

# 创造性过程中的语义距离的定量测量

曾荣灿, 曹贵康

西南大学心理学部, 重庆

Email: 2518668276@qq.com, cgk@swu.edu.cn

收稿日期: 2020年12月24日; 录用日期: 2021年1月8日; 发布日期: 2021年1月18日

## 摘要

在创造性思维过程中, 概念间的语义距离起着重要作用, 也就是说, 当一个人越能联想到与给定概念看似不相关或相关很遥远的概念, 结合产生的想法就越具有创造性。两个概念间的语义距离看似直观, 但由于在创造性思维过程中测量的挑战性, 大多数都是主观评测。近年来, 在创造性思维的研究中越来越多的运用到了语义距离的定量测量方法, 为创造性思维的研究提供了一个更加客观的指标, 也为研究语义记忆结构和语义距离在创造性过程中的作用提供了更直接的方法。本文将对现有关于创造性思维研究中语义距离定量测量的方法及其应用进行介绍。

## 关键词

创造性思维, 语义距离, 潜在语义分析(LSA), 语义网络

# Quantitative Measurement of Semantic Distance in Creative Processes

Rongcan Zeng, Guikang Cao

Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing

Email: 2518668276@qq.com, cgk@swu.edu.cn

Received: Dec. 24<sup>th</sup>, 2020; accepted: Jan. 8<sup>th</sup>, 2021; published: Jan. 18<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

**In the creative thinking process, the semantic distance between concepts plays an important role. In other words, the more one can associate with concepts that seem unrelated or far away from the given concept, the more creative the combined idea will be. The semantic distance between the two concepts may seem intuitive, but due to the challenge of measuring creative thinking processes, most are subjective measures. In recent years, the quantitative measurement method**

of semantic distance has been used more and more in the research of creative thinking, which provides a more objective index for the research of creative thinking. This paper will give an overview of the existing methods for quantitative measurement of semantic distance in creative thinking research.

## Keywords

Creative Thinking, Semantic Distance, Latent Semantic Analysis (LSA), Semantic Network

