

生成式 AI 打字機效果對閱讀歷程與理解的影響:眼動追蹤研究

The Impact of Generative AI Typewriter Effects on Reading: An Eye-Tracking Study

廖會心

台灣師範大學教育心理與輔導學系

allisonliao0120@gmail.com

【摘要】 目前 ChatGPT 等主流 AI 對話介面多以逐字呈現的打字機效果來顯示內容，然此動態文本形式對讀者的閱讀歷程、理解和認知負荷的實質影響仍缺乏探討。本研究運用眼動追蹤技術，比較靜態與動態文字呈現方式對閱讀所造成的影響。透過受試者內設計，15 名成年受試者閱讀兩頁國術主題文本，分別以靜態與動態方式呈現。結果顯示，兩種呈現方式僅在平均跳視幅度達顯著差異。相關分析揭示靜態文本中較大的跳視幅度有助於理解，而動態文本中較多的回視則與較佳表現相關。研究發現受試者可能已發展出適應性策略，但動態文本閱讀時的回視行為對理解仍至關重要。

【關鍵字】 打字機效果；眼動追蹤；認知負荷；閱讀策略；生成式人工智慧

Abstract: Mainstream AI chatbots like ChatGPT employ typewriter effects that display text character-by-character, yet their effects on reading processes, comprehension, and cognitive load remain underexplored. Using eye-tracking technology, this study compared the effects of static versus dynamic text presentation on reading. Fifteen adults read two martial arts texts in a within-subjects design, presented statically and dynamically. Results showed significant differences only in average saccade amplitude between conditions. Correlation analyses revealed that larger saccade amplitudes facilitated comprehension in static texts, while more regressions correlated with better performance in dynamic texts. Findings suggest readers may have developed adaptive strategies, though regression strategies remain crucial for comprehension when reading dynamic texts.

Keywords: Typewriter Effect, Eye Tracking, Cognitive Load, Reading Strategies, Generative AI

1. 前言

隨著生成式人工智慧技術的快速發展，以大型語言模型(Large Language Models)為基礎的對話系統已廣泛應用於各類資訊搜尋與內容生成的情境。其中，ChatGPT 等主流 AI 對話介面皆是以打字機效果(typewriter effect)，即逐字逐句的動態形式來生成文字(Williams-Ceci et al., 2024)。然而，這種動態的呈現方式究竟如何影響使用者的閱讀行為、理解效果和認知負荷，卻仍缺乏實證研究予以解答。從多媒體學習的理論視角來看，Mayer(2005)的多媒體學習認知理論(Cognitive theory of multimedia learning)和 Sweller(2011)的認知負荷理論 (Cognitive load theory)皆指出當學習者能夠自主控制節奏時，通常能獲得更好的學習效果(Mayer & Chandler, 2001; Schmidt-Weigand et al., 2010)。然而，打字機效果恰恰是一種不可控速的強制節奏呈現方式，因此有可能造成讀者更高的認知負擔，並阻礙閱讀理解。

過去的研究探討了文字呈現方式對閱讀行為的影響。例如 Chen 與 Lin(2016)在針對行動閱讀的研究中發現，混合型文字顯示(即結合靜態與動態特徵)對讀者產生最高的認知負荷，其次為動態型，而靜態型則為最低。Nurmahanani(2024)的研究亦證實，文字顯示類型是影響學

習者認知負荷的主要因素：當動態呈現的速度與個人閱讀習慣有所衝突，便可能會增加讀者外在認知負荷(extraneous cognitive load)。

儘管如此，目前此議題的研究仍存在以下缺口。首先，現有研究多採用問卷量表或行為意圖測量，缺乏對閱讀過程的即時、客觀測量。眼動追蹤技術能夠精確記錄使用者的注視軌跡、注視時間與眼動模式，是理解閱讀認知歷程的重要工具(Rayner, 1998)，但目前尚未有研究採用眼動追蹤方法來比較靜態與動態文字呈現所造成的閱讀行為差異。其次，關於打字機效果對學習成效的實質影響仍缺乏實徵證據。雖然 Williams-Ceci 等人(2024)的研究發現打字機效果會提升使用者對資訊的信任度，但並未探討這種呈現方式是否真正促進資訊理解與記憶。第三，認知負荷理論在此情境中的應用仍待驗證。儘管 Chen 與 Lin(2016)等研究證實動態文字會增加認知負荷，但這些研究多針對行動閱讀或快速捲動文字(scrolling)，這與 AI 對話介面的打字機效果的呈現上存在差異。有鑑於此，本研究的目的即為探討靜態與動態(打字機效果)兩種文字呈現方式下，學習者在閱讀文章時的眼動歷程差異、認知負荷差異與學習表現差異，以填補當前的研究缺口。

