

预测误差对情景记忆影响的研究综述

陈珺怡

西南大学心理学部, 重庆

收稿日期: 2024年1月22日; 录用日期: 2024年3月11日; 发布日期: 2024年3月21日

摘要

预测误差表示预测结果与实际结果的不一致, 并且能够影响个体的情景记忆。本文通过梳理回顾已有研究资料, 介绍了预测误差的概念, 引出其与情景记忆之间存在的关系, 回顾了以往研究对预测误差的分类及与这些分类有关的理论, 总结了研究预测误差的测量方法、常用的测量指标, 以及预测误差影响情景记忆的研究进展。最后针对当前预测误差影响情景记忆的研究进展提出未来可以进一步探讨的研究问题。

关键词

预测误差, 奖赏预测误差, 感官预测误差, 情景记忆

A Review of the Effects of Prediction Errors on Episodic Memory

Junyi Chen

Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing

Received: Jan. 22nd, 2024; accepted: Mar. 11th, 2024; published: Mar. 21st, 2024

Abstract

Prediction error means that the prediction result is not consistent with the actual result, which can affect the individual's episodic memory. In this article, we introduce the concept of prediction error and its relationship with episodic memory and review the classification of prediction error and the related theories by going over the existing research. This paper summarizes the measurement methods of prediction error, the commonly used measurement indexes, and the research progress on the influence of prediction error on episodic memory. At last, research issues that can be explored on the influence of prediction error on episodic memory are discussed.

Keywords

Prediction Error, Reward Prediction Error, Sensory Prediction Error, Episodic Memory

Copyright © 2024 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. 预测误差的概念及其与情景记忆的关系

日常生活中,人们总是接收各种各样的信息,并且根据得到的信息完成一定的目标和任务。在输入的信息足够多之后,人们能够根据新接收的信息对后续事件的结果进行预测。同时,为了高效地完成目标和任务,人们需要根据已接收到的信息进行预测,做出合适的判断和选择以达到目的。有时人们能够做出正确的预测,有时人们的预测可能与实际结果不一致。预测误差(prediction error)是指个体预测的事件结果与实际的事件结果出现不一致的情况。已有研究表明,预测误差对个体的认知过程,如学习、记忆、决策等方面有不可忽略的影响。

Tulving 以记忆反映的不同内容为标准将记忆区分为语义记忆和情景记忆(Tulving, 2002)。语义记忆(semantic memory)是个体对事实、概念、规则等内容的记忆,与情景信息无关;情景记忆(episodic memory)则是在特定的时间和空间背景下形成的关于个体所亲身经历的事件的记忆。从阿特金森和谢夫林的三级记忆模型来看,二者都属于长时记忆(Atkinson & Shiffrin, 1977)。和语义记忆相比,情景记忆较易受到影响,预测误差是能够影响情景记忆的因素之一。当个体对事件的预测与事件实际结果不一致时,预测误差将以不同的机制对个体的情景记忆造成影响。本文通过查找和梳理相关文献,回顾领域内已有研究成果,介绍目前学界对预测误差的分类、预测误差相关研究常用的实验范式、测量预测误差的方法和指标,最后探讨预测误差对个体情景记忆各环节的影响。

2. 预测误差的分类

在生活中的不同场景下,人们会产生不同的预测,因此预测误差也因不同场景而有不同的分类标准。最常见的分类是在决策场景中,个体需要预测呈现刺激的价值以做出不同的选择。与奖赏相联系的预测结果与实际结果不一致的情况被称为奖赏预测误差(reward prediction error, RPE)。按是否有效价来分,预测误差可以分为有标记的预测误差(signed reward prediction error, SRPE)和无标记的预测误差(unsigned reward prediction error, URPE)。有标记的预测误差往往反映的是个体对于奖赏的预测,若标记为正则表明实际的奖赏结果大于预期的奖赏结果,标记为负则与之相反。个体预测的奖赏结果和实际奖赏结果之间的距离被称为无标记的奖赏预测误差(Rouhani, Norman, & Niv, 2018),也被称为奖赏预测误差的凸显性(龙翼婷, 姜英杰, 崔璨, 岳阳, 2023)。凸显性大说明预测的奖赏结果和实际奖赏结果之间差距较大,凸显性小则相反。强化学习(reinforcement learning)理论认为行为的学习是由预测的奖赏结果与实际的奖赏结果不一致所推动的,人们总是追求最大化奖赏的行为。根据该理论的观点,正性的奖赏预测误差能够强化引发该结果的行为,使该行为更多出现,而负性的奖赏预测误差则会减少引发该结果的行为(Sutton & Barto, 1998)。

