

# LA MISURAZIONE DEI PROCESSI DI REGOLAZIONE COGNITIVA E METACOGNITIVA DURANTE LO STUDIO CON GLI IPERMEDIA

## THE MEASUREMENT OF COGNITIVE AND METACOGNITIVE REGULATORY PROCESSES USED DURING HYPERMEDIA LEARNING

Roger Azevedo | University of Memphis, Department of Psychology, Institute for Intelligent Systems  
(CONTATTO) 400 Innovation Drive, Memphis, TN 38152, USA | razevedo@memphis.edu

Daniel C. Moos | Gustavus Adolphus College

Amy M. Johnson | University of Memphis, Department of Psychology, Institute for Intelligent Systems

Amber D. Chauncey | University of Memphis, Department of Psychology, Institute for Intelligent Systems

**Sommario** L'apprendimento autoregolato rappresenta una modalità di apprendimento di fondamentale importanza quando ci si avvale del supporto di ambienti ipermediali. Obiettivo di questo articolo è presentare quattro assunzioni chiave che consentono la misurazione dei processi cognitivi e metacognitivi attivati durante l'apprendimento tramite ipermedia. Innanzi tutto, assumiamo che sia possibile individuare, tracciare, modellare e favorire processi di apprendimento auto-regolato durante lo studio con gli ipermedia. La seconda assunzione si focalizza sul comprendere come la complessità dei processi regolatori che avvengono durante l'apprendimento mediato da sistemi ipermediali sia importante per determinare il perché alcuni processi vengono messi in atto durante l'esecuzione di un compito. La terza assunzione è relativa al considerare che l'utilizzo di processi di apprendimento auto-regolato possa dinamicamente cambiare nel tempo e che tali processi sono di natura ciclica (influenzati dalle condizioni interne ed esterne e da meccanismi di feedback). Infine, l'identificazione, raccolta e classificazione dei processi di apprendimento autoregolato utilizzati durante lo studio con sistemi ipermediali, può risultare un compito alquanto difficoltoso.

**PAROLE CHIAVE** Apprendimento auto-regolato, ambienti ipermediali, processi cognitivi e metacognitivi.

**Abstract** Self-regulated learning is of paramount importance when learning with hypermedia learning environments. The goal of this paper is to present four key assumptions regarding the measurement of cognitive and metacognitive regulatory processes used during learning with hypermedia. First, we assume it is possible to detect, trace, model, and foster SRL processes during learning with hypermedia. Second, understanding the complex nature of the regulatory processes during learning with hypermedia is critical in determining why certain processes are used throughout a learning task. Third, it is assumed that the use of SRL processes can dynamically change over time and that they are cyclical in nature (influenced by internal and external conditions and feedback mechanisms). Fourth, capturing, identifying, and classifying SRL processes used during learning with hypermedia is a rather challenging task.

**KEY-WORDS** Self-regulated learning, hypermedia environments, cognitive and metacognitive processes.

## INTRODUZIONE

Apprendere con il supporto di ambienti di apprendimento aperti, come gli ipermedia, comporta in genere l'uso di numerosi processi di controllo, quali la pianificazione, l'attivazione delle conoscenze pregresse, il monitoraggio e la regolazione metacognitiva, la riflessione (Azevedo, 2005; 2008; 2009; Graesser *et al.*, 2005; Greene e Azevedo, 2009; Moos e Azevedo, 2009; Schraw, 2007; Venman, 2007; Winne e Nesbit, 2009; Zimmerman, 2008). Come teorizzato da Pintrich (2000), l'apprendimento autoregolato (SRL) è un processo attivo e costruttivo in cui sono gli studenti a fissare i propri obiettivi di apprendimento e a monitorare, regolare e controllare i processi cognitivi e la motivazione, e in cui il comportamento è orientato e guidato dagli obiettivi prefissati e dalle caratteristiche contestuali dell'ambiente.

La maggior parte dei modelli teorici di apprendimento auto-regolato propongono una sequenza temporalmente ordinata che gli studenti devono seguire per potere svolgere un compito, ma non vi è alcuna certezza che le varie fasi (pianificazione, monitoraggio, controllo e riflessione) siano strutturate gerarchicamente o linearmente e che quindi alcune di esse debbano necessariamente avvenire prima delle altre (Azevedo, 2009; Azevedo e Witherspoon, 2009; Boekaerts *et al.*, 2000; Greene e Azevedo, 2007; Pintrich, 2000; Schraw, 2006; Schraw e Moshman, 1995; Schunk, 2005; Winne, 2001; Winne e Hadwin, 1998; 2008; Zimmerman, 1989; 2001; 2006; 2008).

Inoltre, sebbene la maggior parte delle teorie e dei modelli di apprendimento auto-regolato tendano a concordare su alcuni presupposti fondamentali comuni (gli studenti si sforzano per raggiungere gli obiettivi, gli studenti sono attivamente impegnati a costruire la conoscenza, fattori contestuali possono intervenire sulla capacità di regolare l'apprendimento), essi però differiscono su alcune questioni fondamentali riguardanti la natura dell'apprendimento auto-regolato (aspetti permanenti vs aspetti transitori, ovvero aptitude vs event, il ruolo degli elementi contestuali nel determinare, supportare e promuovere i processi di auto-regolazione, il numero e le tipologie dei processi, la specificità e la complessità dei meccanismi intrinseci ed estrinseci, l'adeguatezza esplicativa).

Queste divergenze teoriche possono rappresentare un problema per chi cerca di analizzare e misurare i processi di regolazione che avvengono durante l'apprendimento con gli ipermedia (Azevedo, 2005; 2007; 2009; Greene e Azevedo, 2007; 2009). Lo scopo del presente articolo non è quello di risolvere quest'annoso dibattito, ma piuttosto mettere in evidenza alcune questioni teoriche, concettuali e metodologiche relative alla misurazione dei processi cognitivi e metacognitivi che si

verificano durante l'apprendimento con il supporto di ambienti ipermediali.