2. 文獻回顧

2.1. 動態文字呈現對閱讀歷程的影響

過去研究顯示，不同形式的動態文字呈現可能影響讀者的眼動行為。Schmidt-Weigand 等人(2010)的研究比較了系統控制節奏與學習者自主控制節奏的多媒體學習，發現當學習者能夠自主控制學習節奏時，他們主要將額外時間用於閱讀文字，而非觀看動態視覺內容，這顯示學習者會根據個人需求調整閱讀行為。此外，Harvey 等人(2019)的研究發現，閱讀水平捲動的動態文字時，讀者向右側的知覺範圍會縮小，這增加了文字處理的難度。這些研究皆顯示動態文字呈現可能會改變讀者的眼動模式，以及影響其資訊處理的效率。

2.2. 動態文字呈現對認知負荷的影響

關於動態文字呈現對認知負荷的影響，Chen 與 Lin(2016)以及 Nurmahanani(2024)的研究結果一致顯示混合型文字產生最高的認知負荷，並認為主要原因在於文字以固定速度移動的方式與個人閱讀習慣產生衝突，因此增加了讀者的外在認知負荷(Chen & Lin, 2016; Nurmahanani, 2024)。然而這些研究聚焦於行動裝置上的自動捲動(auto-scrolling)等特定動態文字呈現方式，這些呈現特性與 AI 對話介面的打字機效果仍有所差異。

2.3. 動態文字呈現對閱讀理解的影響

閱讀理解是閱讀的最終目標，其涉及對文本意義的建構與整合(Kintsch, 2005)。關於動態文字呈現如何影響閱讀理解，現有研究的結果十分複雜。Chen 與 Lin(2016)、Nurmahanani(2024)的研究發現文字顯示類型對整體閱讀理解能力沒有顯著影響，但在細分為記憶、理解與應用三種題型時則有顯著差異。例如 Nurmahanani(2024)發現，在記憶型題目上靜態文字的得分高於混合文字，但在理解型題目上則是混合文字的表現優於靜態文字。該研究認為混合文字以恆定速度呈現文字，迫使讀者放慢並調整閱讀速度以配合文字移動節奏，這種適應性調整過程反而促進了對文本的深層理解。

也就是說，讀者在面對不同文字呈現方式時可能會採用不同的閱讀策略來適應與調節。閱讀策略是指讀者在閱讀過程中有意識地選擇和控制的行動，目的是達成特定的閱讀目標或增強閱讀理解(Nguyen, 2022)。如同 Schmidt-Weigand 等人(2010)的研究指出，當學習者能夠自主控制學習節奏時，先前在系統控速條件下觀察到的某些負面效應會減弱甚至消失。然而需注意的是，慢速閱讀可能表示讀者經歷了理解困難，也可能是刻意放慢速度以加強理解的一種閱讀策略(Miller, 2015)。這意味著，即便是透過眼動追蹤方法捕捉到的閱讀模式也未必能

夠用於預測閱讀理解表現(Jian et al., 2019)。為了捕捉這個差距，本研究亦透過簡單的事後訪談來進一步確認讀者在閱讀時的想法與採用的策略，以利進一步探討這些策略是否會改變文字動態呈現所造成的影響。

基於前述的文獻回顧，本研究提出以下四個研究問題: RQ1: 靜態與動態文字呈現方式是否會導致不同的眼動行為模式? RQ2: 靜態與動態文字呈現方式是否會產生不同程度的認知負荷? RQ3: 靜態與動態文字呈現方式是否會影響閱讀理解表現? RQ4: 讀者的個人特徵、眼動指標、閱讀策略與其閱讀理解表現的關聯?

