‌بندی^۴ اجزا می‌دانند.

طبق یافته‌های این محققان زمانی که چیدمان دسته‌ها طوری باشد که فرد قادر به گروه‌بندی اجزای آن باشد، سرعت شمارش افزایش می‌یابد (۷، ۲۲). طبق تعریف مک کاندلیس، گروه‌بندی در حین فعالیت شمارش عبارت است از: "تقسیم‌بندی مجموعه‌ی ارائه شده به دسته‌های کوچک‌تر به منظور تسهیل فرایند شمارش". این امر موجب افزایش سرعت شمارش می‌شود، به ویژه اگر اندازه‌ی این دسته‌های کوچک در طیف شمارایی^۵ باشد. شمارایی شامل درک سریع و دقیق تعداد اجزا در یک مجموعه است، بدون اینکه فرایند شمارش انجام شود (۲۴).

گفته می‌شود توانایی گروه‌بندی بر پایه‌ی درک افراد از اعداد است که آنها را قادر می‌سازد تا شمارش را به جای واحدها و اجزای هر دسته از زیرگروه‌های آن شروع کنند (۲۲، ۲۵)؛ یعنی به جای شمارش تک تک

1- Non-symbolic

2- Contour

3- Cumulated surface area

4- Groupitizing

5- Subitizing

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

در مجموع هنوز در مورد ساز و کار تأثیر چیدمان و گروه‌بندی بر سرعت شمارش توافقی وجود ندارد. در این پژوهش تأثیر چیدمان و گروه‌بندی بر سرعت شمارش با دقت بررسی شده است.

بسیاری از محققان اصل مجاورت^۲ (از اصول گشتالت^۳) را عامل گروه‌بندی و در نتیجه شماربایی معرفی می‌کنند (۲۶-۲۸). بر اساس این اصل، در هر مجموعه، اجزایی که به یکدیگر نزدیک‌ترند، به صورت یک گروه دیده می‌شوند. در مورد تأثیر اصل مجاورت بر نحوه شمارش تحقیقات بسیاری شده (۲۸-۳۰) و ساز و کار اثر آن بر شمارش مورد بررسی قرار گرفته است. اما چیدمان‌ها همیشه دارای این ویژگی نیستند و افراد گاهی با چیدمان‌هایی مواجه می‌شوند که اجزای آنها یا در فواصل مساوی قرار گرفته‌اند و یا نحوه قرارگیری‌شان طوری است که نمی‌توان آنها را در گروه‌های کاملاً مستقل تصور کرد.

یکی از اصول مطرح در مبحث شمارش این است که گروه‌بندی و شماربایی از اجزای جدایی‌ناپذیر شمارش هستند (۲۲، ۲۸، ۳۱). بوردون (۱۹۰۸) در این باره می‌گوید: "درک عدد شامل دو فرایند شناختی است: ۱. درک واحدهای تشکیل‌دهنده کل عدد ۲. گروه‌بندی این واحدها". اما در بررسی 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 مانده است. حال این پرسش مطرح می‌شود که آیا شمارش چنین چیدمان‌هایی نیز توأم با گروه‌بندی و در نتیجه همراه با فرایند شماربایی است؟

کابووی و وگمن بر اساس قانون مجاورت، در پژوهشی به بررسی قوانین گروه‌بندی اجزاء پرداختند. آنها چیدمان‌های متفاوتی از نقاط را به آزمودنی‌ها ارائه کردند که در آنها نقاط در فواصل یکسان و در زوایای

مختلفی از هم قرار گرفته بودند. در این پژوهش ۱۶ الگو بررسی شد. این محققان دریافتند که چیدمان‌های حاوی شبکه‌های شش گوش^۴، 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 نمی‌گیرد. بلکه آزمودنی‌ها برای گروه‌بندی دسته‌ها، از روش‌های متنوع‌تری استفاده می‌کنند. در عوض پایدارترین شکل گروه‌بندی در چیدمان‌های با شبکه‌های مستطیل^۵ شکل بود. در این باره دیویس و زوکه اذعان می‌دارند که وجود اجزاء در کنار هم باعث ایجاد حالتی می‌شود به نام اثر لبه‌های کاننسا^۶ که در آن بین نقاط، خطی فرض می‌شود و افراد لبه‌هایی را در شکل 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 مشاهده می‌شود. بنابراین اثر لبه‌های کاننسا، خود یکی از عوامل گروه‌بندی است.

