

论文作者： Steve Haroz and Davide Whitney

作者信息： Steve Haroz <http://steveharoz.com>
Davide Whitney <http://whitneylab.berkeley.edu>

Abstract:

在这篇 paper 中作者就个人注意力的限制对信息可视化效果的影响进行讨论。作者设计了一系列的实验检测不同的视觉特征（颜色，动作）、布局、不同视觉元素的数量对用户体验的影响。这些实验包括：（1）在屏幕上找出特定的对象；（2）从一些可视的对象中找出 oddBall;（3）通过判断屏幕上的元素类别数量获取一个大致的认知。实验证明：注意力的限制严重影响了信息可视化的效果，特别是对于查找 unexpected information 的能力。

一、介绍：（还有一些叙述和论证，有兴趣的看论文原著）

对于信息可视化的设计者来说，最主要的目的就是在不会压垮用户的情况下展现最多的信息。

但是用户的注意力的速度和容量很大的被限制了，限制的因素包括信息可视化的方式和内容的数量。这个限制很大得影响了信息可视化的效果。影响的效果包括用户对信息的判断的准确率和反应速度。

相对于在表格和数据库中线性扫描线性得扫描数据，使用可视化应该能够更快速，更广泛得提供数据。但是感觉上的障碍使得用户去线性的观察每一个可视化元素，而不是通过快速的概括的感觉获取整个页面信息，这使得可视化并不比表格好很多。因此，我们需要理解注意力的限制是如何对不同的信息可视化产生影响的。

为了研究这个问题，作者在 visual search 和 subitizing experiments 中进行了两种类型的测试（random layout and group layout）。而且在这些测试中，也调查了用户目标和不同的可视化特征对信息可视化性能的影响。

这里设置了三个实验，使用相似的实验图样（colored or moving features）。

1. 寻找一个外表已知的唯一的目標（例如：寻找一个红色的对象）；
2. 寻找一个外表未知的唯一的目標（例如：寻找一个 oddball 目标）；
3. 确定并比较视觉分类的数量

这个实验的一个重要目标是量化 group arrangement 和 random arrangement 在 visual search 和 subitizing tasks 上的影响。我们假设实验能够改变影响效果并且注意力的容量能够被调节，所以每个实验都被对不同的 layout 进行独立的实验。