3. 研究方法

3.1. 研究對象

本研究採用便利抽樣法(convenience sampling)向就讀或服務於本校者進行招募。受試者需符合以下三項條件: (1)年滿 18 歲以上的中文母語者; (2)近視不超過 800 度且散光不超過 200 度者; (3)無斜視或眼球震顫等疾患者。本研究共計施測 16 名受試者，其中一名因技術問題遺失資料，故最終有效樣本為 15 名，含男性 3 名、女性 12 名，平均年齡為 30.4 歲($SD=5.63$)。

3.2. 研究環境與工具

實驗施測地點為校內眼動追蹤專用實驗室，使用 EyeLink 1000 眼動儀與下巴架。眼動校正採用 13 點模式，取樣率為 1000Hz。其中一名受試者改追蹤左眼後通過眼動校正，其餘受試者皆為追蹤右眼。螢幕尺寸為 24 吋，解析度為 1920*1200 像素。

3.3. 研究材料

3.3.1. 紙本前測問卷

問卷包含基本資料調查、近期使用生成式 AI 工具的頻率、對學習主題的先備經驗，以及成就導向量表(附錄一)。成就導向量表參考並改編自 Elliot 等人(2011)提出的 3×2 成就目標模型，並採用其中三個子構念：任務趨近目標、他人趨近目標、個人趨近目標。選項採用李克特六點量尺(Likert scale)，1=非常不符合，6=非常符合。

3.3.2. 閱讀文本

文本主題的選擇優先考量受試者群體較為陌生的主題，以盡可能排除其先備知識與閱讀動機對測驗表現的潛在影響。經考量後決定以「國術」為題，並由 Claude.ai 提供 1000 字左右的中文文本，內容涵蓋國術的源起、派別體系、歷史名人、於現代社會的價值等。文本經微幅調整刪減後編排為兩張 PowerPoint 簡報，各包含 584 字及 576 字(附錄二)。

為模擬與 AI 對話時的打字機呈現效果，其中一張簡報的文本設定顯示文字動畫為「依據英文字母或中文字」，字母之間的延遲秒數為 0.02 秒。由於 AI 生成文字的速度受到多種因素的影響(Sandeep, 2024)，並沒有固定的呈現速度，因此速度的設定係研究者錄製 ChatGPT 與 Claude 兩個平台生成答案的畫面後，手動計算兩者生成文字速度的平均值。另一張簡報則不設置任何動畫效果。

3.3.3. 自評理解程度、認知負荷程度、對文本的感受

本研究設計 5 題自評題目以了解受試者閱讀文章後的主觀感受，包含理解的程度: (1)您認為自己對於文章內容的理解程度有多高?(完全不理解-完全理解)、認知負荷程度 2 題: (1)閱讀文章內容耗費了您多少心力?(非常少-非常多)、(2)理解文章內容耗費了您多少心力?(非常少-非常多)，以及對文本的感受 2 題: (1)您認為文章的內容有多像是 AI 產生的?(非常不像-非常像)、(2)您認為文章的呈現有多像是 AI 產生的(如排版、字型、出現的方式等)?(非常不像-非常像)。選項皆採用李克特六點量尺並條列顯示在螢幕上。

3.3.4. 閱讀測驗題

使用 Claude.ai 針對文本內容生成 12 道選擇題，對應兩頁文本的內容各 6 題，含記憶層次 3 題與理解層次 3 題(附錄三)。每題選項設計為四選一的單選題，並另提供「完全想不到答案」的選項，以免隨意猜題而降低測驗結果的可參考性。螢幕上每次僅會呈現一題，受試者按鍵回答後無法修改答案，作答時間無限制。每答對一題得 1 分，故總分為 0-12 分。

3.3.5. 閱讀策略

研究者在實驗結束後詢問受試者：「您在閱讀動態文章時採用了什麼方式閱讀？」具體而言，受試者可能會隨著每個字的出現立即閱讀，或是等待一個完整的句子或段落顯示完畢後再開始閱讀。這些不同的閱讀行為模式可能反映了受試者對動態文本呈現的適應策略，以及其在閱讀歷程中的認知處理偏好。

3.4. 研究設計與流程

本研究採用受試者內設計(within-subjects design)，每位受試者均會閱讀兩頁國術主題的文本，兩頁分別以靜態呈現和打字機效果呈現，並平衡呈現順序以控制順序效應。受試者會被隨機分配到任一種呈現順序當中。