## APPRENDIMENTO AUTO-REGOLATO E AMBIENTI IPERMEDIALI

La natura complessa dell'apprendimento autoregolato può essere compresa attraverso un esempio. Immaginiamo che si chieda ad uno studente di studiare l'apparato digerente utilizzando un ambiente di apprendimento ipermediale aperto, che contenga centinaia di paragrafi composti da migliaia di parole, diagrammi e animazioni, ognuno dei quali può essere organizzato in modo lineare (simile a un libro di testo) ma anche dotato di centinaia di collegamenti ipertestuali che consentano una navigazione non-lineare attraverso tutto l'ambiente. Immaginiamo inoltre che egli voglia analizzare la situazione di apprendimento, ossia stabilire sotto-obiettivi significativi, e scegliere quali strategie utilizzare in base alle richieste specifiche del compito. Inoltre, lo studente può essere ulteriormente motivato grazie alle sue precedenti conoscenze relative all'argomento e all'ambiente di apprendimento, considerando il successo già avuto in compiti simili, le risposte che ottiene del contesto (quali supporto adattivo e feedback dall'ambiente ipermediale o da un agente artificiale pedagogico) e i vincoli contestuali (ad esempio, il tempo limite per il completamento del compito).

Durante lo studio, lo studente valuterebbe se le strategie messe in campo sono efficaci per il raggiungimento dei suoi sotto-obiettivi, controllare la sua comprensione dell'argomento e in base a ciò apportare opportune modifiche alla sue conoscenze, ai suoi comportamenti, ai suoi sforzi e altri aspetti dell'ambiente di apprendimento (ad esempio valutando se i supporti dell'agente pedagogico siano utili). Gli aggiustamenti adattivi, basati sul continuo monitoraggio metacognitivo e sul controllo dello svolgimento del compito, lo aiuterebbero nel prendere decisioni in merito al quando, al come e al cosa modificare (Winne, 2001; 2005; Winne e Hadwin, 2008; Zimmerman, 2006). Alla fine della sessione di studio, lo studente farebbe alcune attribuzioni cognitive, motivazionali e comportamentali in grado d'incidere sui suoi successivi apprendimenti (Pintrich, 2000). Lo scenario qui proposto è un prototipo di cosa potrebbe essere l'auto-regolazione del proprio apprendimento in un ambiente ipermediale.

Alcuni di questi ambienti ipermediali sono prodotti commerciali, come Microsoft Encarta™, o sistemi di ricerca basati su agenti intelligenti come MetaTutor (Figura 1). In particolare, MetaTutor è un nuovo ipermedia multi-agente, basato su sistema di tutoring intelligente (ITS) attualmente in fase di sviluppo presso l'Istituto per i Sistemi Intelligenti da parte di Azevedo, Rus, Graesser, in collabora-

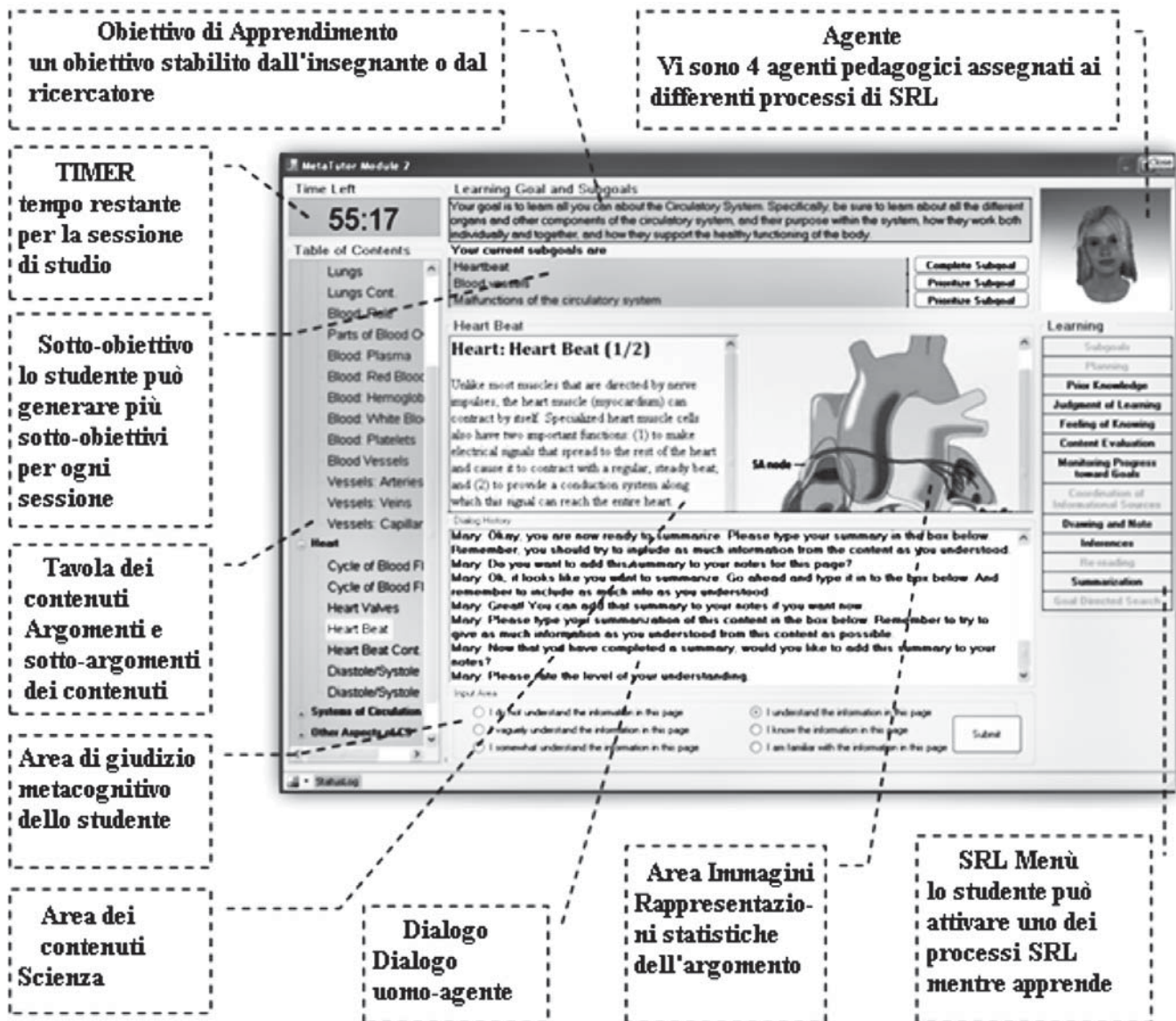


Figura 1. Schermata ed elementi dell'interfaccia di MetaTutor.

zione con un gruppo di ricerca interdisciplinare (Azevedo *et al.*, 2008; Rus, Lintean e Azevedo, 2009).