在每一个实验和每一个模块中，实验测试了不同特征（color, motion）对性能的影响。

二、实验 stimuli

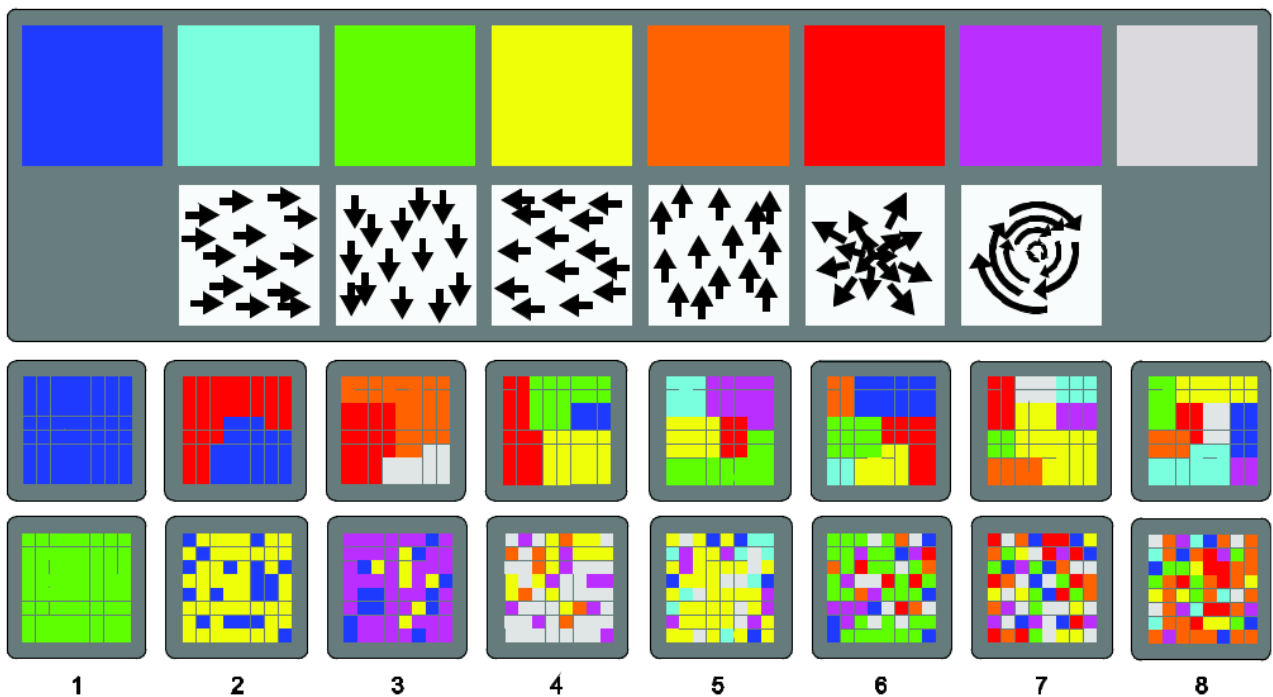


Fig. 2. (Top) All of the colors and motion types used in the stimuli. The saturation is enhanced in the figures, as the actual colors were more isoluminant. (Bottom) A comparison of the grouped and random layouts for differing variety amounts. Each variety amount (except 1) had 16 possible grouped layouts (manually created by the authors). Each variety had a different number of squares in any given stimulus.

三个实验的使用相同的 stimuli。包括一个 8x8 的背景为灰色的方格。这里使用不同的颜色代表不同是可视化对象，用于模拟现实信息可视化时的状态。

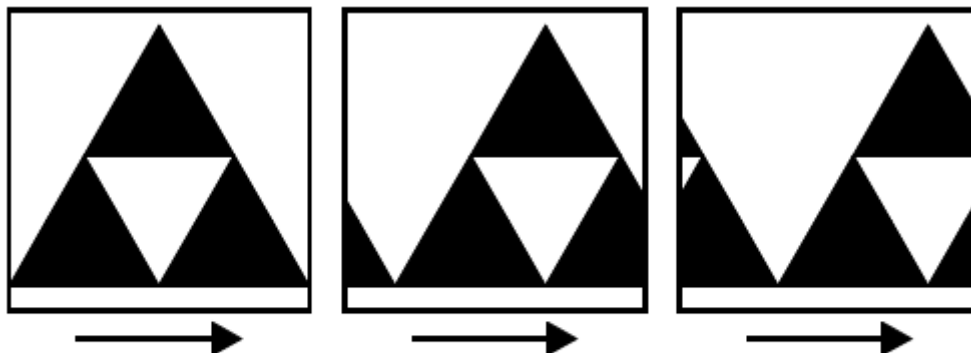


Fig. 3. A demonstration of the textured motion used in the experiments. The texture moves, but the square's position never changes. All motions cycled at 1 Hz.

对于颜色的实验，每一个方格中使用 Fig.2 中的 8 个颜色中的一个进行填充。对于 motion 的实验，each square actes as an aperture onto a monochromatic in Fig.2（翻译不能，把原话搬上来了）。motion 的类型限制为 Fig.2 中的 6 种，以便能够明显区分每一种移动。并且每一个纹理都具有相同像素数量的黑色和白色的像素，所以总体来看，亮度不会有区别。

如 Fig.2 中所示，颜色和移动已经被限制。对于每一个实验，颜色和移动的选择子集都是随机的。对于 random layout，实验对每一个方块使用 1/n random distribution 进行选择。