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



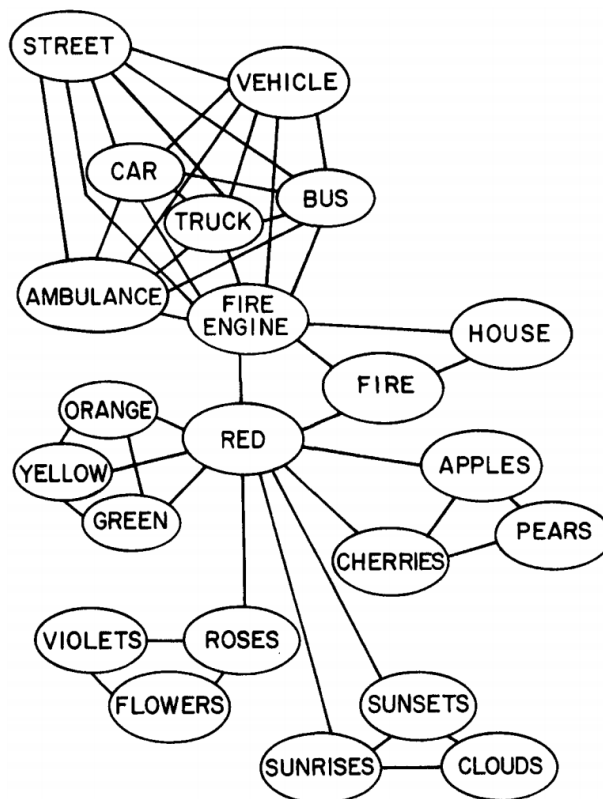
Open Access

## 1. 引言

创造力作为人类伟大的潜能,它不仅是影响个体发展的重要因素,还是一个民族进步的灵魂,是国家不断发展的不竭动力。美国国家科学基金会(National Science Foundation)的一份报告总结称,科学和工程领域即将发生的危机需要对推理过程进行更强的描述,从而整合来自不同领域的概念,以确定创新的解决方案(Schunn et al. 2006)。来自一系列领域的证据表明,在看似不同但具有重要的潜在相似性的项目之间找到语义上的遥远联系,是创新观念产生的关键(Holyoak & Thagard, 1995; Sternberg, 1997; Mayer, 1999; Costello & Keane, 2000; Dahl & Moreau, 2002; Schunn et al., 2006; Green et al., 2008)。有研究发现,类比推理中的语义距离也与创造力有关(Holyoak & Thagard, 1995; Boden, 2003),语义上遥远类比问题的解决可能涉及一些与创造性思维活动相同的过程(Green, Fugelsang, & Dunbar, 2006; Green, Fugelsang, Kraemer et al., 2006)。创造性联想理论(Mednick, 1962)强调概念之间的距离越远,新的组合就越有创意。这一理论将创造性思维与语义记忆结构联系起来,即一个人在语义空间中能够联想到语义距离更远或相关较弱的概念,这个新概念就越新颖或有创造性。Collins 和 Loftus (1988)提出了一个经典的语义记忆结构认知模型。这个模型根据概念间的语义相似性原则构成了语义网络(如图 1)。他们认为,两个概念之间共享的语义属性越多,它们之间的联系就越多,语义相似性就越大,因此两个概念表现出来的语义距离就越近。此外,Collins 和 Loftus (1988)还提出一种语义加工的扩散激活理论,即当语义记忆网络中的一个概念被激活时,这种激活会扩散到与之相连接的概念,并且扩散会随着扩散的时间和空间的推移而迅速衰减。Rossman 和 Fink (2010)通过让高创造力参与者与低创造力参与者都对间接相关(猫 - 奶酪,猫和老鼠相关,老鼠和奶酪相关)和完全不相关(学科 - 婚姻)的词对进行远距离联想(RAT)然后对词对的语义联想距离进行 1~6 级的评分(1 代表非常相关,6 代表不相关)。他们发现高创造力个体比低创造力个体产生联想的速度更快、更稳,同时高创造性个体对不相关词对之间的语义联想距离的评分低于低创造力个体,在间接相关词组之间的评分没有组别差异。表明创造性个体具有更加灵活的语义网络,且语义记忆网络中有更多的语义联结,比低创造力个体能够更快的建立语义联想联结,从而促进创造性想法的产生。

语义记忆结构在创造性思维过程中的作用只能通过与言语相关的创造性结果呈现出来(Runco & Acar, 2012),且语义记忆网络中概念间的语义距离对创造性想法的产生具有很直观的体验,但由于测量语义记忆结构中概念间语义距离的复杂性,很难用经验来检验。传统的语义距离是根据词对的反应频率或者评分者评定来确定的。Nelson 等人(2000, 2004)大量采集了被试对提示词进行自由联想的反应,根据联想词对占有所有联想词对的频率来表示联想词对的语义距离,例如根据提示词“爸爸”进行自由联想,联想词中“妈妈”在所有联想词对中出现的频率最高(频率为.76)。但这样的测量方式常常通常分为强联想强度

和弱联想强度两类, 对更精细、中等程度的联想强度不敏感(Hahn, 2008; Van Petten, 2014)。孙江洲(2015)通过评分者对词对进行语义相似性评分来评判词对间的语义联结, 研究语义距离联结与创造性思维的关系, 这样的评判较为主观, 受到评分者自身创造力的影响。因此越来越多的研究应用计算方法推导出概念间语义距离的定量方法: 1) 潜在语义分析(LSA), 语义距离递增研究的一种常用计算方法; 2) 语义网络, 通过语义网络中的路径长度来表示语义距离。



**Figure 1.** A visual example of semantic feature similarity between concepts in semantic memory (The greater the semantic similarity between concepts, the shorter the line segment connected between them)

**图 1.** 语义记忆中基于概念语义特征相似性的可视化示例 (概念间的语义相似性越大, 两者间连接的线段越短)

## 2. 潜在语义分析(LSA)

潜在语义分析(LSA)是通过在一个给定的非常高维的语义空间内分配给这些单词的向量之间的夹角的余弦来量化单词上下文使用意义之间的语义相似性, 即在对大量文本语料库进行统计分析的基础上, 对词(甚至整篇文章)之间的相似性进行量化的一种方法。两词之间的语义距离由1减去潜在语义分析(LSA)相似度评分决定。

最近的研究里, 已使用 LSA 度量语义距离来研究创造力。例如, Green 等人(2010, 2016)通过 LSA 定量推导出语义距离, 参数化的改变类比推理项目之间的语义距离, 证实了跨越更大语义距离的相似性, 可以产生更多创新的解决方案。Prabhakaran, Green 和 Gray (2014)在动词生成任务(呈现一个名词, 需要参与者想出与其相关的一个动词, 当名词呈现绿色时, 参与者需要创造性的去想与之相关的动词)中利用 LSA 计算每组名词和动词的语义距离值, 然后分别计算在有提示(“创造性”)和没有提示的情况下参与