MetaTutor addestra gli studenti nell'attivazione dei processi di apprendimento autoregolato durante lo studio di argomenti di biologia umana (l'apparato circolatorio, l'apparato digestivo e il sistema nervoso). Dal punto di vista teorico, tale sistema si fonda sulle modalità d'apprendimento autoregolato già descritte (Pintrich, 2000; Winne, 2001; Winne e Hadwin, 2008; Zimmerman, 2006). L'ipotesi di ricerca è che per lo studio di impegnativi argomenti scientifici gli studenti devono essere capaci di regolare i propri processi cognitivi, metacognitivi, sociali e affettivi. La progettazione di MetaTutor è stata preceduta da una vasta ricerca, condotta da Azevedo e colleghi (Witherspoon, Chauncey, Moos, Greene, Cromley, e Winters), che ha evidenziato come lo studio di argomenti scientifici tramite l'utilizzo di ipermedia possa giovare dall'uso di

un supporto, umano e adattivo, sia sul contenuto sia sui processi di apprendimento (Azevedo, 2008).

La progettazione del sistema MetaTutor è il frutto di una ricerca decennale che ha avuto inizio con la messa a punto di un altro sistema chiamato AutoTutor (Azevedo, Rus, Graesser *et al.*, 2008).

Una schermata dell'attuale versione di MetaTutor è mostrata in figura 1. Nella parte superiore dell'interfaccia è visibile una casella in cui si legge l'obiettivo di apprendimento (stabilito dallo sperimentatore o da un insegnante), associata a questa vi è un'altra casella che contiene un sotto-obiettivo, a cui lo studente per ogni sessione può associare diversi sotto-obiettivi. Sul lato sinistro dell'interfaccia, nella "Table of Contents" (tavola dei contenuti), sono presentati gli argomenti principali e quelli secondari, mentre il contenuto effettivo dell'argomento (testo e immagini) è presentato in due caselle al centro. Gli studenti possono navigare nel

sistema facendo clic sui pulsanti “successivo” e/o “precedente”, o selezionando gli argomenti principali e secondari dalla tavola dei contenuti. La schermata mostra anche uno dei quattro agenti, Mary (in alto a destra), che è responsabile dei processi di controllo metacognitivo. Inoltre è incluso un video che spiega allo studente come impostare un adeguato sotto-obiettivo per ogni sessione di apprendimento. Infine, la schermata mostra anche tutte le interazioni tra lo studente e il sistema (in forma di linee del testo in basso) e, sulla destra sotto l'avatar dell'agente, una palette con i diversi processi d'apprendimento autoregolato.

### Comprendere la natura complessa dell'apprendimento auto-regolato

*Come misurare i processi cognitivi e metacognitivi durante l'apprendimento con gli ipermedia.*

Uno degli compiti più difficili per i ricercatori è comprendere la natura complessa dei processi, spesso impliciti e nascosti, di autoregolazione che entrano in gioco quando si studia in un ambiente ipermediale, ovvero quando ci si avvale di contenuti aperti basati su diversi sistemi di rappresentazione. L'esempio sopra descritto è servito per illustrare quanto sia intricato il rapporto tra i processi metacognitivi di monitoraggio e quelli di controllo messi in atto durante lo studio. Pur riconoscendo l'importanza di altri fattori che influenzano i processi di autoregolazione, quali ad esempio quelli affettivi, motivazionali e sociali, nel seguito dell'articolo concentreremo la nostra attenzione esclusivamente sui questi due tipi di processi, ovvero i processi cognitivi e quelli metacognitivi e su come essi intervengano durante l'apprendimento in ambienti ipermediali. Per una corretta analisi è però necessario esaminare attentamente alcune assunzioni che riguardano le modalità di misurazione di tali processi.

In primo luogo, si assume che sia possibile individuare, seguire, modellare e prevedere i processi di apprendimento autoregolato durante lo studio. Questa affermazione si fonda sui risultati di anni di ricerche nel campo delle scienze educative e cognitive, ricerche orientate al monitoraggio e al tracciamento, in tempo reale, del comportamento degli studenti. Tali ricerche sono state portate avanti con l'uso di diverse tecniche e metodologie, quali ad esempio l'analisi dei movimenti oculari (eye-tracking), i protocolli di commento simultaneo ad alta voce (concurrent think-aloud protocols), l'analisi della sequenza nella battitura dei tasti (keystroke analysis), e con l'applicazione di modelli cognitivi a differenti domini educativi e professionali, come la medicina. Ognuna di queste tecniche fa riferimento ad alcune assunzioni di base sul ruolo svolto dai processi cognitivi, metacognitivi, comportamentali, neurali e razionali, nell'apprendi-

mento, nell'acquisizione di abilità, nella risoluzione di problemi e nell'esecuzione (Anderson e Lebiere, 1998; Ericsson e Simon, 1993; 2006; Newell e Simon, 1972). Le nostre ricerche hanno tratto ispirazione d'alcune di queste metodologie nel tentativo di comprendere al meglio la dinamica dei processi di apprendimento autoregolato. È quindi in quest'insieme di studi che trova giustificazione la nostra principale assunzione, ovvero che i processi cognitivi e metacognitivi possono essere monitorati durante l'apprendimento.