所有的实验被分为 4 个模块：

- * Color – Grouped
- * Color – Random
- * Motion – Grouped
- * Motion – Random

这些模块出现的顺序都是 balanced 的。

#####一些实验环境的描述，有兴趣的看原文#####

三、Visual Search: Find A Known Target

这是第一个实验，是最简单的，主要用于作为一个控制。目标是模拟一个查找已知目标的场景。

3.1 Methods

五个被试者参与实验。被试者为心理学或者计算机科学方向的毕业生或者接受训练的大学职员。

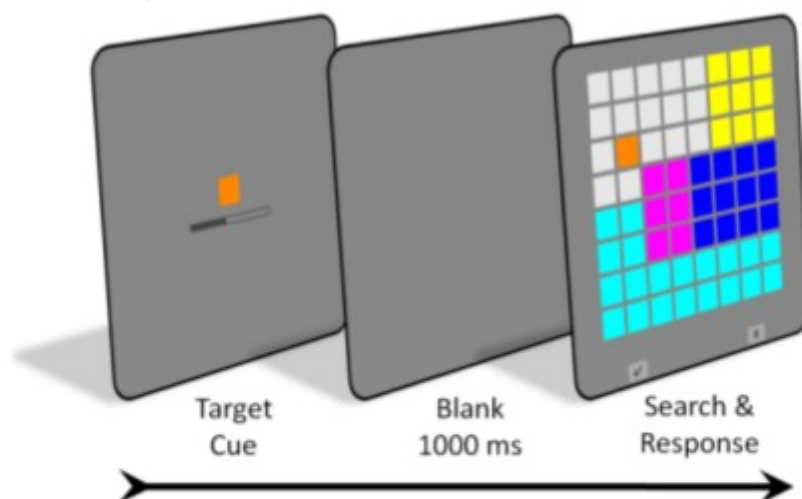


Fig. 4. The procedure for the visual search experiments. The target and a progress bar were shown to the subject (the oddball experiment only had a progress bar). A blank gray screen was presented to avoid any aftereffects or apparent motion. Finally the stimulus was displayed while awaiting the subject's response.

如 Fig.4 所示，每一个实验开始时，首先在屏幕中心显示一个方块，其中填充目标特征。之后有一个 1000ms 的暂停，显示灰色的画面 prevent any aftereffects or apparent motion。然后被试者使用键盘进行相应，判断目标是否出现。RT(Response Time)会被记录。

3.2 Result

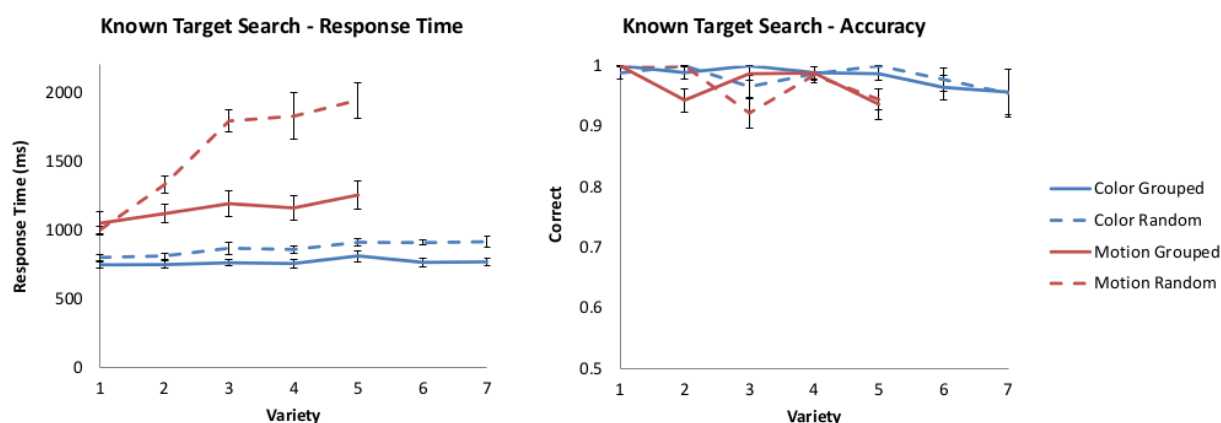


Fig. 5. Experiment 1 results: visual search for a known target. (Left) The RTs of the visual search experiment as a function of the variety of features (e.g., the number of colors or motion directions visible). Only correct responses for present targets were used in the calculation. (Right) The accuracy was consistently above 95%. Error bars show the inter-subject standard deviation.