اگرچه در زمینه‌ی اهمیت گروه‌بندی در شمارش تحقیقات زیادی شده، اما تاکنون پژوهشی اثر لبه‌های کاننسا بر فرایند شمارش را بررسی نکرده است. حال آنکه با توجه به ارتباط اثر کاننسا بر مهارت‌های دیداری- فضایی (۳۴) و اینکه شمارش نیز فرایندی است متأثر از این گروه مهارت‌ها، بررسی این موضوع بسیار مهم است (۳۵) بررسی چگونگی ارتباط اثر کاننسا بر فرایند شمارش منجر به درک بهتر ساز و کار شمارش شده و گامی است در جهت شناسایی عوامل مؤثر بر آن. از سوی دیگر، شناخت جنبه‌های دیداری- فضایی این مهارت ریاضی، تشخیص و درمان اختلالات مربوط به آن را تسهیل می‌کند.

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

1- Conceptual insights of number

2- Proximity

3- Gestalt

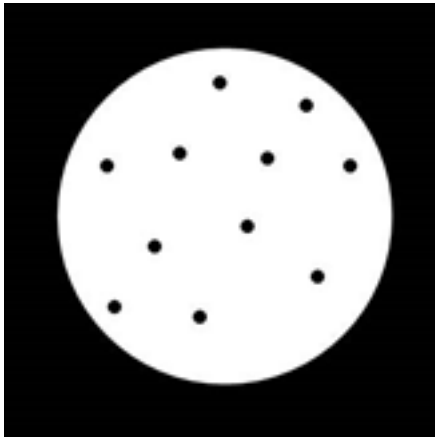
4- Hexagonal lattice

5- Rectangular lattice

6- Kanizsa edges

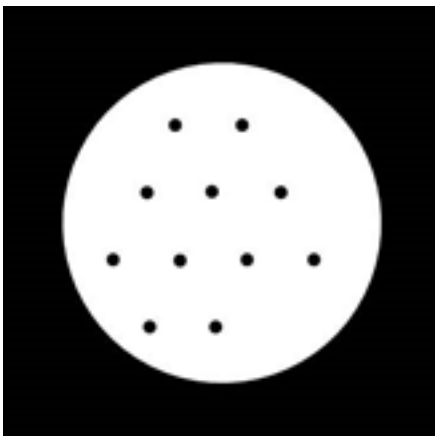
(۱) نقاط نامنظم، بی‌شکل و بدون قانون مشخص در پس‌زمینه‌ی دایره‌ای شکل پراکنده شده بودند. در عین حال، فاصله‌ی نقاط در این چیدمان طوری تنظیم شده بود که تا حد امکان احتمال گروه‌بندی ناشی از مجاورت را کاهش می‌داد. در این چیدمان‌ها برای گروه‌بندی، هیچ استراتژی ثابتی قابل تعریف نبود.

شکل ۱- چیدمان نامنظم مربوط به عدد ۱۱



در چیدمان شش‌گوش (شکل ۲)، نقاط مجاور در فواصل مساوی از هم و در ردیف‌هایی با زاویه‌ی ۶۰ درجه از یکدیگر قرار گرفته بودند. چیدمان مربعی (شکل ۳) شامل ردیف‌های موازی از نقاط بود که در فواصل یکسان و با زاویه‌ی ۹۰ درجه نسبت به یکدیگر چیده شده بودند.

شکل ۲- چیدمان ۶ گوش را نشان می‌دهد که مربوط به عدد ۱۱



- 1- Trial
- 2- E-evoke
- 3- Quadrangular

شود: آیا سرعت شمارش متأثر از تفاوت در لبه‌های کانسیاست؟ به عبارت دیگر، آیا ایجاد ابهام و تنوع در استراتژی‌های گروه‌بندی، بر فرایند شمارش تأثیرگذار است؟ و آیا این تفاوت‌ها تأثیری بر صحت و دقت شمارش دارد؟

