

自我監測工具輔助自我解釋之設計與雛型

Design and Prototype of Self-Monitoring Tools for Self-Explaining

許時傑

元智大學資訊工程所
研究生

e-mail :

s956034@mail.yzu.edu.tw

周志岳

元智大學資訊工程所
助理教授

e-mail :

cychou@saturn.yzu.edu.tw

摘要

自我解釋是能夠適用在各種不同知識領域，且具有相當成效的自我建構學習活動。目前促進自我解釋的方法有事先的訓練和自我解釋後的提示，雖然許多相關研究都已證實這兩種方法對於學生在做自我解釋時具有正面的影響，但仍缺乏在自我解釋時的輔助工具。本研究目的在於設計規劃出輔助自我解釋的非領域相關之自我監測電腦工具，包含「教材了解程度自我監測選單」與「自我解釋方法自我監測選單」。希望能夠藉由此自我監測機制，一來輔助學生在教材理解上有更進一步的認知，並對於自我理解能力做出正確的評估，二來幫助學生在填入自我解釋後，能夠了解其運用自我解釋的何種方法，進而提升自我解釋的品質。

關鍵詞：自我解釋、非領域相關、自我監測。

1. 背景與相關研究

至今已有許多學者投入電腦輔助自我解釋的相關研究，希望找出可以促進學生自我解釋學習成效的輔助機制。本研究主要在研究非領域相關之電腦輔助自我監測工具在自我解釋學習環境的成效以及相關技術開發。主要背景與相關研究分別為自我解釋簡介、促進自我解釋的方法、自我解釋運用層面及影響，以及自我監測部份。

1.1 自我解釋簡介

所謂的自我解釋(self-explaining)，就是學習者為了理解教材或是經由某些媒介所傳達的新資訊，而需要向自己解釋的學習活動(Chi, 2000)。自我解釋是一種可以適用於各種不同領域的建構式活動(constructive activity)，學生在這樣的環境下能夠更主動的學習且確保學

生能更有效的監測自己的理解程度。相關的認知活動包含：產生推論來彌補遺漏的資訊、將教材資訊與先備知識做整合，以及自我監測和修補錯誤的知識。雖然自我解釋可視為一種高要求的認知活動，但其卻是能夠影響學習活動極深的建構行為(Chi & Roy, 2005)。

自我解釋研究最早由季清華等學者提出，其主要嘗試了解學生如何從不完善的教材中學習(Chi *et al.* 1989)。研究中先進行前測來了解學生對於物理牛頓定律的知識，再要求學生一邊閱讀包含範例說明(worked-out example)的物理相關教材，一邊做口頭上的自我解釋，最後再讓學生進行後測的解決問題部份。實驗分析將學生按照後測的成績分為成績較優組(Good)與成績較差組(Poor)，也將自我解釋做概括的分類，分別為解釋類型、監測類型以及其他類型。而結果顯示成績較優組的學生能夠產生更多的自我解釋，對於每個步驟提供佐證，且其自我解釋包含較多關於推論性、先備知識，以及知識連結的種類；反之成績較差組的學生只是不斷的重複教材內容來尋求答案。此外成績較優組的學生更能夠精確的監測自己不懂的部份，且能夠將自範例學習到的理論善加運用在解決問題上；反之成績較差組的學生未產生足夠的自我解釋，且非常依賴範例，可能原因在於，其未能監測到自己實際上可能不了解教材，或是覺得自己已經了解而不用多做解釋。此研究顯示學生間自我解釋的個別差異性，而這些個別差異也影響了學生的學習成效。

除了上述的物理領域研究之外，仍有許多自我解釋相關的研究，皆說明了自我解釋能夠適用在許多不同的領域上，包括生物、程式、數學、法律等領域(Chi & Vanlehn, 1991；Bielaczyc *et al.* 1995；Renkl, 1997；Ainsworth, 2003；Aleven & Ashley, 2006)。此外學者也提