者每种条件下试次反应的语义距离平均值,发现在创造性提示情况下,参与者产生的词对间的平均语义距离比没有提示的情况更远。也发现在创造性提示条件下,产生的词对间的语义距离值是其发散思维总分的重要预测因子。此外,他们还发现在创造性提示条件下,产生语义距离较远反应的参与者在故事写作任务中产生了更多的创造性故事,在 Torrance 测试中也画出了更多创造性的图形。创造性成就水平较高的参与者往往会做出更具创造性的动词反应。在创造性提示条件下,语义距离与智力和执行功能呈正相关。在韦氏成人智力测验(WAIS)和瑞文推理测验(RAPM)上得分较高的参与者对有提示的名词产生了更多不寻常的动词反应。在 3-back 任务中准确率较高的参与者在动词生成任务中也倾向于做出更有创造性的反应。

其他研究使用基于 LSA 测量的语义距离来检验与创造力有关的认知过程的不同方面。Gray 等人(2019)利用 LSA 来捕获想法随时间的语义演化(即,现在的想法与过去的想法有多大差异)。在自由联想范式中,量化了当前想法在语义上与之前想法的语义分离程度,发现语义分离程度能够正向预测发散性思维。Beaty 等人(2014)使用 LSA 测量词对间的语义距离来评估参与者的联想能力,确定联想和执行过程在多大程度上能有助于发散性思维过程。

使用 LSA 技术计算概念间的语义距离,是一种有效的客观测量,不受评价者自身创造力的影响,但 LSA 计算语义距离的好坏很大程度上取决于文本语料库的选择(Recchia & Jones, 2009)。

### 3. 语义网络

在语义网络中,通过路径长度可以实现另一种表示语义距离的计算方法。网络科学是以数学图论为基础,以定量的研究方法研究复杂网络(例如,语义网络)(Baronchelli et al., 2013; Borge-Holthoefer & Arenas, 2010; Karuza, Thompson-Schill, & Bassett, 2016)。网络由表示系统基本单元的节点(例如,语义记忆,心理词汇)和表示它们之间关系的链接或边(例如,语义相似度)组成。通过将语言和记忆构造成一个网络,网络科学可以直接定量地研究经典的认知理论以及发生在记忆检索和联想思维中的认知过程(Vitevitch, 2008; Chan & Vitevitch, 2010; Vitevitch et al., 2012, 2014)。

根据 Mednick (1962)的联想层次理论,越来越多的研究将网络科学方法应用于创造性思维研究,重点研究语义记忆结构在创造性认知过程中的作用。Mednick (1962)的联想层次个体差异理论认为高创造性个体比低创造性个体具有更丰富和更灵活的联想网络。根据他的理论(Mednick, 1962),高创造性个体的特征是扁平的(对给定刺激有更多更广泛的联系),而低创造性个体的特征是陡峭的联系层次,对给定刺激有很少的、共同的联系。因此,高创造性个体在语义记忆网络中可能有更多的联想链接,并且能够比低创造性个体更快地连接概念间的语义关系,从而促进更高效的搜索过程(Rossman & Fink, 2010)。Gruszka 和 Necka (2002)展示了高创造性参与者如何具有更复杂的词汇网络结构,以及高创造性参与者如何通过他们的词汇网络激活更广泛的联想。语义创造性是通过将看似不相关或相关很遥远的概念联系在一起来实现的,而这些概念却创造了一个有意义的语言表征。因此,Kenett 等人(2014)通过自由联想范式,探究了高创造性者的语义网络与低创造性者的语义网络之间的差异,发现高创造性个体的语义记忆网络比低创造性个体的语义记忆网络更灵活,使得高创造性个体在进行自由联想时能够采取更有效的检索策略。Benedek 等人(2017)使用了一种基于关联度评价构建个体语义网络的新方法,使用 28 个概念组成了个体的语义网络,探究了语义网络中不同参数(聚类系数、平均最短路径长度、小世界属性、模块化系数)与发散思维的关系。通过对语义网络进行随机游走模拟,发现在平均路径长度较短、聚类较少的语义网络中,概念激活的扩散可能更容易到达相关更遥远的概念(Kenett & Austerweil, 2016)。