روش

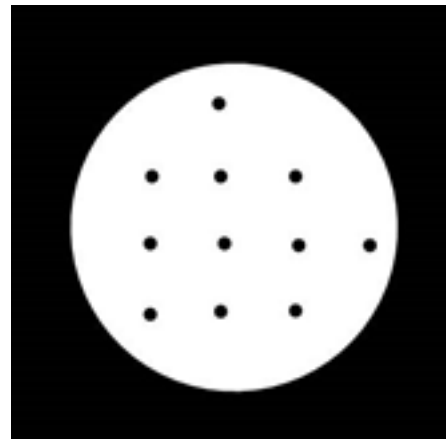
پژوهش حاضر، یک بررسی توصیفی-تحلیلی است که به صورت مقطعی انجام شده است. جامعه‌ی آماری شامل ۳۷ دانشجوی دانشگاه تبریز (۱۴ مرد و ۲۳ زن) با میانگین سنی 21.15 ± 2.24 بود. این افراد از طریق نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و ارزیابی شدند. همه‌ی شرکت‌کنندگان راست‌دست بودند و در دامنه‌ی سنی ۱۸ تا ۳۰ سال قرار داشتند، از بینایی طبیعی یا اصلاح‌شده برخوردار بودند و در مورد سابقه‌ی اختلال روان‌پزشکی یا ضایعات سیستم عصبی و مشکلات حرکتی هیچ گزارشی نداده بودند و دارو نیز مصرف نمی‌کردند.

روش اجرا

آزمودنی‌ها به آرامی روی صندلی و در فاصله‌ی ۱۴۰ سانتیمتری صفحه‌ی نمایشگر ۲۲ اینچی نشستند. سپس از آنها خواسته شد به نقطه‌ی ثابت وسط صفحه‌ی نمایشگر نگاه کنند و با ظهور اسلاید حاوی نقاط، تعداد نقاط موجود در آن را بشمارند. بلافاصله پس از اتمام شمارش، آزمودنی ابتدا دکمه‌ی ثبت زمان شمارش و پس از آن دکمه‌ی مربوط به پاسخ 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^۱ انجام داد.

تکلیف که با نرم‌افزار "ای ایووک"^۲ ورژن ۳/۱ طراحی شده بود، متشکل از ۷۵ اسلاید بود که هر یک مجموعه‌ای از نقاط را نشان می‌داد. تعداد نقاط در اسلایدها از هشت تا ۱۲ متغیر بود. نقاط در سه نوع چیدمان مختلف (نامنظم و دو چیدمان منظم شش‌گوش و مربعی^۳) ارائه شدند. این چیدمان‌ها با الهام از کار کابووی و وگمن (۱۹۹۸) طراحی شده بود. در چیدمان نامنظم (شکل

شکل ۳- چیدمان منظم مربعی مربوطه به عدد ۱۱



پاسخ صحیح را فشار می داد. زمان ارائه‌ی این اسلاید را نیز آزمودنی تعیین می کرد. سپس مجدداً نقطه‌ی ثابت به مدت هزار میلی ثانیه ظاهر و کوشش بعدی آغاز می شد (شکل ۴). شایان ذکر است که برای جلوگیری از ایجاد اثر ماندگاری تصویر^۴، پیش از نمایش نقطه‌ی ثابت و نیز پس از نمایش اسلاید نقاط، به مدت ۳۳ میلی ثانیه از اسلاید پوششی^۵ استفاده شد. کوشش‌های بدون پاسخ از تحلیل نهایی حذف و زمان واکنش با توجه به زمان بین آغاز ارائه‌ی محرک تا اولین پاسخ آزمودنی (اتمام زمان شمارش) محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

زمان‌های واکنش و تعداد خطاها با نرم افزار "ای ایوک" نسخه‌ی ۳/۱ ثبت و استخراج شدند. فاصله‌ی زمانی بین آغاز ارائه‌ی محرک و اولین پاسخ فرد به عنوان سرعت/زمان واکنش در نظر گرفته و صحت شمارش بر اساس پاسخ به اسلاید دوم مشخص شد. این داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی و آنالیز واریانس درون گروهی با اندازه‌گیری‌های مکرر^۶ تجزیه تحلیل شدند، در حالی که دو عامل چیدمان^۷ و بزرگی^۸ دسته‌ها به عنوان عوامل پیش‌بینی‌کننده مد نظر قرار گرفتند.