在预测与奖赏无关的情况下,接收信息时,个体会根据环境对感官输入的信息对后续输入的信息进行预测,如果后续输入的信息与先前预测不一致,此时将产生感官预测误差(sensory prediction error)。根

据感官所接收到的信息源自何处，感官预测误差又可分为外部感官预测误差和内部感官预测误差(Randeniya, Oestreich, & Garrido, 2018)。预测性编码框架(Predictive Coding Framework)是与感官预测误差有关的理论(Fong, Law, Uka, & Koike, 2020)。该理论认为人脑会根据环境中的感知信息输入不断地生成和更新认知模型。当认知模型与实际输入的信息不匹配，感官预测误差产生，从而推动认知模型的更新，以形成更与环境适配的认知模型。

奖赏预测误差与感官预测误差都是当前研究学习行为的领域中非常重要的课题。奖赏预测误差能够推动奖赏学习的进行，而感知预测误差能够推动感知适应学习的进行(Kunavar et al., 2023)。学习行为的习得依托于记忆，尤其是任务执行过程当中对线索产生的情景记忆。在第五部分，本文将介绍以上两种预测误差是如何影响情景记忆的。

3. 预测误差的测量方法及测量指标

随着心理学领域研究技术的发展，研究领域内对预期误差的测量方式不断多样化，目前主要有眼动追踪测量方式、脑电测量方式和功能性磁共振测量方式等测量预测误差的方式。

眼动追踪测量的指标包括注视时间和瞳孔大小的改变等。注视时间是眼动追踪研究中最常用的指标之一，一般用以反映被试对任务中不同刺激的注意分配特征。在预测误差研究领域，注视时间分配的变化可以反映奖赏预测误差凸显性的大小(龙翼婷等, 2023)。瞳孔大小改变是测量预测误差非常敏感且有效的指标(Dercksen, Widmann, & Wetzel, 2023; Harris et al., 2022)。通过对事件发生逆转前后，即预测误差出现前后的瞳孔大小变化的测量，研究者发现个体瞳孔大小的变化显著正向预测后续情景记忆表现(Antony, Hartshorne, Pomeroy, Gureckis, & Norman, 2021)。此外，瞳孔变化的均值和峰值也可反映编码阶段时产生的奖赏预测误差的效价与凸显性(龙翼婷等, 2023)。

脑电测量方面，N400成分与预测误差有密切关联。当预测误差发生时，个体无法准确预测后续事件的走向，此时将会诱发更大的N400波幅(Zacks & Swallow, 2007)。除该成分之外，失匹配负波(mismatch negativity, MMN)作为在一系列同质刺激中出现异质刺激的情况下诱发的成分，也能够测量个体感知到的预测与结果之间差异的大小(den Ouden, Kok, & de Lange, 2012; Fong et al., 2020)。

功能性磁共振测量方面，腹侧纹状体(ventral striatum, VS)作为脑的奖赏中枢，在奖赏预测误差相关的工作中常常被用作反映奖赏预测误差存在的指标(Calderon et al., 2021)。另外，海马体(hippocampus)在预测误差影响情景记忆的相关研究中被证实能够反映预测误差带来的情景记忆变化(Siestrup & Schubotz, 2023)。预测误差的产生能够引起情绪情绪反应，如惊讶情绪。当由预测误差引起的惊讶情绪产生时，杏仁核(amygdala)受到激活(Chumbley et al., 2014)，因此杏仁核的活动也能够作为衡量预测误差的神经指标。