出不同的自我解釋分類，綜合研究(Chi, 2000; Mcnamara, 2004)對於自我解釋的不同分類，統整出以下幾種：

- 一、重述教材內容(rereading)：重複敘述教材的句子
- 二、意譯(paraphrasing)：以自己的方式來敘述教材的內容
- 三、連結性推論(bridging inference)：整合教材中不同的內容，來推論出教材內容未提及的資訊
- 四、領域先備知識推論(elaboration/prior knowledge/domain-specific knowledge inference)：利用領域相關或先備知識來推論出教材內容未提及的資訊
- 五、邏輯性推論(logic and common sense/domain-general knowledge inference)：利用非領域相關的一般性邏輯來推論出教材內容未提及的資訊
- 六、自我監測(self-monitoring)：對於教材內容的理解程度
- 七、預測(predictions)：對於教材後續的內容做出預測

Mcnamara 學者將分類中的重述教材內容和意譯類型視為較低層次的自我解釋，因為其對於學生的理解程度並沒有太大的助益；反倒是能夠增進學生學習成效的連結性推論和自我監測則視為較高層次的自我解釋。

之後 Chi 和 Roy (2005)學者又將自我解釋分成高品質與低品質兩大類，其中高品質的自我解釋(High-quality self-explanation, 簡稱 HSE)為連結性的推論、整合教材內容，以及解釋牽涉到更深入的教材涵義；相對的重述教材內容和意譯則屬於低品質自我解釋(Low-quality self-explanation, 簡稱 LSE)。

1.2 促進自我解釋的方法

目前已有許多研究指出自發性的自我解釋，或是藉由提示來輔助自我解釋，都能夠進一步的讓學生了解教材內容，並建構出更完整的心智模組(mental models)(e.g., Chi & Bassok, 1989; Chi, de Leeuw, Chiu, & LaVancher, 1994; Magliano, Trabasso, & Graesser, 1999; Trabasso & Magliano, 1996)。一些研究也發現學生在做自我解釋的同時若能提供適當的協助，將對於學生的學習成效產生正面的影響。可以促進自我解釋的方法主要分成以下兩種：提示、自我解釋訓練。

一、提示：Chi(1994)等學者比較兩組在閱讀血液循環的教材下進行自我解釋的學

生，實驗中將學生分成兩組，一組進行自我解釋搭配提示，其提示包含一般性提示與特定提示，而另一組學生則以純粹閱讀教材兩次並做自我解釋為主。結果顯示有接受提示的學生，其學習成效較沒有提示組來的好，此外發現同樣是在提示組的學生又可區分為解釋較好者(high explainer)與解釋較差者(low explainer)，而解釋較好的學生產生更多的自我解釋，其對於教材內容也比解釋較差的學生能有更進一步的了解，更能夠在血液循環上獲得較完整的心智模組。經由此次的研究結果，再次說明自我解釋是一種自我建構的學習行為，而這種行為也是因人而異的。

二、自我解釋訓練：透過先前的自我解釋訓練，能夠讓學生了解如何產生更好的自我解釋，以便善加運用自我解釋的方法。在此介紹 Mcnamara(2004)學者在閱讀生物教材的研究中使用 SERT(Self-Explanation Reading Training)方法來訓練學生做自我解釋的能力，其內容包含自我解釋和閱讀策略的教導，以及學生在觀看其他學生自我解釋的影片時，需要指出使用何種策略。比較接受自我解釋訓練的學生與純粹閱讀(read-aloud)的學生，發現先備知識都能增進學生的學習成效；另外再比較接受 SERT 與控制組自我解釋的學生，雖然 SERT 未能對領域知識程度較高的學生有所助益，但領域知識程度較低的學生卻能夠在理解教材與自我解釋品質上有明顯的影響，讓他們在字面問題(text-based question)上表現來的更好。

1.3 自我解釋運用層面及影響

在自我解釋的運用層面上，可分作電腦輔助與非電腦輔助的學習環境，而在電腦輔助自我解釋的環境下又可以分為領域相關(Domain dependent)和非領域相關(Domain independent)兩個部份。