利用语义网络来测量概念间的语义距离,被 Acar 和 Runco (2014)的研究证明在评估发散思维反应方面具有较高的可靠性和客观性。



## 4. 小结

语义网络是语义记忆结构或概念系统的一种主要表征方式, 对创造性的产生及其机制研究都具有重要意义。在理论层面, 语义网络中所表征的概念是创造性认知过程所必须的“原材料”, 其组织结构直接决定了概念间的连接特性, 而概念本身又是创造性认知过程的操作对象; 在实践层面, 近年来不断发展的网络科学方法为创造性思维研究提供了强大的方法论框架及量化工具, 允许研究者观察语义记忆系统的结构乃至动态变化过程如何在交互作用下支持创造性行为。因此能够定量测量语义距离, 可以为我们的研究创造性思维输出提供一个更加客观的测量方式, 也可以考察语义记忆在创造性思维中的直接作用。

## 参考文献

- 孙江洲(2015). *远距离语义联结与创造性思维的关系*. 硕士学位论文, 重庆: 西南大学.
- Acar, S., & Runco, M. A. (2014). Assessing Associative Distance among Ideas Elicited by Tests of Divergent Thinking. *Creativity Research Journal*, *26*, 229-238. <https://doi.org/10.1080/10400419.2014.901095>
- Baronchelli, A., Ferrer-i-Cancho, R., Pastor-Satorras, R., Chater, N., & Christiansen, M. H. (2013). Networks in Cognitive Science. *Trends in Cognitive Sciences*, *17*, 348-360. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.04.010>
- 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*, 1186-1197. <https://doi.org/10.3758/s13421-014-0428-8>
- Benedek, M., Kenett, Y. N., Umdasch, K., Anaki, D., Faust, M., & Neubauer, A. C. (2017). How Semantic Memory Structure and Intelligence Contribute to Creative Thought: A Network Science Approach. *Thinking & Reasoning*, *23*, 1-26. <https://doi.org/10.1080/13546783.2016.1278034>
- Boden, M. (2003). *The Creative Mind: Myths and Mechanisms*. New York: Basic Books. <https://doi.org/10.4324/9780203508527>
- Borge-Holthoefer, J., & Arenas, A. (2010). Semantic Networks: Structure and Dynamics. *Entropy*, *12*, 1264-1302. <https://doi.org/10.3390/e12051264>
- Chan, K. Y., & Vitevitch, M. S. (2010). Network Structure Influences Speech Production. *Cognitive Science*, *34*, 685-697. <https://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2010.01100.x>
- Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1988). A Spreading-Activation Theory of Semantic Processing. *Readings in Cognitive Science*, *82*, 126-136. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4832-1446-7.50015-7>
- Costello, F. J., & Keane, M. T. (2000). Efficient Creativity: Constraint-Guided Conceptual Combination. *Cognitive Science*, *24*, 299-349. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog2402\\_4](https://doi.org/10.1207/s15516709cog2402_4)
- Dahl, D. W., & Moreau, P. (2002). The Influence and Value of Analogical Thinking during New Product Ideation. *Journal of Marketing Research*, *39*, 47-60. <https://doi.org/10.1509/jmkr.39.1.47.18930>
- Gray, K., Anderson, S., Chen, E. E., Kelly, J. M., & Lewis, K. (2019). “Forward Flow”: A New Measure to Quantify Free Thought and Predict Creativity. *American Psychologist*, *74*, 539-554. <https://doi.org/10.1037/amp0000391>
- Green, A. E., Fugelsang, J. A., & Dunbar, K. N. (2006). Automatic Activation of Categorical and Abstract Analogical Relations in Analogical Reasoning. *Memory & Cognition*, *34*, 1414-1421. <https://doi.org/10.3758/BF03195906>
- Green, A. E., Fugelsang, J. A., Kraemer, D. J., & Dunbar, K. N. (2008). The Micro-Category Account of Analogy. *Cognition*, *106*, 1004-1016. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.03.015>
- Green, A. E., Fugelsang, J. A., Kraemer, D. J., Shamosh, N. A., & Dunbar, K. N. (2006). Frontopolar Cortex Mediates Abstract Integration in Analogy. *Brain Research*, *1096*, 125-137. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.04.024>
- Green, A. E., Kraemer, D. J., Fugelsang, J. A., Gray, J. R., & Dunbar, K. N. (2010). Connecting Long Distance: Semantic Distance in Analogical Reasoning Modulates Frontopolar Cortex Activity. *Cerebral Cortex*, *20*, 70. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp081>
- Green, A. E., Spiegel, K. A., Giangrande, E. J., Weinberger, A. B., Gallagher, N. M., & Turkeltaub, P. E. (2016). Thinking Cap plus Thinking Zap: TDCS of Frontopolar Cortex Improves Creative Analogical Reasoning and Facilitates Conscious Augmentation of State Creativity in Verb Generation. *Cerebral Cortex*, *27*, 2628-2639. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhw080>
- Gruszka, A., & Necka, E. (2002). Priming and Acceptance of Close and Remote Associations by Creative and Less Creative People. *Creativity Research Journal*, *14*, 193-205. [https://doi.org/10.1207/S15326934CRJ1402\\_6](https://doi.org/10.1207/S15326934CRJ1402_6)
- Hahn, L. W. (2008). Overcoming the Limitations of Single-Response Free Associations. *Electronic Journal of Integrative*