Per ottenere i risultati qui riportati abbiamo incrociato i dati provenienti dai protocolli di commento simultaneo ad alta voce, ricavati da registrazioni audio/video, con quelli memorizzati nei file di sistema, raccolti nel corso di sessioni d'apprendimento tramite ipermedia. È da notare come i processi d'apprendimento autoregolato osservabili con questi metodi possono in realtà essere una conseguenza degli stessi metodi adottati, e così potrebbe succedere che attraverso l'utilizzo di tecniche differenti per il tracciamento in tempo reale (quali, ad esempio, l'analisi dei movimenti oculari o il controllo degli errori) si otterrebbero altri dati, in grado di evidenziare processi di apprendimento autoregolato del tutto differenti, sia di tipo cognitivo che metacognitivo. Si potrebbe arrivare, per questa via, ad una migliore comprensione, a livello micro, d'alcuni aspetti peculiari sia del testo che dei diagrammi e del meccanismo utilizzato per la loro integrazione in un coerente modello mentale. Naturalmente nessuna tecnologia potrà mai cogliere tutti i processi dispiegati durante una attività così complessa come l'apprendimento, e in alcune circostanze l'uso di alcuni strumenti di indagine potrebbe addirittura rivelarsi inopportuno (si pensi ad esempio all'utilizzo dei protocolli di commento simultaneo ad alta voce mentre si osservano studenti alle prese con compiti di tipo esclusivamente percettivo, quali la risoluzione di problemi). Il segreto è allora nell'uso dei risultati ricavati con diverse metodologie, in modo da poter cogliere lo sviluppo dei processi cognitivi e metacognitivi. Proprio tali diverse metodologie saranno analizzate nella seguente sezione.

La nostra seconda assunzione si basa sulla considerazione della natura complessa dei processi regolativi messi in atto durante l'apprendimento con gli ipermedia. Essa è cruciale per determinare i motivi che fanno entrare in gioco alcuni processi (ovvero, quali decisioni conducono lo studente a impiegare un particolare processo, o insieme di processi, e invece a non impiegarne altri, oppure lo inducono a ripetere una particolare sequenza di processi durante l'apprendimento, facendo magari alcune variazioni). Tale questione ha a che fare con il ruolo dell'agentività umana (human agency) - ossia con la capacità di agire attivamente nel



contesto in cui si è inseriti (agency) (Bandura, 1986) – e anche con l'autoefficacia (self-efficacy) (Moos e Azevedo, 2008; 2009), l'adattabilità, le differenze nello sviluppo della capacità di regolazione dell'apprendimento e di percezione del compito, e con diversi altri aspetti ampiamente trattati dalla letteratura scientifica. Alla luce di tale assunzione si pone la necessità di meglio comprendere le ragioni che sono dietro alcuni dei comportamenti osservati.

1. Lo studente potrebbe decidere d'impiegare o meno alcuni processi non già in base ad completo controllo, ma spinto da una sua difficoltà a tradurre in controllo regolativo alcune conoscenze metacognitive che egli comunque possiede; in particolare, diventa importante capire se ciò avviene perché egli considera tali processi come troppo difficili d'attuare, oppure perché paga una carenza di conoscenza condizionale, ovvero un'incapacità a decidere quando usare un particolare processo di apprendimento autoregolato.
2. Lo studente potrebbe non avere confidenza con alcune strategie cognitive e metacognitive, soprattutto se troppo sofisticate, quali ad esempio il fare inferenze e ipotesi.
3. Lo studente potrebbe scontare un basso livello di autoefficacia nel mettere in atto alcuni di questi processi, e ciò può essere la conseguenza di una storia pregressa di uso improprio di tali strategie.
4. Lo studente potrebbe fallire nell'inquadrare, o nel codificare, correttamente alcuni aspetti importanti del compito assegnatogli, oppure può mostrare scarsa capacità di adattarsi a un ambiente di apprendimento in rapido mutamento, arrivando così a una comprensione superficiale del compito che avrebbe dovuto svolgere. Tale problema attiene alla percezione, alla codifica e all'azione, e quindi potrebbe essere in relazione con la capacità della memoria di lavoro.
5. Lo studente potrebbe o non avere standard interni o averli non adeguati, soprattutto riguardo ad alcuni compiti per lui del tutto nuovi. Questo particolare aspetto si è rilevato sempre più importante quando i ricercatori hanno provato a esplicitare gli standard cognitivi interni degli studenti.
6. Lo studente potrebbe commettere errori nella corretta identificazione e messa a fuoco delle condizioni.
7. Lo studente potrebbe evidenziare una limitata capacità nell'eseguire i necessari processi regolatori, quali ad esempio la percezione del basso valore di un compito, o la mancanza del controllo metacognitivo necessario per modificare uno stato prolungato di confusione durante l'apprendimento, e ciò potrebbe trovare spie-

gazioni di natura cognitiva, metacognitiva, affettiva o motivazionale.

8. Lo studente potrebbe non riuscire a mettere in atto i necessari processi regolatori a causa della natura stessa dell'ambiente di apprendimento multimediale (cfr. Winne, 2005; Winne e Nisbet, 2009).

Discutere tutto questo complesso insieme di decisioni è di fondamentale importanza per determinare l'impegno effettivo dello studente e quindi per riuscire a comprendere cosa i modelli di apprendimento autoregolato siano in grado di spiegare. Va comunque evidenziato come i modelli possano variare anche in base all'orientamento teorico dei ricercatori, agli obiettivi della ricerca e ai metodi d'analisi utilizzati.

La nostra terza assunzione stabilisce che l'uso dei processi di apprendimento autoregolato può cambiare dinamicamente nel corso del tempo, e che, in genere, questi processi hanno una natura ciclica (Azevedo e Whitterspoon, 2009; Winne, 2001; Winne e Perry, 2000; Zimmerman, 2008). Tale assunto si basa sull'idea che i processi d'apprendimento autoregolato entrano in gioco sia in tempo reale che con una diversa frequenza, e ciò è in relazione sia al compito che si svolge (così, all'inizio tendono a prevalere i processi di pianificazione, mentre durante lo svolgimento del compito si manifestano, con frequenza quasi costante, i processi metacognitivi di monitoraggio), che anche ad altre variabili (quali, ad esempio, il formarsi di giudizi metacognitivi più accurati, il tasso d'acquisizione della conoscenza, l'incremento nei livelli di auto-efficacia, ecc.). Un altro fattore critico è legato al livello di conoscenze che lo studente già possiede sull'argomento che sta studiando, ciò è vero soprattutto quando si cerca d'analizzare come viene distribuito il tempo tra le diverse strategie di studio. Ad esempio, è comune osservare che la frequenza nell'uso di alcune strategie, quali il prendere appunti e disegnare schemi, tenda a diminuire nel corso del tempo, mentre per alcuni processi di monitoraggio metacognitivo, quali il giudizio sul grado di conoscenza (*judgment of learning*, JOL) e la sensazione di conoscere (*feeling of knowing*, FOK), la frequenza d'uso si mantiene costante durante una sessione di studio. Vi sono, poi, altri processi che si presentano molto raramente, ma ciò può essere anche dovuto ad alcune peculiarità dell'ambiente d'apprendimento, che, ad esempio, può essere stato progettato in modo da inibire o facilitare l'impiego di specifiche strategie. Così, in alcuni ambienti ipermediali si potranno osservare solo delle rare occorrenze della strategia di valutazione del contenuto (con questo termine si intende un giudizio di tipo metacognitivo che entra in gioco quando lo studente compara il contenuto dell'ipermedia con l'obietti-