所謂領域相關就是特別針對某種特定領域來做開發，像是 Conati 和 Vanlehn(2000)學者針對物理領域設計出一套輔助自我解釋的選單式介面(menu-based)系統，功能在於追蹤並建立學生的心智模組，進而給予相對應的提示。研究包含兩次實驗，但其中一次的結果卻發現使用自我解釋選單組的學生成效不如純粹閱讀組來的好，導致如此的結果，可能歸因於自我解釋是一種建構式的學習活動，而系統固有的選單，可能限制了學生的自我解釋行為。其後也有學者針對幾何問題在智慧型導學系統(intelligent tutoring system)上新增自我解

釋機制(Aleven & Koedinger, 2002)。學生必須針對幾何問題解決步驟來做自我解釋,且還可以參照系統提供的幾何定理與定義詞彙庫來幫助解題。實驗比較原先的智慧型導學系統與新增自我解釋功能的組別,結果發現使用自我解釋功能的學生較另一組能有更好的表現,實驗也發現能夠正確的解釋解題步驟的學生往往在轉移問題上會有更好的表現。研究顯示出自我解釋不單對於閱讀教材上有幫助,在練習解題時也有相當的成效。

在非領域相關的研究上, Hausmann 和 Chi(2002)學者開發出一套非領域相關的電腦輔助自我解釋系統,其中一個實驗包含兩個組別,一組是由助教觀看學生自我解釋並給予適當提示,另一組則是由系統自動給予提示(Automatic prompting system),實驗結果發現這兩組學生的後測成績並無顯著差異,顯示即使電腦不了解學生的自我解釋內容,同樣可以幫助學生的自我解釋成效。利用這樣的模式,一來大可減少人力與時間的成本耗費,二來也對學習成效產生正面的影響。

1.4 自我監測

自我監測(self-monitoring),即為針對自我表現進行觀察與追蹤的行為(Zimmerman, 1998)。在Aleven與Koedinger(2002)學者的研究中,認為學生在發現到自己解決能力不足時便會試著去查詢詞彙庫,來協助目前所面對的問題,而在此的發現認知就是所謂的自我監測行為。此外老師在教導上無法完全清楚了解每位學生對於問題的理解程度,倘若學生能夠具備良好的自我監測能力,將更能了解自己在學習上的不足(Webb, 1989),但是往往許多學生在閱讀教材時並無法具備良好的自我監測能力(Chi et al., 1989),因為他們會過於高估自己對於範例教材的了解程度(Renkl, 1997),以至於學習成效不如預期。

Lan (1996)學者在一項關於統計學的研究中,提供自我監測組的學生在閱讀教材、撰寫作業,以及參與課後討論與接受指導的活動中,記錄並監測所花費的時間與學習的頻率,並且給予學生以十等量的標準來評估其對於之後的解題能力與概念的理解程度。結果顯示自我監測組的學生能夠更積極地參與學習活動,且在課程考試中的表現更優於其他兩組,因為學生能夠藉由自我監測不時對自我進行評估、建構學習環境、熟記重要的資訊,並選擇有效的學習策略和適合的學習環境來提高自我的學習成效,此外研究結果也相信讓學生

處於自我監測的環境裡,將能夠提升他們的學業表現。

2. 研究議題

從前面的相關研究統整中可以得知,自我解釋是一種能夠適用於不同的知識領域且具有相當成效的學習活動,然而也發現自我解釋學習活動仍存在一些限制,且電腦輔助自我解釋的機制也有待加強之處。此外,利用自我監測機制來輔助學生進行自我解釋活動,或許能夠對於學習成效產生正面的影響。

2.1 研究動機

一、是否能利用自我監測輔助機制來促進學生做自我解釋?目前的相關研究指出學生接受活動前的自我解釋訓練,將可以提升自我解釋的品質,以及其後的學習成效。但是學生可能在進行自我解釋時忘了之前的訓練內容,或者對於訓練時的內容不夠清楚,以至於成效不如預期。而自我解釋後的提示雖然可以促發學生產生更多的自我解釋與進一步對教材的了解,但畢竟提示的數量可能造成學生的過度倚賴而產生反效果。基於上述的原因,本研究將自我解釋系統導入自我監測機制,讓學生可以在進行自我解釋的過程中,利用輔助機制來監測自己對於教材內容的理解程度,進而促進學生做自我解釋。