Accuracy：在所有模块中，正确率都超过了 95%，并且没有随着特征总数的增加而减少。

Visual feature : 相对于 motion 来说, color 有更低的 RTs. For Grouped $-F(1,3) = 921, p < 0.0001$ – and random $-F(1,3) = 41, p < 0.01$. 这一结果表明可视化特征的选择会影响用户的体验。

Layout : Group layout 相对于 Random layout 性能较好, For Grouped $-F(1,4) = 65, p < 0.001$ – and random $-F(1,3) = 19, p < 0.05$.

Variety : 在这个实验中, 由结果可以看出, 不同种类的 feature 基本没有造成性能的差别。

Subject : 通过对比, 所有的被试者在结果上都有相同的趋势。

Suggestion: A purely horizontal slope implies that the visual system can detect the presence of a target in parallel irrespective of the number of varieties.

四、Visual Search : Find The ODDBALL

这个与之前不同的 visual search 实验是为了测试用户寻找一些奇特或者突出的事务的能力。这和可视化中寻找唯一的元素 (没有事先看过此元素)。

4.1 Methods

5 个被试者参与这个实验, 4 个是女性。被试者为心理学或者计算机科学方向的毕业生或者接受训练的大学职员。

这个实验的过程可以参考前一个实验 (known-target experiment in Fig.4), 但是在第一个阶段, 屏幕不显示目标。被试者只需要判断图像中是否出现唯一的方块。

4.2 Results

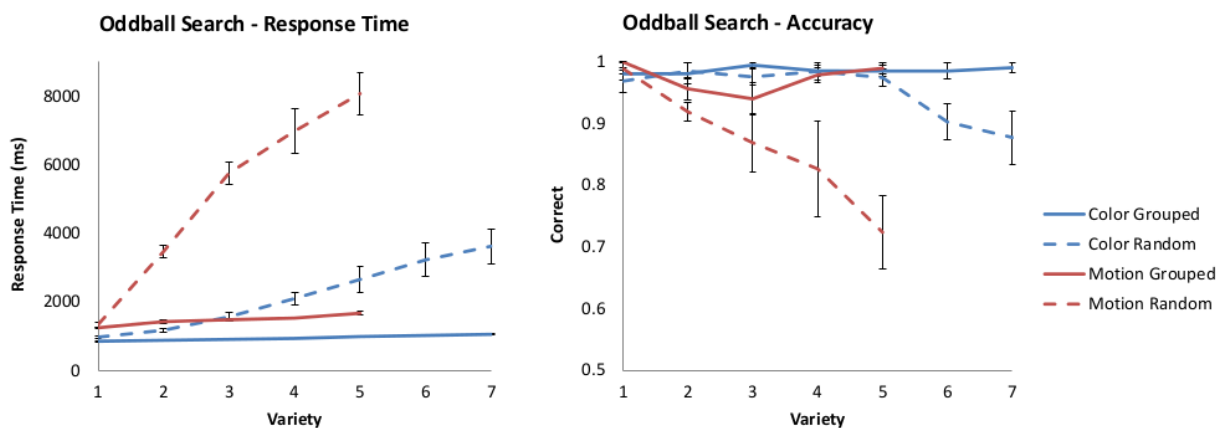


Fig. 6. Experiment 2 results: visual search for an oddball target. (Left) RTs plotted as a function of the variety of features. Only correct responses for present targets were used in the calculation. Note that the variety of features has little influence on the RTs for grouped layouts, while the RTs for random layouts clearly grow with more variety. (Right) Accuracy for the grouped layouts was consistently over 90%, whereas the accuracy for random layouts dropped significantly as variety increased. Error bars show the inter-subject standard deviation.

Accuracy: 对比 known-target search experiment, 在 finding the oddball 的实验中, 准确率明显受到了种类数量的影响。Group layout 受到的影响较小, 但是 Random layout 受到了极大的影响。

Visual feature : Color 相对于 motion 再一次有一个较小的 RTs, For Grouped $-F(1,4) = 120, p < 0.0001$ – and random $-F(1,4) = 101, p < 0.0001$.