實驗流程如下：主試者說明研究目的，待受試者簽署知情同意書後正式開始實驗。首先請受試者填寫紙本問卷，完成後進行眼動追蹤校正。校正通過者，即開始閱讀第一頁文本。閱讀完畢時受試者需自行按鍵以結束閱讀，唯若閱讀超過 2 分鐘時亦會自動進入自評階段。此階段受試者需自評其對文本的理解程度、認知負荷程度、對文本的感受，以手勢回應所選數字並由主試者進行記錄。接著進行第二頁文本閱讀，進行方式如同前述。最後受試者進行測驗答題，並分享其採用的閱讀策略。整個實驗流程耗時約 15-25 分鐘。

3.5. 資料蒐集與分析

3.5.1. 眼動指標

本研究採集以下眼動指標數據：(1)總凝視次數(Total fixation count)與總凝視時間(Total fixation duration)：反映讀者閱讀文本時的認知投入程度(王孜甯、簡郁芬, 2022)。(2)平均凝視時間(Mean fixation duration)：指讀者在每個凝視點上平均的停留時間長度(王孜甯、簡郁芬, 2022)。(3)跳視次數(Saccade count)：指讀者視線發生跳移的總次數(Jiang et al., 2019)。(4)平均跳視幅度(Average saccade amplitude)或平均跳移距離(Mean saccade length)：指讀者在閱讀時，每兩個連續凝視點之間的平均距離(王孜甯、簡郁芬, 2022)。(5)回視次數(Regression count)：反映讀者對於文本的晚期認知處理，計算方式為離開某個興趣區域(Area of Interest, AoI)後再次進入該 AoI 的凝視點之次數加總(王孜甯、簡郁芬, 2022)。本研究設定文章每五行畫一個 AoI，每頁文章會有三個 AoI，且每個 AoI 的大小皆相同(附錄二)。(6)平均瞳孔大小(Average pupil size)：反映讀者在閱讀時的認知負荷程度。相關研究指出當讀者在高認知需求的任務中或認知負荷越高時，則瞳孔擴張越明顯(Biondi et al., 2023; Ekin et al., 2025)。(7)眨眼次數(Blink count)：可能反映讀者的疲勞狀態；研究指出隨著任務時間增加，受試者的眨眼率有提升趨勢(Stern et al., 1994)，並且也反映出高認知負荷(Biondi et al., 2023)。

3.5.2. 資料分析

眼動指標及按鍵行為數據均從 SR Research Data Viewer(version 5.1.1)軟體導出，並採用 JASP(version 0.18.2)進行描述性統計、相關分析及相依樣本 t 檢定(paired sample t test)。因樣本量較小，相關分析採用 Spearman's rho，相依樣本 t 檢定則採用 Wilcoxon signed-rank test，以確保分析結果的可靠性。

4. 研究結果

4.1. 靜態與動態文字呈現方式是否會導致不同的眼動行為模式?(RQ1)

如表 1 所示，僅平均跳視幅度在兩條件間達顯著差異：受試者閱讀動態文本時的跳視幅度顯著大於靜態文本($p = .010$)。其餘五項指標均未達顯著差異。

表 1

靜態與動態文本呈現下的眼動指標差異分析

眼動指標	靜態文本 $M(SD)$	動態文本 $M(SD)$	z	p	r
總凝視次數	333.60 (92.36)	319.00 (107.01)	0.97	.349	.28
平均凝視時間	228.47 (20.61)	232.91 (19.33)	-0.68	.524	-.20
總凝視時間	76905.45 (23627.13)	74437.20 (24517.72)	0.40	.720	.12
平均跳視幅度	4.826 (1.164)	5.298 (1.039)	-2.50	.010	-.73
跳視次數	356.53 (84.60)	343.20 (105.18)	1.00	.330	.31
回視次數	6.47 (4.27)	7.53 (4.53)	-0.76	.476	-.26

$N = 15$, r 為 rank-biserial correlation 效果量

4.2. 靜態與動態文字呈現方式是否會產生不同程度的認知負荷?(RQ2)

如表 2 所示，受試者於閱讀文本所耗費的心力、理解文本所耗費的心力，以及眨眼次數在兩種呈現條件間均未達顯著差異。瞳孔大小方面，受試者閱讀動態文本時的平均瞳孔大小較閱讀靜態文本時大，但此差異未達統計顯著水準($p = .073$)。