vo assegnatogli), soprattutto se l'ambiente prevede la comparsa, in corrispondenza del testo, di diagrammi esplicativi. Si può avere la situazione esattamente opposta se invece ci si trova di fronte a un ipermedia progettato in modo da lasciare allo studente l'onere di ricercare e selezionare un diagramma che possa aiutarlo a comprendere meglio uno specifico passaggio testuale. È evidente quindi, che questi due casi abbiano un impatto completamente diverso sul comportamento regolativo messo in atto dallo studente.

Durante lo studio, quindi, gli studenti lasciano molte tracce dei processi di apprendimento autoregolato che hanno messo in atto, così questi processi possono riflettere la loro progressiva comprensione del contenuto, lo sviluppo o il cambiamento dei loro standard interni, le credenze e le attribuzioni motivazionali, il modo in cui si sono confrontati con i cambiamenti dinamici del contesto, e con il trovarsi in differenti fasi di studio, ovvero la fase d'acquisizione, di mantenimento o di recupero delle informazioni (Dunlosky, Serra e Baker, 2007). Tali tracce possono essere analizzate in vari modi e da queste analisi si possono ricavare informazioni sui cambiamenti qualitativi e quantitativi che si sono avuti nell'uso dei processi di apprendimento autoregolato. Per esempio, esse possono aiutarci a rispondere alla domanda: "i processi di apprendimento autoregolato associati con l'acquisizione e con l'integrazione della conoscenza sono effettivamente diversi? E se è così, cosa dovrebbero prevedere i modelli di apprendimento autoregolato?" Si consideri, ad esempio, il modello socio-cognitivo di Zimmerman e Schunk (2001), esso prevede che all'inizio le attività di pianificazione dovrebbero concentrarsi, ma nel caso di compiti dinamici e ciclici avverrà lo stesso (Schunk, 2005; Winne, 2001)? E se avviene effettivamente così, come si stabilisce la fine di un ciclo e l'inizio di un altro? Cos'è che determina l'instaurarsi di un ciclo di apprendimento autoregolato? Uguali domande possono sorgere quando si passa ad analizzare le fasi di acquisizione della conoscenza, quelle caratteristiche dell'apprendimento autoregolato (pianificazione, monitoraggio, controllo e riflessione), i cambiamenti cognitivi interni (ad esempio i cambiamenti nella determinazione degli obiettivi, nell'acquisizione della conoscenza, negli standard), i cambiamenti nelle condizioni del contesto (ad esempio lo scadere del tempo di completamento del compito), le fluttuazioni nei processi motivazionali (come l'aumento dello sforzo dopo che si è concluso un compito in tempo) e affettivi (ad esempio la sensazione di confusione dopo la lettura di un passaggio difficile), ecc. Quindi, dall'analisi di tutte queste tracce possono ottenere dati di tipo qualitativo e quantitativo, da trattare con l'impiego di tecniche statisti-

che, che ci consentono di comprendere l'evoluzione dei comportamenti di apprendimento autoregolato negli studenti. In alcuni lavori recenti è possibile trovare delle analisi di transizione di stato condotte mediante tecniche di apprendimento automatico (es., Biswas *et al.*, 2008; Rus, Lintean e Azevedo, 2009; Whitterspoon, Azevedo e D'Mello, 2008). Altri lavori, seguendo i suggerimenti di Winne e Nisbet (2009), hanno cercato di spiegare le fluttuazioni costruendo modelli basati su regole di produzione in un ambiente di apprendimento intelligente, in modo da provare a prevedere l'andamento dell'apprendimento autoregolato in studenti impegnati a studiare con gli ipermedia (es., Azevedo *et al.*, 2008). Questi tipi di strumenti saranno analizzati nella sezione seguente.

La figura 2 mostra, in una situazione ipotetica, la variazione della frequenza nell'uso di alcuni processi di apprendimento autoregolato, da parte degli studenti, durante lo svolgimento di un'attività di apprendimento con ipermedia. Nel grafico sono indicate alcune ipotetiche fasi di apprendimento (definite a grandi linee a partire dai diversi modelli di apprendimento autoregolato, inclusi Winne e Hadwin, 2008; Zimmerman, 2006). Nel nostro esempio abbiamo predisposto tre fasi. Una fase iniziale di orientamento e acquisizione della conoscenza, dove lo studente dedica un po' di tempo a cercare, analizzare, selezionare e orientarsi tra gli elementi strutturali dell'ambiente ipermediale (ad esempio, tipi di navigazione, indirizzi di importanti fonti informative, ecc.).

Dopo questa fase, lo studente può cominciare a mettere in atto processi di apprendimento autoregolato relativi all'acquisizione della conoscenza,

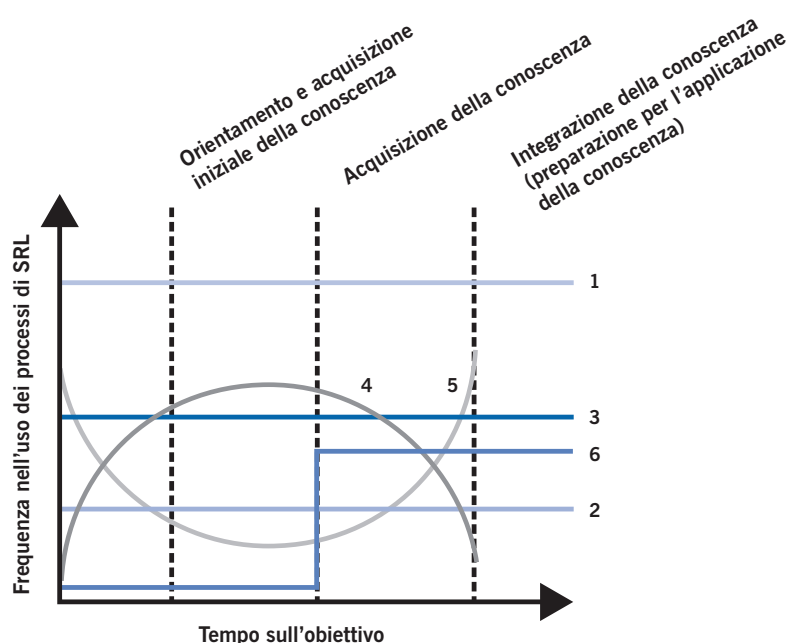


Figura 2. Ipotetico tracciamento di processi SRL usati durante l'apprendimento con ipermedia.