Layout : Grouped layout 在各方面都明显优于 Random layout, For both color $-F(1,6) = 109, p < 0.0001$ – and motion $-F(1,4) = 117, p < 0.0001$. In the grouped blocks, 用户寻找目标的能力并没有受到变量数量增加的影响, 但是在 random blocks 中, 随着变量的增加性能受到了严重的损害。

Variety : In the grouped blocks, 变量的数量并没对 RTs 和 Accuracy 造成影响。但是在 Random blocks 中显示出很强的关联性- $F(1.4) = 22, p < 0.05$ 。

Local vs. global variety: 在这个实验中，需要寻找验证性能的差异是不是由 local variety(目标附近八格) 还是 global variety(全图)造成的。这里 local variety 是计算目标目标附近直接连接的八格。Fig.7 展示了使用 local 和 global variety 进行划分的 Random layout 的 RTs。

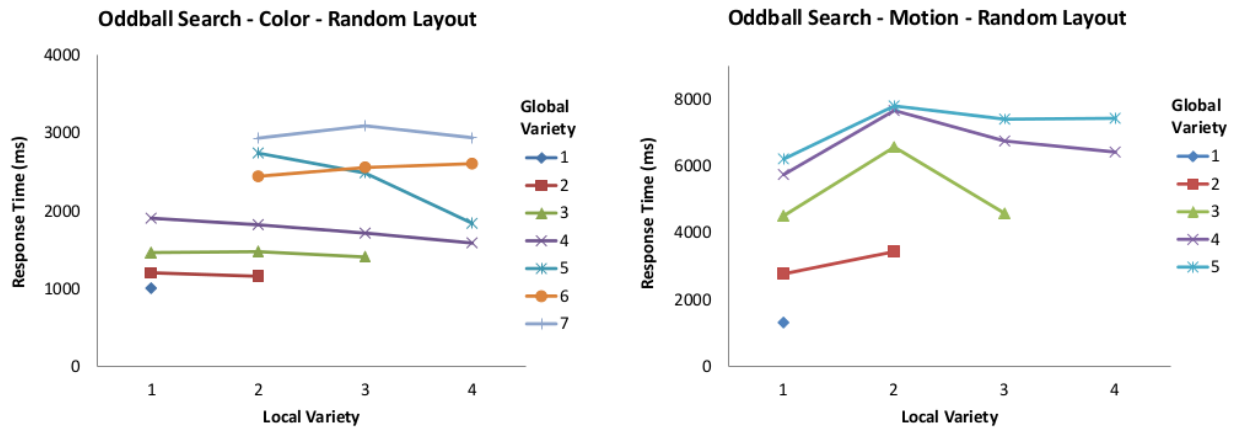


Fig. 7. Local vs global variety. These plots show the effect of local variety on performance under different amounts of global variety. Local variety is the number of colors or motions immediately adjacent to the target, whereas global variety is the total number of colors or motions on the screen. The horizontal slopes show the lack of impact of local variety on user performance.

在 Fig.8 中展示了实验 1 和实验 2 中的 strong distinction。由结果可以看出，当搜索的目标是已知的，不同的视觉特征并没有特别严重的影响。但是当搜索的目标是未知的，这里可以看出来，当布局方式为 group 时，不同的特征数量的变化并没有产生特别大的影响，但是当布局为 random 时，可以看到产生了很强的依赖，所以 grouping the features mostly compensates for this difference。（还有一系列推理和猜测）。

