

## Verifica del Grado di Attenzione durante una Sessione FAD

Giuseppe Mastronardi<sup>1</sup>, Giuseppe Buonamassa<sup>2</sup>, Giovanni Savino<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione, Politecnico di Bari  
Via Orabona 4, 70125 Bari, Italy  
giuseppe.mastronardi@poliba.it

<sup>2</sup> Apulia Makers 3D Srls, Via Giulio De Ruggiero 56, 70125 Bari, Italy  
g.buonamassa@apuliamakers3d.it

**Abstract.** Il presente lavoro intende illustrare un sistema per l'erogazione di corsi a distanza, con particolare attenzione verso i parametri qualitativi e quantitativi che per ogni sessione FAD (formazione a distanza), portano a stabilire il grado di attenzione dell'allievo. La piattaforma realizzata consente al personale dell'azienda erogatrice di accedere al sistema, previa registrazione come amministratore, caricare il materiale didattico e metterlo a disposizione del discente, il quale effettua una registrazione alla piattaforma e un'iscrizione ai corsi di interesse. Tramite l'analisi del grado di attenzione, l'amministratore del sistema FAD può dedurre le difficoltà che affronta un corsista durante il proprio percorso formativo: un alto grado di attenzione dimostra che lo studente è concentrato sulla lezione, è effettivamente davanti allo schermo e sta seguendo rigorosamente l'avanzare della sessione; un basso grado di attenzione evidenzia, invece, che l'allievo non segue correttamente e con continuità la lezione, determinando una mancanza di interesse verso gli argomenti trattati nel corso.

**Keyword:** e-learning, formazione a distanza, grado di attenzione.

### 1 Introduzione

L'evoluzione del Web ha portato a radicali cambiamenti nella vita quotidiana, influenzando anche il modo di fare didattica. L'insegnamento tradizionale basato sulla lezione frontale del docente verso gli studenti in aula, negli ultimi anni è affiancato dai corsi on-line. Lo studente non deve necessariamente recarsi presso una struttura fisica per seguire le lezioni, ma grazie ad un terminale (computer, tablet, smartphone) ed una connessione di rete può accedere alla lezione ovunque si trovi e seguire i corsi in modo asincrono, ovvero in un tempo successivo alla lezione spiegata dall'insegnante.

Questa nuova forma di insegnamento è caratterizzata dalla distanza fisica tra il docente e lo studente, la quale crea un distacco tra le due figure, portando ad una riduzione del coinvolgimento nelle lezioni da parte del discente. L'impegno delle aziende che erogano corsi on-line è di sviluppare piattaforme web in grado di rendere sempre più attiva la partecipazione alle lezioni. Lo studente si ritrova in un contesto

dinamico, dove può confrontarsi con gli altri studenti e con i docenti, diventando quindi un soggetto attivo nel processo di apprendimento.

Al termine di ogni corso seguito, lo studente svolge un test al fine di ricevere dall'ente erogatore un giudizio sul suo grado di preparazione e, in caso di buon esito dell'esame, un attestato di partecipazione al corso e di superamento della prova. In fase di valutazione finale può emergere un basso livello di conoscenza da parte dello studente degli argomenti trattati durante le lezioni, dovuto ad una riduzione del suo apprendimento con il progredire del livello di difficoltà delle lezioni. Per minimizzare tale rischio e permettere allo studente di affinare le proprie conoscenze, gli viene data la possibilità di svolgere delle prove intermedie, inserite dall'ente erogatore tra le sessioni in cui il corso è suddiviso, al fine di misurare l'acquisizione degli argomenti. Mediante una discretizzazione del processo di apprendimento in passi atomici e relativi feedback, lo studente prende consapevolezza del proprio stato di preparazione prima di avanzare al livello successivo di conoscenza. Lo stesso ente che fornisce il corso ha modo di seguire l'evoluzione della preparazione dello studente nel tempo e di effettuare anche calcoli statistici per confrontare, stilare classifiche e al contempo rendere personalizzato il servizio telematico richiesto dall'utente.

