

信号与认知系统



词向量与创造力

专业	:	心理学
班级	:	心理 2102
学号	:	3190102723
姓名	:	金楠
性别	:	男

词向量与创造力

金楠

(浙江大学心理与行为科学系, 浙江杭州 310027)

摘要 创造力(creativity)是一种复杂的高级认知过程,而创造性思维包括发散性思维与聚合性思维两个成分。最近的一项研究提出了一种新的基于语义距离的发散性联想任务(Divergent Association Task, DAT),该任务可有效地测量个体的创造力。本实验将首先了解基于 GloVe 模型的词向量并计算不同词汇间的内积,以此了解基于语义距离的词语间相近性,随后进行 DAT 任务来探究 DAT 任务对创造力(具体来说是发散性思维)的评估特点。结果发现:在 GloVe 模型中,相较于“bone”,“dog”与“bird”更为相近,且与“dog”最相近的词语是“cat”。同时笔者提出的 10 个词汇所得的 DAT 得分高于从 GloVe50 维词向量数据集中随机抽取的 47% 的词汇集的 DAT 得分,处于中等水平。总的来说, DAT 任务相对于传统任务更为客观高效,但对结果的评估依赖于所用的词向量模型与数据库。

关键词 词向量; 语义距离; 创造力; DAT

1 理论背景

创造力(creativity)是一种复杂的高级认知过程,目前对其公认的定义是:创造力是指个体产生兼具新颖性和适宜性产品或观念的能力(Runco & Jaeger, 2012)。有关创造力,目前存在两个相对主流的理论:创造力的“联想理论”(the associative theory of creativity)与“控制注意理论”(the controlled attention theory of creativity)(Mednick, 1962; Beaty et al., 2014)。

其中,“联想理论”认为创造性思维是一种自发的、需要较少认知控制的联系性加工过程,弥散的注意状态和低水平的认知控制有利于创造性观念的生成(Dijksterhuis & Meurs, 2006)。而个体的语义网络以“自下而上”的方式影响其创造性思维,具体来说,高创造力的个体能够更容易的检索到远距离的概念,从而将远距离概念进行联结并组成新颖的具有创造性的观念(Kenett & Faust, 2019)。而“控制注意理论”则认为创造性思维是有意识的、自上而下的、目标定向的过程,需要注意控制和认知控制的参与(Beaty et al., 2014)。创造性的解决方案即需要自上而下的监管与抑制常见联想共同作用。

而有关创造性思维的心理成分,经典的理论认为,包含两大重要成分:发散性思维(divergent thinking)和聚合性思维(convergent thinking)(Guilford,

1950)。其中,发散性思维指的是从一个目标出发,通过不同的途径和方法,寻求多种可能的答案,进行问题解决的思维方式,对个体创造性潜能有很好的预测(Runco & Acar, 2012)。目前常用的发散性思维测验任务有非常规用途任务(Alternative Uses Task, AUT)、结果任务(Consequences)、现实情境问题(Relistic Presented Problem, RPP)等。而聚合性思维是指从某个目标出发,按照一定逻辑和思考方向找出问题正确答案或最优解的思维方式,其目标任务的答案是特定的或有限的。创造性问题中经典的聚合性思维任务是顿悟问题 (Insight),经典的图形顿悟任务有火柴棍问题(matchstick arithmetic problems)(Knoblich et al., 1999)、言语性顿悟问题有远距离联想测验(Remote Associate Test, RAT)(Mednick, 1962)等。

最近的一项研究提出了一种新的发散性联想任务(Divergent Association Task, DAT),具体而言,参与者被要求思考并列出 10 个在意义和用法上都不相关的词语(Olson et al., 2021)。研究者对 DAT 任务及多种发散性思维测量任务进行了相关性分析,发现 DAT 任务与其他已建立的测量方法之间的相关性至少与它们之间相互相关性一样高,显示出很强的收敛效度。特别地, DAT 任务与 AUT 任务之间的相关性最高。根据创造力的“联想理论”,选择彼

此间互不相同的词语依赖于产生遥远的联想。因此, DAT 任务通过计算词语间的语义距离作为指标进行衡量, 相对客观地反映了远距离联想过程。总的来说, 研究者认为基于语义距离的 DAT 任务可以有效地测量个体的发散性思维, 并聚焦于远距离联想过程, 从而快速准确地衡量个体的创造力(Olson et al., 2021)。

因此本次实验将首先了解基于 GloVe 模型的词向量并计算不同词汇间的内积, 以此了解基于语义距离的词语间相近性, 随后进行 DAT 任务来探究 DAT 任务对创造力(具体来说是发散性思维)的评估特点。