二、非領域相關自我監測工具來輔助學生自我解釋之成效為何?自我解釋的運用層面範及各領域,而相關研究也發現非領域相關的輔助工具大可減少人力與成本的耗費,也能達到預期的學習成效。故系統導入非領域相關自我監測輔助工具,希望藉此機制來對於學生的學習上,也能達到預期的成效。

2.2 研究目的

本研究主要在開發一個適用於自我解釋系統的非領域相關之電腦輔助監測工具,由於相關研究說明了若學生能夠在學習上做自我監測,將有助於監測自我對於教材內容的理解。因此在系統中導入自我解釋時的輔助機制,此輔助機制將採用自我監測選單介面,讓學生可以在填入自我解釋時,點選自我監測選單來進行自我監測。此自我選單介面包含兩種:對教材了解的程度與對自我解釋方法的運用,一來輔助學生在教材理解上有更進一步的認知,二來幫助學生在填入自我解釋後,能夠了解其運用自我解釋的何種方法。

3. 系統設計

本研究開發以非領域相關的全文閱讀(full-text)和自由填寫(free-form)自我解釋系統,附加自我監測輔助選單的機制,提供學生一個自我監測輔助自我解釋的學習環境。

3.1 開發環境

系統使用 Visual studio 2005 做為平台工具,開發出以 Asp.net 2.0 為網頁程式設計的 Client-Server 架構,而 VB 為其後端伺服器的撰寫程式,資料庫採用 Microsoft office access 2003,伺服器端需要載入教材資料以供學生閱讀,而學生的學習過程也都會被記錄在伺服器資料庫中以便後續分析研究。系統示意圖如下(圖一)。



圖一：系統示意圖

3.2 系統介面

系統提供「登入介面」讓學生輸入自己的學號,進而隨機將學生分至三個不同的組別。在正確登入後,系統另會在伺服器資料庫中建立學生個人的資料表,其後的操作也會完整的紀錄在表中(圖二)。



圖二：登入介面

為了提供教材的全文閱讀環境,系統提供「教材閱讀介面」(圖三)。學生可以利用視窗捲軸上下拖曳操作,來自由選擇想閱讀的部份,為了確實掌握閱讀狀況,將教材欄位內容搭配遮罩機制,學生必須移動滑鼠到想閱讀的教材欄位,教材內容才會顯示,反之離開欄位內容則隨即消失。在此過程中,學生的閱讀行

為狀況都會被記錄在該資料表中,像是教材欄位、閱讀停留時間等,藉此得以做為日後研究追蹤其閱讀行為的依據。

【教材部分】

Red-black Tree特性:

3. 所有節點是黑或是紅的,而紅色節點的兩個子節點皆為黑的。

【自我解釋】

紅黑樹為一棵二叉搜尋樹,所以樹根的左方節點一定小於右方節點。

傳送

傳送

傳送

圖三：教材閱讀介面

系統提供「自我解釋介面」,在教材右方提供學生自我解釋填寫欄位,每段教材都只對應一個自我解釋欄位,且在填寫自我解釋時,左方教材也會同時顯示方便學生觀看,填寫完畢需要按下右方傳送鈕以確保資料完整存入。

另外為了達到自由閱讀的環境,學生在填寫自我解釋時還可利用滑鼠移動來觀看其他教材欄位,在此狀態下的瀏覽模式同樣有搭配遮罩機制,如此設計是為了讓學生對於其他教材部分可以做自發性的閱讀。同樣的,學生的瀏覽情況也會被記錄下來(圖四)。

【教材部分】

Red-black Tree特性:

3. 所有節點是黑或是紅的,而紅色節點的兩個子節點皆為黑的。

【自我解釋】

紅黑樹的根節點為黑。

傳送

傳送

傳送

圖四：自我解釋介面

系統提供兩種自我監測工具,一種為「教材了解程度自我監測選單」,另一種為「自我解釋方法自我監測選單」。「教材了解程度自我監測選單」位於每一行自我解釋欄位的右側,選單為對於教材了解程度的五等量表,分別為:非常了解、了解、普通、不了解與非常不了解,學生在填完自我解釋後需要點選右方的五等量選單,以表示自己對於此欄位教材的了解程度,勾選完畢也必須按下傳送鈕(圖五)。