*Biosciences*, 5, 25-36.

- Holyoak, K. J., & Thagard, P. (1995). *Mental Leaps*. Cambridge, MA: MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/4549.001.0001>
- Karuza, E. A., Thompson-Schill, S. L., & Bassett, D. S. (2016). Local Patterns to Global Architectures: Influences of Network Topology on Human Learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 20, 629-640. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.06.003>
- Kenett, Y. N., & Austerweil, J. (2016). Examining Search Processes in Low and High Creative Individuals with Random Walks. *38th Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, Philadelphia, 10-13 August 2016.
- Kenett, Y. N., David, A., & Miriam, F. (2014). Investigating the Structure of Semantic Networks in Low and High Creative Persons. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 407. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00407>
- Mayer, R. E. (1999). Fifty Years of Creativity Research. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of Creativity* (pp. 449-460). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511807916.024>
- Mednick, S. (1962). The Associative Basis of the Creative Process. *Psychological Review*, 69, 220-232. <https://doi.org/10.1037/h0048850>
- Nelson, D. L., McEvoy, C. L., & Dennis, S. (2000). What Is Free Association and What Does It Measure? *Memory & Cognition*, 28, 887-899. <https://doi.org/10.3758/BF03209337>
- Nelson, D. L., McEvoy, C. L., & Schreiber, T. A. (2004). The University of South Florida Free Association, Rhyme, and Word Fragment Norms. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36, 402-407. <https://doi.org/10.3758/BF03195588>
- Prabhakaran, R., Green, A. E., & Gray, J. R. (2014). Thin Slices of Creativity: Using Single-Word Utterances to Assess Creative Cognition. *Behavior Research Methods*, 46, 641-659. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0401-7>
- Recchia, G., & Jones, M. (2009). More Data Trumps Smarter Algorithms: Comparing Pointwise Mutual Information with Latent Semantic Analysis. *Behavior Research Methods*, 41, 647-656. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.3.647>
- Rossmann, E., & Fink, A. (2010). Do Creative People Use Shorter Association Pathways? *Personality and Individual Differences*, 49, 891-895. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2010.07.025>
- Runco, M. A., & Acar, S. (2012). Divergent Thinking as an Indicator of Creative Potential. *Creativity Research Journal*, 24, 66-75. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.652929>
- Schunn, C. D., Paulus, P. B., Cagan, J., & Wood, K. (2006). *Final Report from the NSF Innovation and Discovery Workshop: The Scientific Basis of Individual and Team Innovation and Discovery*. Washington DC: National Science Foundation.
- Sternberg, R. J. (1997). *Successful Intelligence*. New York: Plume.
- Van Petten, C. (2014). Examining the N400 Semantic Context Effect Item-by-Item: Relationship to Corpus-Based Measures of Word Co-Occurrence. *International Journal of Psychophysiology*, 94, 407-419. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.10.012>
- Vitevitch, M. S. (2008). What Can Graph Theory Tell Us about Word Learning and Lexical Retrieval? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51, 408-422. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2008\)030](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008)030)
- Vitevitch, M. S., Chan, K. Y., & Goldstein, R. (2014). Insights into Failed Lexical Retrieval from Network Science. *Cognitive Psychology*, 68, 1-32. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2013.10.002>
- Vitevitch, M. S., Chan, K. Y., & Roodenrys, S. (2012). Complex Network Structure Influences Processing in Long-Term and Short-Term Memory. *Journal of Memory and Language*, 67, 30-44. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2012.02.008>