2 实验方法

2.1 被试

本实验参与者仅包含笔者一人。

2.2 刺激与流程

本实验包括比较词语间相近性与评估创造力两部分。其中, 两部分中用于表征自然语言的词汇与计算语义距离的词向量均来自 GloVe 模型, 该模型已被广泛应用于词语类比、词语相近性的任务中(Olson et al., 2021; Pennington, Socher & Manning, 2014)。

为比较词语间相近性, 本实验将从 GloVe 50 维词向量中读取的任意 50 维词向量 \mathbf{w} 根据公式(1)进行均方根归一化

$$\bar{\mathbf{w}}: \bar{w}_i = \frac{w_i}{|\mathbf{w}|} \quad (1)$$

其中, $\bar{\mathbf{w}}$ 为归一化后的词向量, w_i 是原词向量 \mathbf{w} 的第 i 维; $|\mathbf{w}|$ 为原词向量 \mathbf{w} 的均方根, 其计算方式如公式(2)所示。

$$|\mathbf{w}| = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i^2} \quad (2)$$

具体来说, 本实验将读取 “dog” “bone” “bird” 的词向量, 经均方根归一化后, 计算并比较 “dog” 与 “bone”、“dog” 与 “bird” 之间的内积, 以比较 “dog” 与 “bone” “bird” 之中何者更为相近。随后, 以相同的方式计算 “dog” 与 GloVe 中任一词的内积, 找出内积最大的词, 以找出与 “dog” 最相近的词。

为评估个体创造力, 本实验采用与 Olson 等人 (2021) 的研究相类似的发散联想任务 (Divergent Association Task, DAT), 他们的研究表明, 该任务用以评估个体创造力时具有较好的信效度。具体来说,

参与者被要求想出 10 个在全部释义和用法上尽可能不同的词, 并将这 10 个词汇在 GloVe 模型中的词向量按照上述相同的方式进行均方差归一化, 随后按照公式(3)计算出创造力指数 DAT

$$DAT = \frac{1}{10(10-1)} \sum_{i,j}^{10} \bar{\mathbf{w}}_i \cdot \bar{\mathbf{w}}_j \quad (3)$$

即每两个词之间的内积的平均值。而一对词语越相近, 其经均方差归一化后的一对词向量内积将越大, 因此本实验计算得到的 DAT 值越大表明创造力越低。

最后, 本实验将从 GloVe 中随机取 10 个词并以相同的计算方式计算其 DAT, 重复 100 次。通过比较个体所想的词和随机词的 DAT, 更为全面的评估个体创造力。

3 实验结果

3.1 “dog” 的词语间相近性

“dog” 在 GloVe 50 维向量中的词向量表征见附录 1。词向量经均方根归一化后, “dog” 与 “bone” 的内积为 19.4031, “dog” 与 “bird” 的内积为 33.4581。因此相对于 “bone”, “dog” 与 “bird” 更为相近。同样的, 词向量经均方根归一化后的 GloVe 中与 “dog” 内积最大的前 20 个单词如表 1 所示。其中与 “dog” 内积最大的词汇为 “cat”, 内积为 46.0900。即 “cat” 与 “dog” 最为相近。

表 1 与 “dog” 内积最大的 20 个单词表

序号	词汇	内积	序号	词汇	内积
1	cat	46.0900	11	boy	36.9140
2	dogs	42.5658	12	cats	36.4989
3	horse	39.5379	13	animal	36.2613
4	puppy	38.7746	14	monkey	36.2360
5	pet	38.6235	15	rat	36.2292
6	rabbit	38.6041	16	mad	36.2218
7	pig	37.4503	17	crazy	35.7900
8	snake	36.9959	18	man	35.6096
9	baby	36.9779	19	elephant	35.5881
10	bite	36.9397	20	monster	35.5288

注: 所有词向量经均方根归一化后计算内积。

3.2 创造力

笔者所想的 10 个词汇及词汇间内积如图 1A 所示。由该词汇集计算所得的创造力指数 DAT 为 5.3890。而重复 100 次从 GloVe 中随机取 10 个词计算而得的 DAT 分布(中位数为 5.4077)如图 1B 所示。