总的来说，这些测量方法和指标可以帮助我们在行为层面和认知神经层面更好地认识预测误差是如何影响情景记忆的。

4. 预测误差影响情景记忆的相关实验范式

当前研究者根据不同类别的预测误差如何影响情景记忆已经生成了不同的实验范式。在奖赏预测误差领域，常用的范式是将图片材料赋予一定的价值，将不同的价值标签与图片材料配对。具体的流程是，在学习阶段，在一定时间内向被试呈现一张图片，要求被试猜测该图片对应的价值，然后揭晓正确答案。在此过程中，被试将面临不同效价的奖赏预测误差。学习阶段之后是测试阶段。在该阶段，研究者呈现一系列旧图片材料给被试，要求其判断所呈现的图片材料在学习阶段时呈现的先后顺序，并且在选项选出最接近该图片的价值选项(龙翼婷等, 2023)。

在感官预测误差领域，实验范式涉及项目-背景配对范式及自然视频刺激观看范式。前者将项目图

片材料与背景图片材料进行配对。该范式的流程一般为规则学习阶段 - 编码阶段 - 测试阶段。在规则学习阶段, 被试首先观看背景图片, 在一定时间后, 在背景图片的某个区域呈现与之配对的项目图片。在大部分情况下(如 70%或 80%概率情况下) A 类项目与 C 类背景配对, B 类项目与 D 类背景配对, 少部分情况下(如 30%或 20%概率情况下) A 类项目与 D 类背景配对, B 类项目与 C 类背景配对(Pupillo, Ortiz-Tudela, Bruckner, & Shing, 2023)。此时仅要求被试学习任务规则, 不要求被试对项目 - 背景配对进行记忆。编码阶段的刺激仍然按照规则学习阶段的方式呈现项目与背景材料的配对, 此时要求被试对该阶段呈现的配对进行记忆。在该阶段, 一些配对符合规则学习阶段的大部分情况, 另一些配对符合规则学习阶段的少部分情况。在测试阶段, 被试对项目图片进行新旧判断, 有些情况下根据研究者的需要会加入二阶测试, 即对项目在编码阶段与何种背景配对进行联结记忆测试(Ortiz-Tudela et al., 2023)。

自然视频刺激观看范式一般采用电影或体育比赛的视频作为材料。被试在学习阶段观看视频, 间隔一段时间后进入测试阶段对视频相关提问进行回忆。在一些观看自然视频刺激的研究中, 研究者在学习阶段设置编码阶段和重激活阶段两个观看环节, 编码阶段为视频材料的原始完整版本, 重激活阶段所有在编码阶段的视频材料被分为两类进行处理, 一类仍然以完整形式播放, 另一类在视频中的事件结果出现之前被打断。被试在重激活阶段观看完两类视频材料之后进行回忆测试(Siestrup & Schubotz, 2023; Sinclair & Barense, 2018; Sinclair, Manalili, Brunec, Adcock, & Barense, 2021)。

5. 预测误差影响情景记忆的研究进展

5.1. 预测误差与情景记忆的编码

在编码阶段, 个体经历的不同类别的预测误差能够影响其后续的情景记忆。对于奖赏预测误差而言, 决策过程中正向的奖赏预测误差可以增强记忆编码(Jang, Nassar, Dillon, & Frank, 2019)。此外, 腹侧纹状体和海马之间的功能连接在社会领域的积极奖赏预测误差情况下能够显著促进情景记忆的编码, 从神经机制层面揭示了奖赏预测误差对情景记忆编码的作用(Mihara, Izumika, & Tsukiura, 2023)。这些结果从不同程度上支持了强化学习理论的观点, 并且表明不同的奖赏预测误差在情景记忆的编码环节可以调节后续情景记忆表现。对于感官预测误差而言, 新皮层 - 内侧颞叶回路(neocortical-medial temporal lobe circuits)与视觉接收信息形成情景记忆表征有关, 当后续输入信息与个体的预测不一致时, 视觉相关区域和内侧颞叶区域发出 80~120 Hz 的预测误差信号, 说明预测误差的发生能够改变情景记忆编码相关的脑活动模式(Haque, Inati, Levey, & Zaghoul, 2020)。此外, 感官预测误差对情景记忆的影响也存在模式完成和模式分离的参与(Bein, Gasser, Amer, Maril, & Davachi, 2023)。具体而言, 感官预测误差发生时, 输入的信息与先验知识不匹配, 神经网络之间的共同节点也较少, 因此在神经过程上更多发生模式分离, 以增强个体对情景信息的记忆。