tale fase include il periodo di tempo necessario per leggere i contenuti e analizzare i diagrammi. Questa seconda fase prevede che la maggior parte del tempo sia dedicata all'acquisizione della conoscenza, ed è seguita da una terza fase dove una più avanzata acquisizione della conoscenza può prevedere anche un periodo di tempo in cui lo studente si prepara ad applicare la conoscenza così acquisita (ad esempio questi può studiare per prepararsi allo svolgimento di un post test). Ognuna di queste ipotetiche fasi è indicata, nel grafico, con una linea verticale punteggiata. Il grafico poi mostra cinque potenziali trend di un processo d'apprendimento autoregolato. Il trend indicato con il numero 1 è caratteristico di un processo che ha una frequenza di utilizzo alta e costante durante tutta la sessione di studio. Tale andamento potrebbe essere caratteristico di alcune strategie di apprendimento che sono utilizzate di continuo, come ad esempio la frequente creazione di sommari da parte degli studenti durante lo svolgimento del compito. Il trend numero 2 indica l'esatto opposto del numero 1, ovvero un qualche processo che viene attivato in modo costante ma raramente, durante la sessione. Un simile andamento è tipicamente riscontrato quando si analizza la frequenza d'uso di alcune strategie di apprendimento più sofisticate (ad esempio, fare inferenze corrette) e dei giudizi metacognitivi (ad esempio, monitorare l'uso di strategie).

Il trend numero 3 rappresenta una sorta di "media" dei trend 1 e 2, esso è tipico dei processi più comunemente usati, come ad esempio JOL (giudizio sull'apprendimento) e FOK (sensazione di conoscere), soprattutto durante un apprendimento ipermediale. I trend 4 e 5, che si osservano raramente, mostrano processi la cui frequenza d'uso non si mantiene costante, durante la sessione, ma che invece sono caratterizzati o da un picco pronunciato, trend 4, o da una pronunciata flessione, trend 5, durante l'attività di apprendimento. Tali trend possono essere messi in relazione ad una presa di coscienza, da parte degli studenti impegnati nel compito, sull'adeguatezza o inadeguatezza di alcuni processi inizialmente attivati, così si può avere un incremento o un decremento nelle frequenze di utilizzo nel mezzo della sessione, per poi tornare verso la fine alla situazione iniziale. Anche il trend 6 è osservato raramente, esso rappresenta il caso in cui può passare un po' di tempo prima che lo studente riesca ad utilizzare con efficacia quel particolare processo di apprendimento autoregolato. Così si può avere un improvviso e drastico cambiamento nella frequenza d'uso di questa particolare strategia nella fase conclusiva della sessione. In sintesi, quelli presentati nel grafico sono solo alcuni dei possibili andamenti con cui può variare la frequenza d'uso di alcuni proces-

si SRL durante l'apprendimento mediante sistemi ipermediali.

La quarta assunzione afferma che l'identificazione e classificazione dei processi di apprendimento autoregolato utilizzati durante l'apprendimento con ipermedia è un lavoro impegnativo. Attualmente i protocolli di commento ad alta voce (think-aloud) sono gli strumenti principali per individuare, analizzare e classificare tali processi. Essi devono essere completati con altri metodi come il time-stamped video data e i dati registrati nei file di sistema così che si possa ottenere la precisione necessaria per classificare i processi a diversi livelli di granularità.

Coloro che hanno utilizzato tali tecniche hanno creato schemi di codifica che differiscono per la complessità, il livello di granularità, il tipo d'implementazione, la dipendenza dall'argomento; e tutti, comunque, riflettono l'orientamento teorico del ricercatore (Azevedo *et al.*, 2008; Manlove *et al.*, 2007; Hadwin *et al.*, 2005).

Per esempio, alcuni utilizzano un minore numero di categorie, riuscendo così a cogliere meglio, a livello macro, gli aspetti di metacognizione e di apprendimento autoregolato (la pianificazione, il monitoraggio, le strategie di apprendimento), mentre altri si focalizzano su un livello micro, in modo da poter analizzare aspetti quali il giudizio sull'apprendimento (JOL), la sensazione di conoscere (FOK), il fare ipotesi, la creazione di sotto-obiettivi. Recentemente, nelle nostre ricerche abbiamo aggiunto la valenza ai processi di monitoraggio e alle strategie di apprendimento per analizzare meglio i meccanismi di feedback associati ai processi di apprendimento autoregolato. Per esempio, secondo Azevedo e colleghi (Azevedo, 2008; Azevedo e Witherspoon, in stampa) qualsiasi classificazione può essere effettuata a diversi livelli di granularità: (a) a livello macro (come nel caso del processo di monitoraggio), e (b) a livello micro (ad esempio per il processo JOL) con le associate valenze (+ o -). Tuttavia, va osservato che altri sistemi di classificazione, con gli associati approcci analitici e statistici, portano alla costruzione di indici metacognitivi differenti (Benjamin e Diaz, 2008; Greene e Azevedo, 2009; Pieschl, 2009; Schraw, 2009; Van Overschelde, 2008).