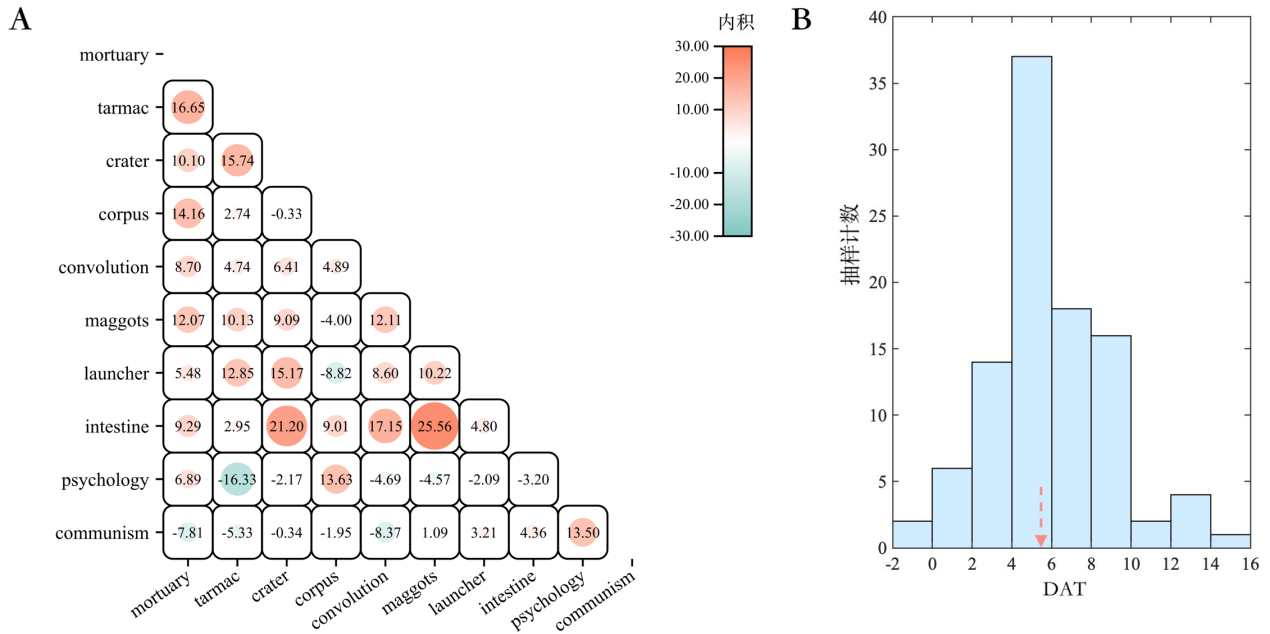


图1 创造力结果图

注：A) 个人创造力词汇间内积图。其中方格内数字为词对的内积（计算所用词向量经均方根归一化），该值越大表明词语间越相近。B) 抽样词汇集的 DAT 分布图。共抽样 100 次。粉红色箭头为笔者个人 DAT 值。

具体来说，笔者的 DAT 高于 47% 的随机抽样词汇集，大致位于中等水平。需要注意的是，这或许并不意味着笔者的创造力处于中等水平（详见讨论部分）。

4 结论与感想

在 GloVe 模型中，相较于“bone”，“dog”与“bird”的词向量经均方根归一化后内积更大，这意味着相对于“bone”，“dog”与“bird”更为相近。虽然“bird”与“dog”同属动物，但在日常使用语境下，“dog”与“bone”似乎更常出现——因此基于 GloVe 模型计算得到的结果出人意料。考虑到 GloVe 模型是基于多个数据集而生成的，例如 Gigaword 5、Common Crawl 等等，涵盖了超 150 种语言，因此笔者猜测，由 GloVe 计算得到的词汇间语义距离平均了各种文化的语言习惯、经验。可惜的是，笔者尚未找到文化差异影响语义距离的直接证据。

有趣的是，最近的一项研究分析了 41 种语言中 1010 个词汇的语义邻近性，结果发现，数字、数量和亲属关系等领域的词汇在不同语言中更为相近，而自然类别、常见动作和物品名称等词汇的语义邻近性则较低；此外，地理位置更接近、历史联系更紧密或文化更相似的语言，其词汇的含义也更为接近 (Thompson, Roberts & Lupyan, 2020)。这些结果表明，

语言中常用词汇的含义会受到使用者所处文化、历史和地理环境的影响——或许暗示了不同文化背景下，相同词对的语义距离确实存在质的差异。

过往研究表明，DAT 任务可以有效地测量个体的发散性思维，并聚焦于远距离联想过程，从而快速准确地衡量个体的创造力 (Olson et al., 2021)。不难发现，DAT 任务具有相当多的优点，例如评分的客观、自动化，任务简短迅速等；但与此同时，DAT 任务依旧具有一些局限性，例如 DAT 得分可能在某种程度上反映了与创造力不太相关的其他构建，例如过度包容性思维或精神分裂症倾向 (Olson et al., 2021)。