5.2. 预测误差与情景记忆的再巩固

情景记忆在编码完成后在大脑皮层形成情景记忆表征, 若表征被线索激活, 便会处于一种不稳定状态, 此时的情景记忆表征非常容易被外界信息输入改变。该过程被称为情景记忆的再巩固(reconsolidation)。在一些情景记忆研究中, 学习阶段编码完成后, 呈现不完整的提示信息制造预测误差是一种能够引起情景记忆再巩固的手段(Sinclair & Barense, 2019), 情景记忆的再巩固过程对情景记忆的影响与重激活的强弱有关, 对旧项目越强的重激活能够帮助个体有更好的情景记忆表现, 而与原刺激材料相比仅仅做出微小的改变的线索引起的感官预测误差仍然使情景记忆保持稳定(Gura, Davidson, & Gotthard, 2020; St. Jacques & Schacter, 2013)。已有研究表明, 感官预测误差引起情景记忆再巩固以修改情景记忆, 该过程是通过调节海马活动进行的(Sinclair et al., 2021)。对于奖赏预测误差而言, 目前较少有研

究直接探讨其对情景记忆的影响。不过由于预测误差是引起情景记忆再巩固的必要条件，奖赏预测误差可能在某种程度上能够调节情景记忆(Ergo, De Loof, & Verguts, 2020)，这一点有待后续研究进一步验证。

5.3. 预测误差与情景记忆的提取

对于情景记忆的提取阶段而言，奖赏预期误差与感官预期误差通过不同的途径影响个体的情景记忆表现。在奖赏预测误差方面，有标记的奖赏预测误差相关的腹侧纹状体活动能够预测后续回忆时的情景记忆表现，说明腹侧纹状体的活动对受奖赏预测误差影响的情景记忆的正确提取有显著的作用(Calderon et al., 2021)。在感官预测误差方面，对于不同的年龄组而言，老年人群体相比于年轻人群体在面对感官预测误差时更容易将目标无关的信息提取出来，这有可能是老年人情景记忆更新表现较弱的原因之一(Stawarczyk, Wahlheim, & Zacks, 2023)。海马在感官预测误差影响记忆的过程中起到非常重要的作用，并且海马中不同的区域对情景记忆的提取过程起到不同的作用。具体而言，在情景记忆提取过程中，海马前部的活动反映特定记忆的一般背景，而后部的活动反映情景记忆的具体细节(Audrain & McAndrews, 2022)。

6. 总结与展望

本文从预测误差的概念出发，介绍了当前研究领域对预测误差的分类及与不同类别预测误差相关的理论、预测误差的测量方式和相关指标，回顾梳理了不同类别的预测误差对情景记忆不同阶段所产生的影响的研究。奖赏预测误差和感官预测误差作为预测误差的不同类别，对情景记忆的影响既存在共同点，也存在各自的特点。例如，在奖赏预测误差出现时，其对积极奖赏预测误差和叙事视频中的感官预测误差都能够提高情景记忆的表现，并且该影响过程都存在海马的参与。奖赏预测误差影响情景记忆时有腹侧纹状体的参与，而感官预测误差对情景记忆的影响主要与海马有关，如果输入信息涉及情绪，可能还存在杏仁核等区域的参与。

预测误差影响情景记忆的研究领域仍然存在可以继续研究探讨的问题。首先，当前的各类预测误差对情景记忆的影响相关的研究群体主要集中于成年人群体，对于老年人群体和儿童青少年群体研究较少，未来可以在各类预测误差研究中拓宽研究群体的年龄范围，以探讨各类预测误差对情景记忆的影响在生命全程当中的变化趋势，进而建立生命全程中预测误差如何影响情景记忆的理论框架。此外，对于奖赏预测误差而言，当奖赏信息与项目的配对编码完成形成记忆表征后，是否会因为重激活或者干扰线索引发奖赏预测误差，使已有情景记忆表征发生再巩固，进而引起情景记忆的变化，仍然等待进一步的探讨。未来的研究可以借鉴感官预测误差引发已有情景记忆表征再巩固的范式，根据研究问题进行改编，以探索奖赏预测误差对情景记忆再巩固以及对个体后续情景记忆表现的影响。