از آنجا که توزیع داده‌های مربوط به خطا طبیعی نبود، پیش از تحلیل واریانس داده‌ها از روش تبدیل آرکسین^۹ استفاده شد. چنانچه در هر مرحله از تحلیل داده‌ها فرض کرویت^{۱۰} برقرار نبود، درجه‌ی آزادی با استفاده از اپسیلون گرین هاوس-گیرر^{۱۱} تعدیل شد. همه‌ی تحلیل‌های آماری با نسخه‌ی ۲۱ نرم افزار spss انجام و $p < 0/05$ از نظر آماری معنادار در نظر گرفته شد.

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 $18/7 \pm 3/1$ و $18/7 \pm 3/2$ واحد بود (هر واحد معادل قطر یک نقطه است). همبستگی میان بزرگی اعداد و پراکندگی نقاط در اسلایدها نیز معنادار نبود؛ یعنی بزرگی اعداد با توجه به مساحت پراکندگی نقاط قابل تخمین نبود. تفاوت چیدمان اسلایدهای مربعی و شش گوش فقط در زاویه‌ی بین نقاط بود و شکل کلی چیدمان‌ها یکسان در نظر گرفته شد.

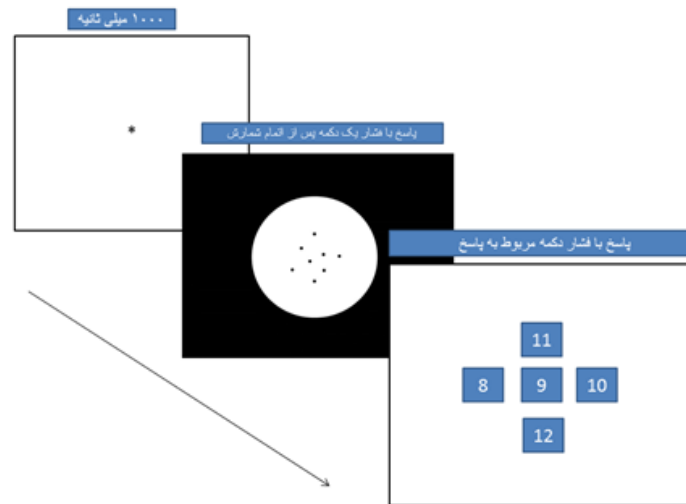
اسلایدها به صورت تصادفی ارائه شدند. برای هر یک از اعداد مذکور، از هر چیدمان، پنج اسلاید تهیه شد. بنابراین مجموعه محرکات شامل پنج نوع اسلاید متفاوت برای هر حالت و در کل ۷۵ اسلاید مختلف بود. این مجموعه برای هر آزمودنی شش بار تکرار شد و در هر تکرار اسلایدها جداگانه تصادفی سازی شدند. بنابراین به هر آزمودنی ۴۵۰ کوشش ارائه و هر حالت برای هر آزمودنی ۳۰ بار تکرار شد.

در هر کوشش ابتدا در وسط صفحه^۱، نقطه‌ی ثابتی به مدت هزار میلی ثانیه و با فاصله‌ی زمانی متغیر^۲ صفر تا ۵۰۰ میلی ثانیه ظاهر و سپس اسلاید مجموعه نقاط ارائه شد. مدت زمان ارائه‌ی این محرک را آزمودنی تعیین^۳ و با فشار یک کلید پایان آن را اعلام می کرد.

پس از محرک اول و با فشار دکمه، آزمودنی صفحه‌ی پاسخ را ظاهر می کرد و با استفاده از آن کلید مربوط به