Figure 5 shows a web-based interface for self-monitoring textbook understanding. It is divided into two main sections: '教材部分' (Textbook Part) on the left and '自我解釋' (Self-explanation) on the right. The '教材部分' contains three text boxes with the following text:

- Red-black Tree特性:
- 紅黑樹為一種二元搜尋樹，所以樹根的左方節點一定小於右方節點。
- 紅黑樹的節點為黑。
- 3. 所有節點是黑或是紅的，而紅色節點的兩個子節點皆為黑的。

 The '自我解釋' section contains three corresponding text boxes for self-explanation. To the right of these are three columns of radio buttons for selecting the level of understanding: '對此行教材了解程度' (Understanding of this row of textbook), '使用何種解釋方式' (Which explanation method was used), and '對教材內容' (Understanding of textbook content). The options are: '非常了解' (Very), '了解' (Somewhat), '普通' (Not), '不了解' (Don't know), and '非常不了解' (Don't know). A '傳送' (Submit) button is located at the bottom right of each row.

圖五：教材了解程度自我監測選單介面

「自我解釋方法自我監測選單」，選單為學生對於該教材的自我解釋使用何種方法，其方法分別為：重複教材內容、意譯、邏輯性推論、領域先備知識推論、連結性推論與自我監測，學生在填完自我解釋以及點選右方的五等量選單後，必須另外思考自己的解釋方法為何種，若學生在判斷尚有疑惑，也可以參考在操作系統前，研究人員所給予的各種自我解釋方法說明資料，來幫助了解自我解釋方法的運用，勾選完畢也必須按下傳送鈕(圖六)。

Figure 6 shows a similar interface to Figure 5, but with an additional column for selecting the explanation method. The '教材部分' and '自我解釋' sections are identical. The third column of radio buttons, '使用何種解釋方式', has the following options: '重複教材內容' (Repeat textbook content), '意譯' (Paraphrase), '邏輯性推論' (Logical reasoning), '領域先備知識推論' (Domain prior knowledge reasoning), '連結性推論' (Linkage reasoning), and '自我監測' (Self-monitoring). A '傳送' (Submit) button is at the bottom right of each row.

圖六：自我解釋方法自我監測選單介面

4. 實驗設計

本實驗在元智大學進行，實驗對象為資訊工程學系大學部的學生，實驗期間均在修習程式設計二的課程，實驗時間約九十分鐘，其中學生已在之前資訊概論的課程中學習過本次實驗的相關內容。

4.1 教材與評量

實驗教材以紅黑樹為主軸，紅黑樹為以二元搜尋樹(binary search tree)為架構所延伸的資料結構。在使用學習系統之前，先以紙本的教材讓學生了解二元樹與二元搜尋樹的基本定義。系統閱讀教材主要分成三個部份：紅

黑樹基本定義(共計四欄)、新增資料時如何保存紅黑樹的特性之文字說明(共計三欄)、範例圖示說明(共計十三欄圖示)。

為了讓學生了解自我解釋種類與應用方法，額外分發教材搭配自我解釋範例的紙本說明，研究人員已預先寫好教材和自我解釋，以及在對應教材所填入的自我解釋屬於哪些種類，其中自我解釋種類在此歸類為六種，分別為：重複教材內容、意譯、邏輯性推論、領域先備知識推論、連結性推論與自我監測，讓學生能夠對自我解釋種類有個初步的了解。

為了評估學生對於實驗教材的基本概念，設計了「是否合乎二元樹與紅黑樹的屬性」的測驗做為前測(共兩大題，每大題各包含三小題)，以此來了解學生的先備知識(prior knowledge)程度。在後測的部份，除了前兩大題與前測相同，額外多了三大題實際繪製題，第一題為與系統中的教材範例圖示說明相同，主要測驗學生對於實驗中範例教材的知識保留程度(retention)；第二題為不同於教材的新增紅黑樹節點之應用類似題；第三題以用到複雜的旋轉調整紅黑樹之步驟，來達到平衡的技巧應用題，這兩題的主要目的為了解學生對於較近或較遠的知識轉移(transfer)程度為何。