Lo stesso può essere fatto per le strategie di apprendimento (per esempio quando si confronta un riassunto corretto con uno errato). L'aggiunta di una valenza permette di esaminare i meccanismi di feedback e la natura dei cicli di feedback, lineare e ricorsivi, durante l'apprendimento autoregolato e quindi di verificare le previsioni basate sugli attuali modelli. Per esempio, secondo diversi modelli di apprendimento autoregolato, se lo studente è impegnato in un apprendimento orientato all'obiettivo il monitoraggio metacognitivo precede il

controllo metacognitivo. Ciò consente di ipotizzare che, se a seguito di un giudizio metacognitivo, lo studente non capisce quello che ha appena letto (ovvero se si ha un giudizio di apprendimento con valenza negativa, JOL-) allora dovrebbe seguire una strategia di apprendimento, quale ad esempio la rilettura. Dopo aver riletto lo studente può modificare la valenza, ovvero giudicare che adesso ha compreso il paragrafo (giudizio sull'apprendimento con valenza positiva, JOL+), e così via. Ipotizziamo, però, che dopo la rilettura lo studente non abbia ancora capito il paragrafo, cosa dovrebbe fare? Dovrebbe ri-leggerlo di nuovo? In questo caso potrebbe entrare in un ciclo di apprendimento disadattivo, che può condurlo verso la frustrazione o verso la confusione. Noi sosteniamo che per comprendere la natura di questi processi è fondamentale analizzarne lo svolgimento temporale, solo così è possibile cogliere le loro reciproche interrelazioni, la loro natura adattiva o disadattiva e il carattere ciclico, al contempo è anche possibile verificare le previsioni fatte sulla base degli attuali modelli teorici. Una situazione più peculiare si verifica se i ricercatori decidono di aggiungere valenze anche ai processi relativi alla pianificazione dei sotto-obiettivi rilevanti o irrilevanti per un particolare compito. Da un punto di vista oggettivo si può considerare rilevante o irrilevante un sotto-obiettivo dello studente quando lo si giudichi in relazione al fine ultimo dell'apprendimento; però, il sotto-obiettivo può essere erroneamente valutato come irrilevante se in effetti esso si mostra come rilevante solo in relazione agli specifici fini dello studente, rispetto al compito, come da questi percepito, e alla sua motivazione. Infine, la classi-

ficazione dei processi di apprendimento autoregolato si basa su alcune deduzioni del ricercatore riguardo a ciò che è osservabile nei dati sia verbali (siano essi espliciti e/o impliciti) che comportamentali.

## CONCLUSIONI

L'apprendimento autoregolato è di fondamentale importanza quando l'apprendimento avviene tramite ambienti ipermediali. In questo articolo abbiamo presentato quattro assunzioni di base per la misurazione dei processi cognitivi e metacognitivi che regolano l'apprendimento con ipermedia. Queste assunzioni trovano la loro giustificazione in diversi modelli teorici sull'apprendimento autoregolato e in varie ipotesi metodologiche che riguardano l'uso di dati ricavati in tempo reale per comprendere lo sviluppo dei processi di SRL durante l'apprendimento. Inoltre, abbiamo presentato un esempio di come alcune tecnologie per l'apprendimento avanzate, come il sistema MetaTutor, possano essere utilizzate in modo strategico per individuare, tracciare, modellare e prevedere l'apprendimento autoregolato degli studenti che utilizzano ipermedia.

### Ringraziamenti

La preparazione di questo articolo è stata possibile grazie al finanziamento della National Science Foundation (Early Career Grant DRL #0133346, DRL #0633918, DRL #0731828, HCC #0841835) assegnato al primo autore. Gli autori ringraziano gli altri membri del team - Candice Burkett, Ashley Fike, Michael Cox, and Rachel Anderson.

**Traduzione** a cura di S. Ottaviano, L. Seta – Istituto per le Tecnologie Didattiche, CNR – via Ugo La Malfa 153, 90146, Palermo.

## BIBLIOGRAFIA

- Anderson J. R., Lebiere C. (1998). *The atomic components of thought*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Azevedo R. (2005). Computers as metacognitive tools for enhancing learning. *Educational Psychologist*, 40(4), pp. 193-197.
- Azevedo R. (2007). Understanding the complex nature of self-regulatory processes in learning with computer-based learning environments: An introduction. *Metacognition and Learning*, 2(2/3), pp. 57-66.
- Azevedo R. (2008). The role of self-regulation in learning about science with hypermedia. In D. Robinson, G. Schraw (eds.), *Recent innovations in educational technology that facilitate student learning*. Charlotte, NC: Information Age Publishing, pp. 127-156.
- Azevedo R. (2009). Theoretical, methodological, and analytical challenges in the research on metacognition and self-regulation: a commentary. *Metacognition and Learning*, 4(1), pp. 87-95.
- Azevedo R., Witherspoon A. M. (2009). Self-regulated use of hypermedia. In D.J. Hacker, J. Dunlosky, A. C. Graesser (eds.), *Handbook of metacognition in education*. Mahwah, NJ: Erlbaum, pp. 319-339.
- Azevedo R., Witherspoon A. M., Graesser A., McNamara D., Rus V., Cai Z., Lintean M., Siler E. (2008). *MetaTutor: An adaptive hypermedia system for training and fostering self-regulated learning about complex science topics*. Symposium on ITSs with Agents at the Annual Meeting of the Society for Computers in Psychology, Chicago.
- Azevedo R., Moos D.C., Greene J.A., Winters F.I., Cromley J.C. (2008). Why is externally regulated learning more effective than self-regulated learning with hypermedia? *Educational Technology Research & Development*, 56(1), pp. 45-72.
- Bandura A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.