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

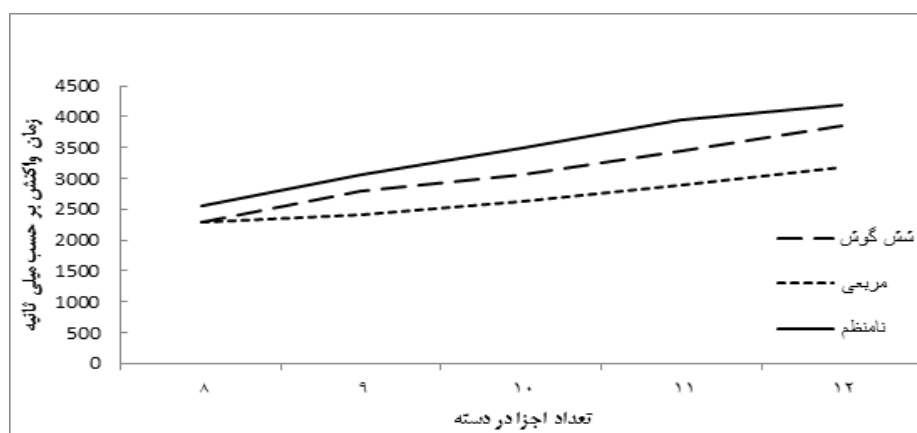
شکل ۴- تصویر شماتیک تکلیف شمارش



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^۱ تعریف شدند. نتایج این تحلیل که با استفاده از اسپیلون گرین هاوس-گیزر اصلاح شده بود، حاکی از تأثیر هر دو عامل چیدمان $F(۲/۵۸)=۲۳۴/۰۳$ ، $p<۰/۰۰۱$ ، $\eta^2=۰/۸۶$ 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^۲ دو عامل فوق نیز معنادار نشان داده شد $F(۶,۰۸)=۱۸/۳۱$ ، $p<۰/۰۰۱$ ، $\eta^2=۰/۳۳$. شکل ۵ نمودار این تعامل را نشان می‌دهد.

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^۱ تعریف شدند. نتایج این تحلیل که با استفاده از اسپیلون گرین هاوس-گیزر اصلاح شده بود، حاکی از تأثیر هر دو عامل چیدمان $F(۲/۵۸)=۲۳۴/۰۳$ ، $p<۰/۰۰۱$ ، $\eta^2=۰/۸۶$ 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^۲ دو عامل فوق نیز معنادار نشان داده شد $F(۶,۰۸)=۱۸/۳۱$ ، $p<۰/۰۰۱$ ، $\eta^2=۰/۳۳$. شکل ۵ نمودار این تعامل را نشان می‌دهد.

شکل ۵- میانگین زمان‌های واکنش در سه چیدمان



1- Predictive factor

2- Interaction

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	۲۰/۱۵		

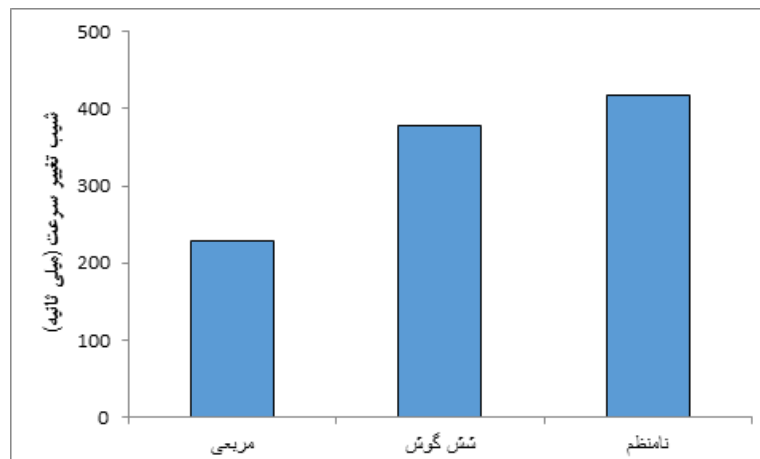
F , $p < 0/001$, $\eta^2 = 0/22$ ، حال آنکه نوع چیدمان بر این متغیر تأثیری نداشت $F(2) = 0/36$, $p = 0/69$. با وجود این، نتایج بیانگر تعامل دو عامل مذکور بر صحت پاسخ‌هاست $F(8) = 2/18$, $p < 0/05$, $\eta^2 = 0/07$. شکل ۷ این تعامل را نشان می‌دهد.

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 نشان داد که میزان این تغییر سرعت در چیدمان‌های مختلف در سطح معناداری متفاوت است $F(2) = 53/92$, $p < 0/001$, $\eta^2 = 0/60$. بر اساس نتایج آزمون مقایسه‌ای^۱، این تفاوت ناشی از اختلاف زیاد شیب تغییرات بین چیدمان مربعی با دو چیدمان دیگر است (شکل ۶)؛ بدین معنا که تغییر سرعت شمارش در چیدمان‌های مربعی کمتر تحت تأثیر اندازه^۲ قرار دارد.