表 2

靜態與動態文本呈現下的認知負荷差異分析

認知負荷指標	靜態文本 $M(SD)$	動態文本 $M(SD)$	z	p	r
閱讀心力投入	3.67 (1.35)	3.60 (1.12)	0.34	.792	.14
理解心力投入	4.13 (1.30)	4.13 (1.25)	-0.06	1.000	-.02
平均瞳孔大小	698.56 (225.97)	720.97 (242.75)	-1.82	.073	-.53
眨眼次數	24.60 (23.86)	27.87 (29.45)	-0.98	.346	-.32

4.3. 靜態與動態文字呈現方式是否會影響閱讀理解表現?(RQ3)

如表 3 所示，受試者的閱讀測驗總分以及區分記憶題與理解題後的測驗分數在兩種呈現條件間均未達顯著差異。

表 3

靜態與動態文本呈現下的閱讀測驗表現差異分析

測驗表現指標	靜態文本 $M(SD)$	動態文本 $M(SD)$	z	p	r
總得分	3.13 (1.30)	3.40 (1.40)	-0.71	.478	-.24
記憶題得分	1.33 (0.82)	1.33 (0.82)	0.07	1.000	.03
理解題得分	1.80 (0.94)	2.07 (0.88)	-0.91	.336	-.29

4.4. 讀者的個人特徵、眼動指標、閱讀策略與其閱讀理解表現的關聯?(RQ4)

由於本研究樣本量較小且 RQ4 之相關分析屬探索性質（旨在產生假設而非驗證），結果解讀應保持審慎。如附錄四所示，受試者日常使用 AI 的頻率、成就導向程度與其各項表現均無相關。對於國術的先備經驗僅與靜態文章答對題數呈正相關，未與動態文章答題表現達顯著相關。受試者自評閱讀靜態文章時所耗費的心力及眨眼次數與其測驗表現呈負相關；動態文章部分，受試者的瞳孔大小與記憶題的測驗分數呈負相關。靜態與動態文章的測驗表現也分別與不同眼動指標具相關性：靜態文章部分，受試者的平均跳視幅度與測驗得分呈顯著正相關；動態文章部分，則是回視次數與測驗得分具有顯著的正向關聯性。

此外，本研究從訪談中彙整出閱讀動態文本時的三種主要策略：(1)跟隨者：有嘗試想要跟著動態文字逐字閱讀(5 人)；(2)等待者：會等文字跑完或等一陣子再開始閱讀(5 人)；(3)自我步調者：依照自己平常的習慣與速度來閱讀，不認為自己有受到動態文字的影響(4 人)。最後，有 1 位受試者表示並未注意到實驗過程中有出現動態文本。本研究進一步將這三種自陳的閱讀策略進行 Kruskal-Wallis H 檢定(附錄五)，結果顯示三組在各項眼動指標、認知負荷指標與測驗表現上均無顯著的組間差異。

5. 討論與結論

本研究發現閱讀動態文本時的跳視幅度較靜態文本大，顯示動態文本確實影響了讀者的閱讀歷程。這個發現與過往有關動態文字的相關研究一致：Harvey 等人(2017)發現讀者會用眼睛追蹤水平滾動的文字。而 Uetsuki 等人(2017)雖未使用眼動追蹤方法，但他們發現動態呈現存在最佳呈現速度，暗示動態呈現的文本確實會影響閱讀歷程。此現象也在研究問題四的相關分析中獲得進一步驗證：靜態文章的閱讀表現與平均跳視幅度最為相關，而動態文章的閱讀表現則與回視次數關聯最大。這顯示兩種文本呈現方式可能有各自關鍵的閱讀策略。在靜態文字閱讀情境下，較大的跳視幅度通常反映更有效率的資訊擷取能力，讀者能夠在每次跳視中處理更多訊息(王孜甯、簡郁芬，2022)。而動態文章的呈現方式因為文字逐字出現，可能改變了讀者的閱讀節奏，這導致讀者必須更頻繁回頭重新閱讀(反映在回視次數上)，才能有效理解文章內容。值得注意的是，相關分析結果也顯示，閱讀動態文章時是否採用回視策略比其先備經驗更能預測理解表現，突顯了閱讀策略在動態文本閱讀中的關鍵作用。