4.2 實驗分組

本實驗共分作三組，以不同的條件來進行以下的實驗活動：

一、自我解釋組別(SE)：系統介面左方提供教材的全文閱讀，並另加遮罩機制，滑鼠移至教材欄位才會顯示其內容，滑鼠離開該欄位內容隨即消失，讓學生可以在教材裡自由的瀏覽(圖三)，右方提供自由填寫自我解釋的對應欄位，學生在閱讀教材時可以自由填寫或對已填寫之解釋做修改(圖四)。

二、自我監測一組 (SM1)：系統介面部分與 SE 組相似，另外在自我解釋欄位的右側新增「教材了解程度自我監測選單」，此自我監測機制為對於教材了解程度的五等量表，學生在填完自我解釋後另需點選右方的五等量選單，以表示自己對於此欄位教材的了解程度(圖五)。

三、自我監測二組 (SM2)：系統介面部分除了與 SM1 組相似，另外再新增一組「自我解釋方法自我監測選單」，此自我監測機制需要學生對於其填寫的自我解釋為何種方法來做勾選，幫助學生了解自我解釋方法的運用(圖六)。

4.3 實驗流程

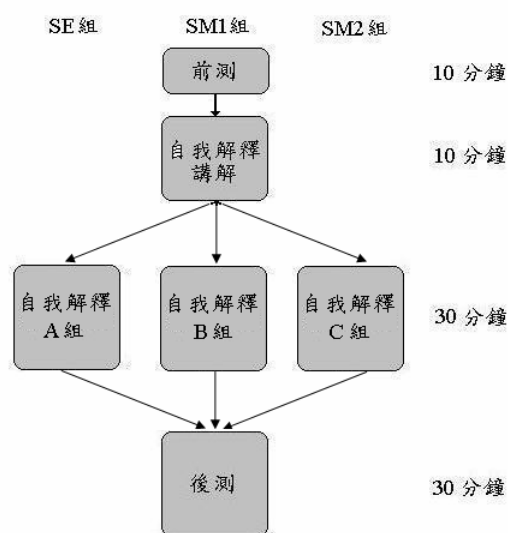
活動正式開始之前，研究人員以紙本外加解說的方式，向同學說明本活動流程、活動目的以及系統相關操作，實驗主要流程圖如下(圖七)。說明完畢隨即分發二元樹與二元搜尋樹基本定義的紙本進行教材閱讀。結束教材閱讀後開始進行前測，藉由是否合乎二元樹與紅黑樹的定義之測驗，來讓學生自我評估對二元樹與紅黑樹的了解程度。

其後分發教材搭配自我解釋範例的紙本說明，讓學生能夠在這個階段對自我解釋種類有個初步的了解，此輔助教材採不收回的方式，以便在當隨機分組時 SM2 組的學生操作系統。

接著讓學生進入系統觀看教材與進行自我解釋，學生經由系統隨機分成三組，進而使用不同的系統。

最後進行後測，承續前測的兩大題測驗，額外多了三大題實際繪製題，以評估學生在進行不同的學習活動下，了解教材與知識轉移的程度。

為了了解學生在此次的實驗活動中，對於學習環境和方式的喜好性，活動最後分發問卷調查讓學生填寫，共包含十題五等量勾選與三題手寫意見欄位，結束後與先前所發的紙本教材和說明一併收回。



自我解釋A組: 自我解釋無輔助工具

自我解釋B組: 教材了解程度自我監測選單

自我解釋C組: 教材了解與自我解釋方法自我監測選單

圖七：實驗流程圖

5. 預期成果

此章節主要針對本研究之探索目的，概括提出以下四個部份做為預期成果的分析方向：

一、利用自我監測工具來輔助學生產生自我解釋的學習成效為何？在此將探索學生在使用導入的自我監測選單介面後，其影響的學習成效為何，是否皆能讓學生對於教材內容有進一步的了解認知。

二、不同監測工具的系統環境是否影響自我解釋行為？在自我解釋的環境下，藉由導入不同的自我監測環境來觀察學生的自我解釋行為，包含自我解釋內容、修改情況、填寫比例與總量等，來比較在不同的學習活動中，學生的學習行為是否存在顯著的差異性。