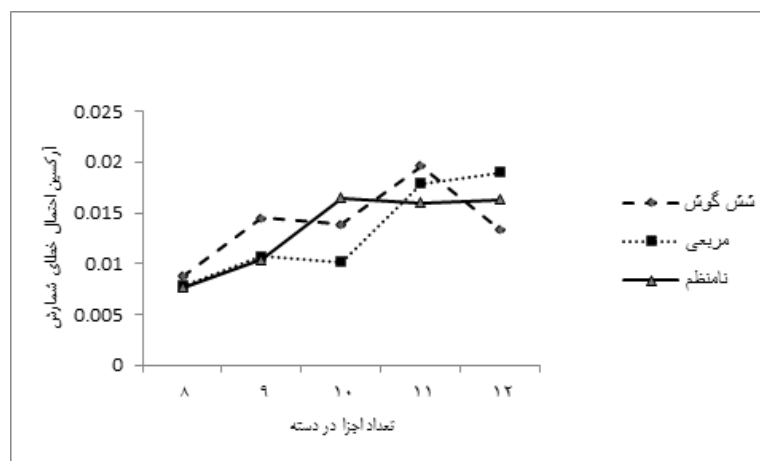
برای بررسی تأثیر دو عامل چیدمان و اندازه‌ی دسته‌ها بر صحت پاسخ‌ها، تحلیل واریانس درون‌گروهی بر آرکسین احتمال خطا در هر یک از حالات ارائه شده انجام شد که نتایج آن حاکی از تأثیر عامل اندازه‌ی دسته‌ها بر میزان صحت شمارش بود $F(4) = 10/51$.

1- Pairwise comparison
2- Set size effect

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

ثبات ترین الگوی کانسیا را شامل می شد (۳۲)؛ چیدمان شش گوش که طبق مشاهدات کابووی، برای تصور لبه های کانسیا در آن استراتژی های متعددی وجود دارد و از این حیث مبهم ترین چیدمان ممکن معرفی شده است و چیدمان سوم که برای بررسی تأثیر بی نظمی بر فرایند شمارش در نظر گرفته شد، فاقد هر گونه استراتژی خاص برای گروه بندی و تشکیل لبه های کانسیا بود. تمامی این چیدمان ها 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 شش گوش از چیدمان نامنظم بیشتر و از چیدمان مربعی کمتر است. از این رو می توان نتیجه گرفت که شکل متفاوت شبکه های بین اجزا در دسته ها، باعث

شمارش، پایه ی تمام مهارت های ریاضی است و علیرغم اینکه یکی از عملکردهای بسیار ساده ی ریاضی به شمار می رود، فرایندها و ساز و کارهای تشکیل دهنده ی آن بسیار ناشناخته است. در این پژوهش تأثیر چیدمان بر شمارش بررسی شد. پژوهش های پیشین، گروه بندی را، که اصل مجاورت از مهم ترین اصول عوامل تسهیل کننده ی آن است (۳۶، ۳۷)، به عنوان عامل اصلی تفاوت های مشاهده شده معرفی کرده بودند (۷، ۲۲).

در این پژوهش، سرعت شمارش در چیدمان های مختلف در شرایطی بررسی شد که تأثیر مجاورت کنترل و اثر لبه های کانسیا و میزان ابهام در گروه بندی به عنوان عوامل متغیر در نظر گرفته شده بودند. به این منظور از سه چیدمان مختلف استفاده شد: چیدمان مربعی که با

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 شماربایی از اجزای اصلی فرایند شمارش مؤثر بر سرعت باشند. بدیهی است یک آیتم بسیار سریع‌تر از دو آیتم دیده می‌شود.

بر اساس مشاهدات استارکی (۲۰۱۴)، شماربایی 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 اجزای مجموعه هستند، شامل انجام سری‌وار فرایند شماربایی 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^۱ را به دنبال دارد که شمارش را تسریع می‌کند.

همان‌طور 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 توجه‌پذیر 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 شماربایی اجزای داخل گروه‌ها؛

۳. زمان لازم برای محاسبه‌ی مجموع دسته‌ها؛

۴. 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 شماربایی تقسیم کرد، به طوری که تعداد دسته‌ها نیز در طیف شماربایی (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

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 کانيسا 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: ۹۵/۵/۲۴؛ پذیرش مقاله: ۹۵/۸/۱۸

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، ۴۰). 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 شماربایی منحصراً تحت تأثیر اصل مجاورت گشتالت ایجاد نمی‌شوند، بلکه پدیده‌ی لبه‌های کانيسا 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 شماربایی 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.

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 sub-processes. *Psychological Research* 2000;64(2):81-92.

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 judgments. *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-

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, Princeton 1958.

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

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