- Benjamin A., Diaz M. (2008). Measurement of relative metamnemonic accuracy. In J. Dunlosky, R. Bjork (eds.), *Handbook of metamemory and memory*. NY: Taylor and Francis, pp. 73-94.
- Biswas G., Leelawong K., Schwartz D., TAGV (2005). Learning by teaching: A new agent paradigm for educational software. *Applied Artificial Intelligence*, 19, pp. 363-392.
- Boekaerts M., Pintrich P., Zeidner M. (2000). *Handbook of self-regulation*. San Diego, CA: Academic Press.
- Dunlosky J., Serra M.J., Baker, J.M.C. (2007). Metamemory. In F.T. Durso, R.S. Nickerson, S.T. Dumais, S. Lewandowsky, T.J. Perfect (eds.), *Handbook of applied cognition* (2nd ed.). Hoboken, NJ: Wiley, pp. 137-160.
- Ericsson K.A., Simon H.A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data* (rev. ed.). Cambridge, MA, US: The MIT Press.
- Ericsson K.A. (2006). Protocol analysis and expert thought: Concurrent verbalizations of thinking during experts' performance on representative tasks. *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. Cambridge, MA: Cambridge University Press, pp. 223-242.
- Graesser A. C., Hu X., McNamara D. (2005). Computerized learning environments that incorporate research in discourse psychology, cognitive science, and computational linguistics. In A. Healy (ed.), *Experimental cognitive psychology and its applications*. Washington, DC: American Psychological Association, pp. 183-194.
- Greene A., Azevedo R. (2007). Adolescents' use of self-regulatory processes and their relation to qualitative mental model shifts while using hypermedia. *Journal of Educational Computing Research*, 36, pp. 125-148.
- Greene J.A., Azevedo R. (2009). A Macro-Level Analysis of SRL Processes and Their Relations to the Acquisition of a Sophisticated Mental Model of a Complex System. *Contemporary Educational Psychology*, 34(1), pp. 18-29.
- Hadwin A. F., Winne P. H., Nesbit J. C. (2005). Annual review: Roles for software technologies in advancing research and theory in educational psychology. *British Journal of Educational Psychology*, 75, pp. 1-24.
- Manlove S., Lazonder A., de Jong T. (2007). Software scaffolds to promote regulation during scientific inquiry learning. *Metacognition and Learning*, 2(2/3), pp. 141-155.
- Moos D.C., Azevedo R. (2008). Exploring the fluctuation of motivation and use of self-regulatory processes during learning with hypermedia. *Instructional Science*, 36, pp. 203-231.
- Moos D.C., Azevedo R. (2009). Learning with computer-based learning environments: A literature review of computer self-efficacy. *Review of Educational Research*, 79(2), pp. 576 - 600.
- Newell A., Simon H. A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Pieschl S. (2009). Metacognitive calibration - an extended conceptualization and potential applications. *Metacognition and Learning*, 4(1), pp. 3-31.
- Pintrich P.R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. Pintrich, M. Zeidner (eds.), *Handbook of self-regulation*. San Diego, CA: Academic Press, pp. 451-502.
- Rus V., Lintean M., Azevedo R. (2009). Automatic detection of student models during prior knowledge activation with MetaTutor. In T. Barnes, M. Desmarais, C. Romero, S. Ventura (eds.), *Proceeding of the 2nd International Conference On Educational Data Mining (EDM 2009, Córdoba, Spain, 1-3 luglio 2009)*. Córdoba: Universidad de Córdoba, pp. 161-170. URL: <http://www.educationaldatamining.org/EDM2009/uploads/proceedings/edm-proceedings-2009.pdf> (ultima consultazione 12/05/2010).
- Schraw G. (2006). Knowledge: structures and processes. In P. Alexander, P. Winne (eds.), *Handbook of educational psychology*. Mahwah, NJ: Erlbaum, pp. 245-263.
- Schraw G. (2007). The use of computer-based environments for understanding and improving self-regulation. *Metacognition and Learning*, 2, pp. 169-176.
- Schraw G. (2009). A conceptual analysis of five measures of metacognitive monitoring. *Metacognition and Learning*, 4, pp. 33-45.
- Schraw G., Moshman D. (2005). Metacognitive Theories. *Educational Psychology Review*, 7(4), pp. 351-371.
- Schunk D. (2005). Self-regulated learning: The educational legacy of Paul R. Pintrich. *Educational Psychologist*, 40(2), pp. 85-94.
- Van Overschelde J. (2008). Metacognition: knowing about knowing. Measurement of relative metamnemonic accuracy. In J. Dunlosky, R. Bjork (eds.), *Handbook of metamemory and memory*. NY: Taylor and Francis, pp. 47-71.
- Veenman M. (2007). The assessment and instruction of self-regulation in computer-based environments: a discussion. *Metacognition and Learning*, 2, pp. 177-183.
- Winne P. H. (2001). Self-regulated learning viewed from models of information processing. In B. Zimmerman, D. Schunk (eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives*. Mahwah, NJ: Erlbaum, pp. 153-189.
- Winne P. (2005). Key issues on modeling and applying research on self-regulated learning. *Applied Psychology: An International Review*, 54(2), pp. 232-238.
- Winne P., Hadwin A. (1998). Studying as self-regulated learning. In D.J. Hacker, J. Dunlosky, A. Graesser (eds.), *Metacognition in educational theory and practice*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 277-304.
- Winne P., Hadwin A. (2008). The weave of motivation and self-regulated learning. In D. Schunk, B. Zimmerman (eds.), *Motivation and self-regulated learning: Theory, research, and applications*. Mahwah, NJ: Erlbaum, pp. 297-314.
- Winne P. H., Nesbit J. C. (2009). Supporting self-regulated learning with cognitive tools. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, A. C. Graesser (eds.), *Handbook of metacognition in education*. New York: Routledge, pp. 259-277.
- Winne P.H., Perry N.E. (2000). Measuring self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. Pintrich, M. Zeidner (eds.), *Handbook of self-regulation*. San Diego, CA: Academic Press, pp. 531-566.
- Witherspoon A., Azevedo R., D'Mello S. (2008). The dynamics of self-regulatory processes within self- and externally-regulated learning episodes. In B. Woolf, E. Aimeur, R. Nkambou, S. Lajoie (eds.), *Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems: Lecture Notes in Computer Science (LNCS 5091)*. Berlin: Springer, pp. 260-269.
- Zimmerman B. J. (1989). A social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 81(3), pp. 329-339.
- Zimmerman B. (2001). Theories of self-regulated learning and academic achievement: an overview and analysis. In B. Zimmerman D. Schunk (eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives*. Mahwah, NJ: Erlbaum, pp. 1-37.
- Zimmerman B. (2006). Development and adaptation of expertise: the role of self-regulatory processes and beliefs. In K. Ericsson N., Charness P., Feltovich, R. Hoffman (eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. New York: Cambridge University Press, pp. 705-722.
- Zimmerman B. (2008). Investigating self-regulation and motivation: historical background, methodological developments, and future prospects. *American Educational Research Journal*, 45(1), pp. 166-183.
- Zimmerman B., Schunk D. (2001). *Self-regulated learning and academic achievement* (2nd ed.). Mahwah, NJ: Erlbaum.