同时，需要特别注意的是，DAT 取决于所使用的模型和语料库，这使得本实验中仅从 GloVe50 维词向量中抽取词汇来对个体的 DAT 做整体性评估的方式还有待商榷。因此虽然笔者的 DAT 值高于 47% 的随机词汇集的 DAT 值，但依旧无法得出笔者的创造力处于中等水平的结论。此处笔者给出可能的一个改进方案，即：从多个不同的语料库中抽取随机词汇集并计算 DAT，随后评估个体 DAT 值在这些样本中的位置，以对个体创造力（或者说发散性思维）做更为准确的评估。

总的来说，本次实验结果表明，在 GloVe 模型中，相较于“bone”，“dog”与“bird”更为相近，

且与“dog”最相近的词语是“cat”。同时笔者提出的 10 个词汇所得的 DAT 得分高于从 GloVe50 维词

向量数据集中随机抽取的 47% 的词汇集的 DAT 得分，处于中等水平。

参考文献

- Beaty, R. E., Silvia, P. J., Nusbaum, E. C., Jauk, E., & Benedek, M. (2014). The roles of associative and executive processes in creative cognition. *Memory & cognition*, 42(7), 1186–1197. <https://doi.org/10.3758/s13421-014-0428-8>
- Dijksterhuis, A., & Meurs, T. (2006). Where creativity resides: the generative power of unconscious thought. *Consciousness and cognition*, 15(1), 135–146. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2005.04.007>
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 444–454.
- Kenett, Y. N., & Faust, M. (2019). A Semantic Network Cartography of the Creative Mind. *Trends in cognitive sciences*, 23(4), 271–274. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.01.007>
- Knoblich, G., Ohlsson, S., Haider, H., & Rhenius, D. (1999). Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem solving. *Journal of Experimental Psychology Learning Memory and Cognition*, 25(6), 1534–1555. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.25.6.1534>
- Mednick, S. (1962). The associative basis of the creative process. *Psychological Review*, 69(3), 220–232. <https://doi.org/10.1037/h0048850>
- Olson, J. A., Nahas, J., Chmoulevitch, D., Cropper, S. J., & Webb, M. E. (2021). Naming unrelated words predicts creativity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(25), e2022340118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2022340118>
- Pennington, J., Socher, R., & Manning, C. (2014). Glove: global vectors for word representation.. <https://doi.org/10.3115/v1/d14-1162>
- Runco, M., & Acar, S. (2012). divergent thinking as an indicator of creative potential. *Creativity Research Journal*, 24(1), 66–75. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.652929>
- Runco, M., & Jaeger, G. (2012). The standard definition of creativity. *Creativity Research Journal*, 24(1), 92–96. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.650092>
- Thompson, B., Roberts, S. G., & Lupyan, G. (2020). Cultural influences on word meanings revealed through large-scale semantic alignment. *Nature human behaviour*, 4(10), 1029–1038. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-0924-8>

GloVe50 维词向量中 “dog” 的词向量

0.11008	-0.38781	-0.57615	-0.27714	0.70521	0.53994	-1.0786	-0.40146	1.1504	-0.5678
0.0038977	0.52878	0.64561	0.47262	0.48549	-0.18407	0.1801	0.91397	-1.1979	-0.5778
-0.37985	0.33606	0.772	0.75555	0.45506	-1.7671	-1.0503	0.42566	0.41893	-0.68327
1.5673	0.27685	-0.61708	0.64638	-0.076996	0.37118	0.1308	-0.45137	0.25398	-0.74392
-0.086199	0.24068	-0.64819	0.83549	1.2502	-0.51379	0.04224	-0.88118	0.7158	0.38519

Word vectors and creativity

Nan Jin

(Department of Psychology and Behavioral Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027)

Abstract

Creativity is a complex high-level cognitive process, and creative thinking includes two components: divergent thinking and convergent thinking. A recent study proposed a new task termed Divergent Association Task (DAT), which is based on semantic distance and can effectively measure individual creativity. This experiment would first understand the word vector based on GloVe model and calculate the inner product between different words to understand the similarity between words based on semantic distance, and then conduct DAT task to explore the evaluation characteristics of DAT task on creativity (specifically, divergent thinking). The results showed that in the GloVe model, "dog" was more similar to "bird" than to "bone", and the closest word to "dog" was "cat". At the same time, the DAT score of the 10 words proposed by the author is higher than that of 47% words randomly selected from the GloVe50 dimensional word vector data set, which is in the middle level. In general, DAT tasks are more objective and efficient than traditional tasks, but the evaluation of the results depends on the word vector model and database used.

Key words Word vector, Semantic distance, Creativity, DAT