三、不同程度的學生是否適合不一樣的自我監測輔助機制？藉此評估學生經由不同的學習活動，是否可能存在程度學習的差異，例如低程度的學生在學習成效是否較高程度的學生好，或是在自我解釋行為上的表現優於預期。

四、自我監測的行為是否會影響學生的學習成效？在此觀察學生對於教材的了解程度情況，以及了解程度與學習成效的關連性。另外就自我解釋方法的勾選，觀察勾選正確率的高低與學生學習成效是否有顯著的關連性，或者可能產生正確率較低者學習成效卻相對較高的情況。

參考文獻

- [1] Ainsworth, S., & Loizou, A., "The effects of self-explaining when learning with text or diagrams", *Cognitive Science*, 27, 669-681, 2003.
- [2] Aleven, V. & Koedinger, K. R., "An effective metacognitive strategy: learning by doing and explaining with a computer-based cognitive tutor", *Cognitive Science*, 26, 147-179, 2002.
- [3] Aleven, V., Pinkwart, N., Ashley, K., & Lynch, C., "Supporting Self-explanation of Argument Transcripts: Specific v. Generic Prompts", *Proceedings of the Workshop on Intelligent Tutoring Systems for Ill-Defined Domains at the 8th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, 47-55, 2006.
- [4] Bielaczyc, K., Pirolli, P. L., & Brown, A. L., "Training in self-explanation and

- self-regulation strategies: investigating the effects of knowledge acquisition activities on problem solving”, *Cognition and instruction*, 13 (2), 221-252, 1995.
- [5] Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M.W., Reimann, P., & Glaser, R., “Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems”, *Cognitive Science*, 13, 145–182, 1989.
- [6] Chi, M. T. H. & Vanlehn, K. A., “The Content of physics self-explanations”, *The journal of the learning sciences*, 1(1), 69-105, 1991.
- [7] Chi, M. T. H., de Leeuw, N., Chiu, M., & LaVancher, C., “Eliciting self-explanations improves Understanding”, *Cognitive Science*, 18, 439–477, 1994.
- [8] Chi, M. T. H., “Self-explaining expository texts: The dual processes of generating inferences and repairing mental models”, In R. Glaser (Ed.), *Advances in Instructional Psychology*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 161-238, 2000.
- [9] Conati, C. & VanLehn, K., “Toward computer-based support of meta-cognitive skills: a computational framework to coach self-explanations”, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, 389-415, 2000.
- [10] Hausmann, R.G. & Chi, M. T. H., “Can a computer interface support self-explaining?”, *Cognitive Technology*, 7 (1), 4-14, 2002.
- [11] Lan, W.Y., “The effects of self-monitoring on students’ course performance, use of learning strategies, attitude, self-judgment ability, and knowledge representation”, *Journal of Experimental Education*, 64, 101-115, 1996.
- [12] Magliano, J. P., Trabasso, T., & Graesser, A. C., “Strategic processes during comprehension”, *Journal of Educational Psychology*, 91, 615–629, 1999.
- [13] Marguerite Roy and Michelene T. H. Chi, “Chapter 17: The Self-Explanation Principle in Multimedia Learning”, *Cambridge Handbook of Multimedia Learning- The Self-explanation Principle*, 2005.
- [14] McNamara, D.S., “SERT: Self-explanation reading training”, *Discourse Processes*, Vol. 38, pp 1-30, 2004.
- [15] Renkl, A., “Learning from worked-out examples: A study on individual differences”, *Cognitive Science*, 21, 1-29, 1997.
- [16] Trabasso, T., & Magliano, J. P., “How do children understand what they read and what can we do to help them?” In M. Graves, P. van den Broek, & B. Taylor (Eds.) , *The first R: A right of all children*, New York: Columbia University Press, 160–188, 1996.
- [17] Webb, N. M., “Peer interaction and learning in small groups”, *International Journal of Educational Research*, 13, 21-40, 1989.
- [18] Zimmerman, B. J., “Academic studying and the development of personal skill: A self-regulatory perspective”, *Educational Psychologist*, 32, 73-86, 1998.