参考文献

- 龙翼婷, 姜英杰, 崔璨, 岳阳(2023). 奖赏预测误差对项目 and 联结记忆影响的分离: 元记忆的作用. *心理学报*, 55(6), 877-891.
- Antony, J. W., Hartshorne, T. H., Pomeroy, K., Gureckis, T. M., & Norman, K. A. J. N. (2021). Behavioral, Physiological, and Neural Signatures of Surprise during Naturalistic Sports Viewing. *bioRxiv*, 1-14. <https://doi.org/10.1101/2020.03.26.008714>
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1977). Human Memory: A Proposed System and Its Control Processes. In G. Bower (Ed.), *Human Memory* (pp. 7-113). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-121050-2.50006-5>
- Audrain, S., & McAndrews, M. P. (2022). Schemas Provide A Scaffold for Neocortical Integration of New Memories Over Time. *Nature Communications*, 13, Article No. 5795. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33517-0>
- Bein, O., Gasser, C., Amer, T., Maril, A., & Davachi, L. (2023). Predictions Transform Memories: How Expected versus Unexpected Events Are Integrated or Separated in Memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 153, Article

105368. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105368>
- Calderon, C. B., De Loof, E., Ergo, K., Snoeck, A., Boehler, C. N., & Verguts, T. (2021). Signed Reward Prediction Errors in the Ventral Striatum Drive Episodic Memory. *Journal of Neuroscience*, *41*, 1716-1726. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1785-20.2020>
- Chumbley, J. R., Burke, C. J., Stephan, K. E., Friston, K. J., Tobler, P. N., & Fehr, E. (2014). Surprise beyond Prediction Error. *Human Brain Mapping*, *35*, 4805-4814. <https://doi.org/10.1002/hbm.22513>
- Den Ouden, H. E. M., Kok, P., & De Lange, F. P. (2012). How Prediction Errors Shape Perception, Attention, and Motivation. *Frontiers in Psychology*, *3*, Article 548. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00548>
- Dercksen, T. T., Widmann, A., & Wetzell, N. (2023). Salient Omissions-Pupil Dilation in Response to Unexpected Omissions of Sound and Touch. *Frontiers in Psychiatry*, *14*, Article 1143931. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1143931>
- Ergo, K., De Loof, E., & Verguts, T. (2020). Reward Prediction Error and Declarative Memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *24*, 388-397. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.02.009>
- Fong, C. Y., Law, W. H. C., Uka, T., & Koike, S. (2020). Auditory Mismatch Negativity under Predictive Coding Framework and Its Role in Psychotic Disorders. *Frontiers in Psychiatry*, *11*, Article 557932. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.557932>
- Gura, H., Davidson, A., & Gotthard, G. H. (2020). Prediction Error Parameters for Visuospatial Interference: Minimal Prediction Errors Leave Positive Declarative Memory Intact Following Visuospatial Word Search Interference. *Learning and Motivation*, *72*, Article 101674. <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2020.101674>
- Haque, R. U., Inati, S. K., Levey, A. I., & Zaghoul, K. A. (2020). Feedforward Prediction Error Signals during Episodic Memory Retrieval. *Nature Communications*, *11*, Article No. 6075. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19828-0>
- Harris, D. J., Arthur, T., Vine, S. J., Liu, J., Abd Rahman, H. R., Han, F., & Wilson, M. R. (2022). Task-Evoked Pupillary Responses Track Precision-Weighted Prediction Errors and Learning Rate during Interceptive Visuomotor Actions. *Scientific Reports*, *12*, Article No. 22098. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26544-w>
- Jang, A. I., Nassar, M. R., Dillon, D. G., & Frank, M. J. (2019). Positive Reward Prediction Errors during Decision-Making Strengthen Memory Encoding. *Nature Human Behaviour*, *3*, 719-732. <https://doi.org/10.1038/s41562-019-0597-3>