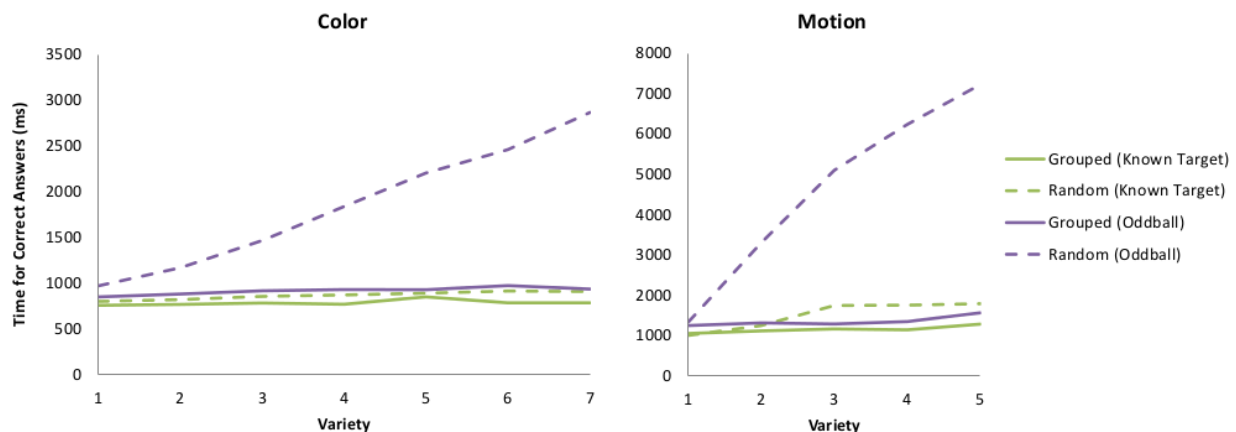


Fig. 8. The figure shows the response times for the visual search experiments with known and oddball targets and groups them by visual feature. In spite of their different scales, the same trend is clear – variety of visual features has little influence on RT when subjects know the target in advance or have a grouped layout. That is, targets are relatively easy to find when they are predefined or when the distractors are grouped. Finding an unknown target in a random layout, on the other hand, becomes significantly more difficult with increased variety. From this information, we can infer that tasks requiring users to find oddball targets among ungrouped layouts (a likely occurrence with scatter plots, treemaps, or connectivity graphs) would make for an ineffective visualization design.

五、SUBITIZING : LIMITED CAPACITY

这个实验的目标是为了研究可视化的复杂性是如果对用户掌握整体结构这方面的能力产生影响的。例如，用户可能需要准确的关于可视化信息的要点，他们需要估计不同信息的种类。

#####有一段论证难点和作用的#####

5.1 Methods

5 个被试者参与这个实验，三个是女性。被试者为心理学或者计算机科学方向的毕业生或者接受训练的
的大学职员。

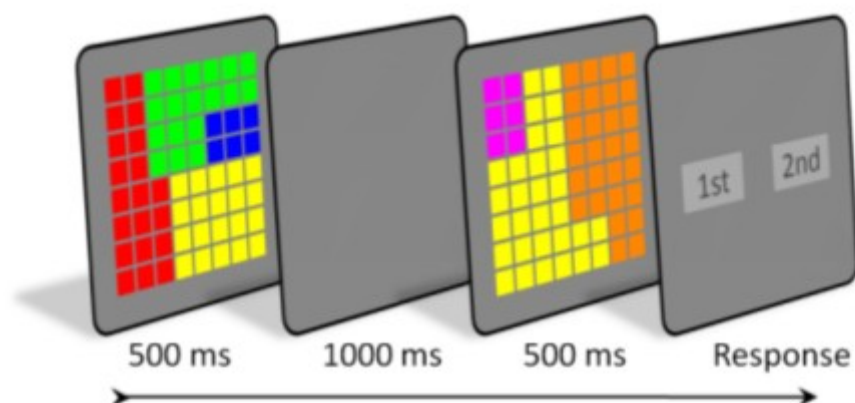


Fig. 9. The trial time course for the subitizing experiment. The first stimulus was presented for 500 ms followed by a 1000 millisecond gray screen and then the second stimulus for 500 ms. The subjects then responded in a two-interval-forced-choice which of the two intervals had more variety (e.g., more colors). Since the timing was dictated by the procedure, only accuracy was recorded rather than RTs.