在認知負荷相關的指標中，僅瞳孔大小顯示動態文本可能引發較高的認知負荷，儘管此差異未達統計顯著，但效果量($r = -.53$)顯示兩條件間存在中等至大的實質差異。瞳孔擴大被廣泛認為是認知負荷增加的生理指標(Biondi et al., 2023; Ekin et al., 2025)，本研究觀察到的方向也與認知負荷理論預期一致。受試者自評的心力投入程度以及眨眼次數均未顯示兩條件間的差異，這可能反映出：(1)自評量表對於細微的認知負荷差異較不敏感，無法捕捉到生理層面的變化；(2)打字機效果對認知負荷的影響主要體現在生理層面而非主觀感受；或(3)眨眼次數可能受到多重因素影響(如疲勞等)，不如瞳孔大小對任務相關認知負荷敏感(Stern et al., 1994)。

本研究亦發現兩種文本呈現方式並未造成閱讀測驗表現上的差異，此結果可能反映受試者在兩種條件下的眼動閱讀歷程與認知負荷本就差異不大。總結而言，動態文本對受試者的影響性不如原先預期來得高，此結果可能起因於受試者已經發展出適應性的動態文字閱讀策略；例如，有 8 位受試者平均每日使用生成式 AI 平台超過 1 小時，甚至有受試者未注意到有動態文字出現，這些可能都支持了此項推論。然而不可忽略的是，閱讀打字機效果的文章時，頻繁地回頭閱讀(即回視)仍對文意的理解至關重要。本研究透過多重測量指標的分析與互相解釋驗證，為 AI 對話介面對閱讀的影響提供了實證基礎。

6. 限制與未來研究方向

本研究存在數個研究上的限制。首先，本研究的樣本量較小，這可能導致即使效果量達到中大程度，也可能因統計檢定力不足而未達顯著水準；此外有超過半數的受試者為高度 AI 工具使用者(即每日使用超過 1 小時)，由於他們可能已適應打字機效果的呈現方式，因此在兩種文本中的閱讀歷程與感受亦無明顯的差異。建議未來的研究需要擴大樣本量及樣本多樣性。第二，本研究閱讀測驗的整體得分偏低，可能存在地板效應，導致兩種文本呈現條件間的理解表現差異難以被測驗分數所捕捉；未來研究應透過先導測試(pilot study)確認題目難易度的適切性。第三，本研究的動態文本雖然一開始以打字機效果呈現，但動畫播放結束後畫面

即靜止，這可能也導致了兩種文本呈現方式缺乏足夠明顯的差異。由於本研究採用的文本內容篇幅較長、資訊量偏大，因此需要預留足夠時間予受試者閱讀。未來研究可嘗試替換為更生活化、易讀的文本內容，縮短動態效果結束後停留的時間，以增加兩種文本的差異性。此外，本研究每種呈現條件各對應一篇固定文本，文本內容與呈現條件之間存在潛在的混淆；未來研究應採完全交叉設計，以分離呈現方式效果與文本本身特性的影響。最後，未來研究亦可進一步操弄打字機效果的呈現速度，以探討速度變項對閱讀歷程的影響。

本研究之附錄資料已上傳至 OSF:

https://osf.io/dk4gu/overview?view_only=aa3d1dfb256f40359152feec77419030

參考文獻

- 王孜甯、簡郁芬(2022)。科學圖文閱讀眼動研究之系統回顧。 *教育心理學報*, 53(4), 773–800。 [https://doi.org/10.6251/BEP.202206_53\(4\).0001](https://doi.org/10.6251/BEP.202206_53(4).0001)
- Anderl, C., Klein, S. H., Sarigül, B., Schneider, F. M., Han, J., Fiedler, P. L., & Utz, S. (2024). Conversational presentation mode increases credibility judgements during information search with ChatGPT. *Scientific Reports*, 14(1), 17127. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67829-6>
- Biondi, F. N., Saberi, B., Graf, F., Cort, J., Pillai, P., & Balasingam, B. (2023). Distracted worker: Using pupil size and blink rate to detect cognitive load during manufacturing tasks. *Applied ergonomics*, 106, 103867. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103867>
- Chen, C. M., & Lin, Y. J. (2016). Effects of different text display types on reading comprehension, sustained attention and cognitive load in mobile reading contexts. *Interactive Learning Environments*, 24(3), 553–571. <https://doi.org/10.1080/10494820.2014.891526>
- Ekin, M., Krejtz, K., & Krejtz, I. (2025). Cognitive load and oculometrics in the educational scenarios: A systematic review and meta-analysis. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 9(3), 1–19. <https://doi.org/10.1145/3725832>
- Elliot, A. J., Murayama, K., & Pekrun, R. (2011). A 3×2 achievement goal model. *Journal of educational psychology*, 103(3), 632–648. <https://doi.org/10.1037/a0023952>
- Harvey, H., Godwin, H. J., Fitzsimmons, G., Liversedge, S. P., & Walker, R. (2017). Oculomotor and linguistic processing effects in reading dynamic horizontally scrolling text. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 43(3), 518–536. <https://doi.org/10.1037/xhp0000329>
- Harvey, H., Anderson, S. J., & Walker, R. (2019). Increased word spacing improves performance for reading scrolling text with central vision loss. *Optometry and Vision Science*, 96(8), 609–616. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001411>
- Jian, Y. C., Su, J. H., & Hsiao, Y. R. (2019). Differentiated processing strategies for science reading among sixth-grade students: Exploration of eye movements using cluster analysis. *Computers & Education*, 142, 103652. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103652>

- Jiang, J. Y., Guo, F., Chen, J. H., Tian, X. H., & Lv, W. (2019). Applying eye-tracking technology to measure interactive experience toward the navigation interface of mobile games considering different visual attention mechanisms. *Applied Sciences*, 9(16), 3242.
<https://doi.org/10.3390/app9163242>
- Kintsch, W. (2005). An overview of top-down and bottom-up effects in comprehension: The CI perspective. *Discourse processes*, 39(2-3), 125–128.
<https://doi.org/10.1080/0163853X.2005.9651676>
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 41(1), 31–48.
- Mayer, R. E., & Chandler, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages?. *Journal of educational psychology*, 93(2), 390–397. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.2.390>
- Miller, B. W. (2015). Using reading times and eye-movements to measure cognitive engagement. *Educational psychologist*, 50(1), 31–42. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1004068>
- Nguyen, T. B. T. (2022). Reading strategy taxonomies: An overview. *VNU Journal of Foreign Studies*, 38(3). <https://doi.org/10.25073/2525-2445/vnufs.4852>
- Nurmahanani, I. (2024). The effect of text display in mobile reading to reading comprehension, attention, and cognitive. *International Journal of Instruction*, 17(2), 29–48.
<https://doi.org/10.29333/iji.2024.1723a>
- Potter, M. C. (1984). Rapid serial visual presentation (RSVP): A method for studying language processing. In D. E. Kieras & M. A. Just (Eds.), *New methods in reading comprehension research* (pp. 91–118). Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9780429505379-5>
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological bulletin*, 124(3), 372–422.
- Sandeep. (2024, April 11). *Chat GPT response time: Maximising efficiency and speed*. FastBots AI Blog. <https://fastbots.ai/blog/chat-gpt-response-time-maximising-efficiency-and-speed>
- Schmidt-Weigand, F., Kohnert, A., & Glowalla, U. (2010). A closer look at split visual attention in system-and self-paced instruction in multimedia learning. *Learning and instruction*, 20(2), 100–110. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.011>
- Stern, J. A., Boyer, D., & Schroeder, D. (1994). Blink rate: A possible measure of fatigue. *Human factors*, 36(2), 285–297. <https://doi.org/10.1177/001872089403600209>
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. *Psychology of Learning and Motivation*, 55, 37–76.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>
- Uetsuki, M., Watanabe, J., Ando, H., & Maruya, K. (2017). Reading traits for dynamically

presented texts: comparison of the optimum reading rates of dynamic text presentation and the reading rates of static text presentation. *Frontiers in Psychology*, 8, 1390.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01390>

Williams-Ceci, S., Zalmanson, L., Macy, M. W., & Naaman, M. (2024). *Stereo-typing: LLM chatbots' appearance of typing can increase belief in a false stereotype*. OSF Preprints.

<https://doi.org/10.31234/osf.io/eqjsg>