- Kunavar, T., Cheng, X. X., Franklin, D. W., Burdet, E., Babic, J., & Roemmich, R. T. (2023). Explicit Learning Based on Reward Prediction Error Facilitates Agile Motor Adaptations. *PLOS ONE*, *18*, e0295274. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295274>
- Mihara, M., Izumika, R., & Tsukiura, T. (2023). Remembering Unexpected Beauty: Contributions of the Ventral Striatum to the Processing of Reward Prediction Errors Regarding the Facial Attractiveness in Face Memory. *NeuroImage*, *282*, Article 120408. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2023.120408>
- Ortiz-Tudela, J., Nolden, S., Pupillo, F., Ehrlich, I., Schommartz, I., Turan, G., & Shing, Y. L. (2023). Not What U Expect: Effects of Prediction Errors on Item Memory. *Journal of Experimental Psychology-General*, *152*, 2160-2176. <https://doi.org/10.1037/xge0001367>
- Pupillo, F., Ortiz-Tudela, J., Bruckner, R., & Shing, Y. L. (2023). The Effect of Prediction Error on Episodic Memory Encoding Is Modulated By the Outcome of the Predictions. *npj Science of Learning*, *8*, Article No. 18. <https://doi.org/10.1038/s41539-023-00166-x>
- Randeniya, R., Oestreich, L. K. L., & Garrido, M. I. J. E. (2018). Sensory Prediction Errors in the Continuum of Psychosis. *Schizophrenia Research*, *191*, 109-122. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2017.04.019>
- Rouhani, N., Norman, K. A., & Niv, Y. (2018). Dissociable Effects of Surprising Rewards on Learning and Memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *44*, 1430-1443. <https://doi.org/10.1037/xlm0000518>
- Siestrup, S., & Schubotz, R. I. (2023). Minor Changes Change Memories: Functional Magnetic Resonance Imaging and Behavioral Reflections of Episodic Prediction Errors. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *35*, 1823-1845. https://doi.org/10.1162/jocn_a_02047
- Sinclair, A. H., & Barense, M. D. (2018). Surprise and Destabilize: Prediction Error Influences Episodic Memory Reconsolidation. *Learning & Memory*, *25*, 369-381. <https://doi.org/10.1101/lm.046912.117>
- Sinclair, A. H., & Barense, M. D. J. (2019). Prediction Error and Memory Reactivation: How Incomplete Reminders Drive Reconsolidation. *Trends in Neurosciences*, *42*, 727-739. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2019.08.007>
- Sinclair, A. H., Manalili, G. M., Brunec, I. K., Adcock, R. A., & Barense, M. D. (2021). Prediction Errors Disrupt Hippocampal Representations and Update Episodic Memories. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *118*, e2117625118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2117625118>
- St. Jacques, P. L., & Schacter, D. L. J. P. (2013). Modifying Memory: Selectively Enhancing and Updating Personal Memories for a Museum Tour by Reactivating Them. *Psychological Science*, *24*, 537-543. <https://doi.org/10.1177/0956797612457377>

- Stawarczyk, D., Wahlheim, C. N., & Zacks, J. M. (2023). Adult Age Differences in Event Memory Updating: The Roles of Prior-Event Retrieval and Prediction. *Psychology and Aging, 38*, 519-533. <https://doi.org/10.1037/pag0000767>
- Sutton, R., & Barto, A. (1998). Reinforcement Learning: An Introduction (Adaptive Computation and Machine Learning). *IEEE Transactions on Neural Networks, 9*, 1054. <https://doi.org/10.1109/TNN.1998.712192>
- Tulving, E. (2002). Episodic Memory: From Mind to Brain. *Annual Review of Psychology, 53*, 1-25. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135114>
- Zacks, J. M., & Swallow, K. M. (2007). Event Segmentation. *Current Directions in Psychological Science, 16*, 80-84. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2007.00480.x>