Fig.9 展示了 subitizing task 的实验过程。实验中连续显示两幅图像，每副图像 500ms，间隔为 1000ms 的一个灰色画面。两幅图的颜色或移动的种类数量是不同的，两幅图出现较多种类的概率是相同的。

5.2 Results

Fig. 10 展示了结果的趋势

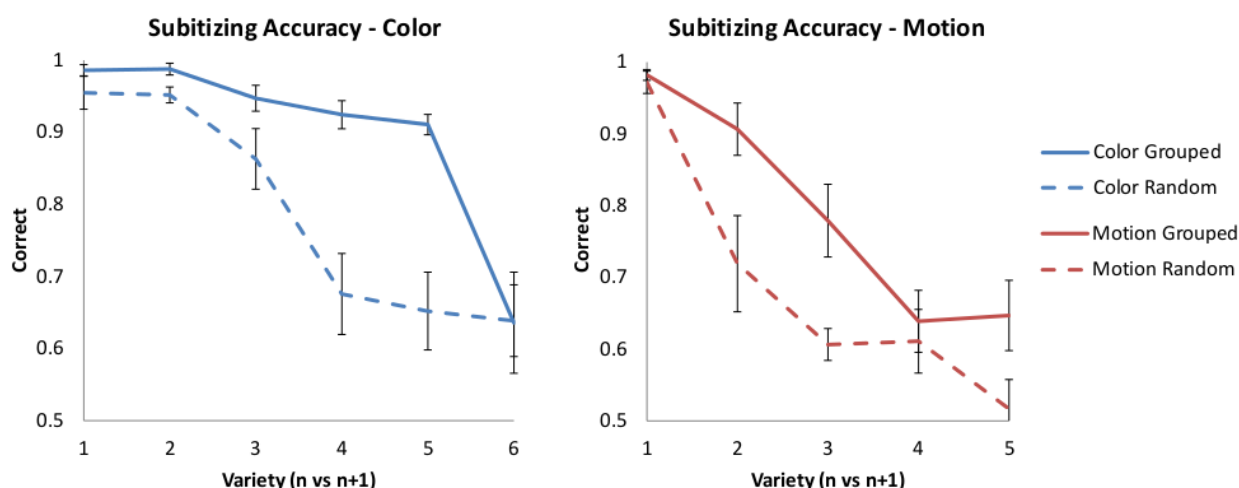


Fig. 10. The accuracy results of the subitizing experiment follow sigmoidal shape. The variety amount on the horizontal axis is the smaller of the two stimuli (1 means a comparison between 1 and 2 or 2 and 1). All layouts have nearly 100% accuracy for a comparison with one variety, and accuracy falls towards chance (50%) as variety increases. Grouping the features (color or motion) has a dramatic improvement on performance. Error bars show the inter-subject standard deviation.

Accuracy and Variety: 对比其它的实验，没有一个模块可以在 Variety 增长时还能维持很高的正确率，当像图中增加一些细节时，用户理解结构的能力受到了严重损害 - $F(1,4) = 96, p < 0.005$.

Visual feature: 使用 80%正确率作为分界，对于被试者来说 color 和 motion 两种特征产生了很大

的区别，color 的正确率接近是 motion 的两倍。Although the attention capacity of motion with respect variety and layout has little research, color is known to have a high capacity.

Layout: 使用 80%正确率作为分界，对于 color 为特征的实验($-F[1,5] = 44, p < 0.0001$)和以 motion 为特征的实验($-F[1,3]=18, p < 0.001$)，group layout 比 random layout 的正确率高 60%。一个可能的解释，当布局较为复杂时，用户需要使用更多的感知资源去识别，而留下了更少的资源用于可视化特征的信息的识别。不论心理学上如何解释，数据表明，如果理解整体结构对于可视化是重要的，那么高容量的视觉特征和强聚簇的元素非常重要。

六、INFORMATION VISUALIZATION GUIDELINES

#####具体的自己看论文吧#####

6.1 Grouping greatly helps for some but not all tasks

6.2 If you cannot group, change the task

6.3 When there are many categories: Less is more

6.4 Assigning a visual feature to a data dimension

6.5 Evaluation

七、CONCLUSION

三个结论：

(1) Grouping 对于 oddball search 有更大的好处；

(2) Grouped display 有助于显示整体信息；

(3) 对于复杂和困难的任务，应该减少变量类型而不是做小范围的优化。

#####更详细的请看论文原著吧#####