Durante ogni sessione FAD, può essere necessario monitorare il grado di attenzione del discente, utile all'utente per maturare un approccio attivo durante la formazione, ma anche all'ente, interessato a valutare l'efficienza del proprio metodo di insegnamento e per migliorare la chiarezza di esposizione degli argomenti, rendendoli interessanti agli occhi e alle orecchie dei discenti.

## **2 Grado di attenzione**

La caratteristica principale di un corso on-line è la distanza fisica tra il docente e il discente, per cui non è possibile avere la certezza che quest'ultimo stia realmente seguendo la sessione, mentre essa è in corso. Tramite l'analisi del grado di attenzione durante lo svolgimento della sessione, è possibile stabilire se uno studente è effettivamente concentrato sulla lezione e quindi se ne sta apprendendo il contenuto.

Una sessione FAD consiste nella consultazione da parte dello studente del materiale didattico in formato digitale (testuale o multimediale) che l'ente mette a disposizione sulla propria piattaforma. Per completare la sessione, è necessario che lo studente dimostri di aver assimilato ogni argomento trattato nel materiale. Occorre considerare che il grado di apprendimento può calare durante la singola sessione, per vari fattori, come la stanchezza del discente oppure la difficoltà che può avere nella comprensione di determinati argomenti. Inoltre, uno studente può cercare di simulare la partecipazione a una sessione, ad esempio avviando la riproduzione del file video a essa associato e abbandonando la postazione di studio. Partendo da questi problemi, è stato messo a punto un sistema di monitoraggio del grado di attenzione dello studente durante una sessione FAD.

## 2.1 CAPTCHA

Il sistema realizzato fa ricorso all'utilizzo del test CAPTCHA (*Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart*), ideato per stabilire se l'utente di un sito web che richiede l'accesso a una determinata sezione sia un essere umano oppure un "bot", un programma che raccoglie informazioni per scopi impropri come lo spamming. Il CAPTCHA più diffuso è costituito da una sequenza di caratteri alfanumerici generata in modo casuale e mostrata all'utente all'interno di un form, permettendogli di digitare in una casella di testo la stringa mostrata a video (Fig.1).



**Fig.1 – Esempio di CAPTCHA**

Mentre lo studente partecipa a una sessione, al verificarsi di un determinato evento, gli viene mostrata una sequenza casuale di caratteri e gli viene data la possibilità di inserire in una casella di testo il codice letto. Finché l'utente non inserisce la sequenza corretta, il contenuto della sessione rimane inaccessibile. L'evento che genera la visualizzazione del CAPTCHA appartiene ad una delle seguenti tipologie: *evento CAPTCHA manuale* ed *evento CAPTCHA casuale*.

L'evento CAPTCHA manuale dipende dal tipo di file associato alla sessione. In particolare, per i file testuali, l'evento è associato ad un numero di pagina appartenente al file. Quando lo studente partecipa ad una sessione FAD e procede con la lettura del contenuto delle pagine del file, nel passare da una pagina alla successiva, la sua navigazione viene interrotta dall'apparizione del CAPTCHA. L'utente per poter continuare la lettura, deve inserire il codice mostrato. L'amministratore del sistema, al momento della creazione della sessione oppure in un momento successivo, imposta il numero di pagina, dopo la quale deve apparire il CAPTCHA. Un file testuale può contenere più eventi CAPTCHA, ognuno legato ad una pagina. Il criterio di scelta delle pagine, dopo le quali deve apparire il CAPTCHA, è dunque affidato all'amministratore del sistema. Può scegliere ad esempio di inserire un CAPTCHA a conclusione di un argomento trattato, in modo tale che l'utente lo risolva prima di iniziare un nuovo argomento nella stessa sessione.

Nel caso di un file audio o video, l'evento è associato ad un istante temporale del file. Al discente che visualizza un file in esecuzione, una volta raggiunto l'istante, preimpostato dall'amministratore, appare la finestra col CAPTCHA. Anche in questo caso, lo studente deve inserire il codice corretto per poter riprendere la visualizzazione del file. Anche un file multimediale può contenere più eventi CAPTCHA e, analogamente ai file testuali, la scelta degli istanti temporali del file a cui associare un evento CAPTCHA è affidata all'amministratore del sistema, che può ad esempio scegliere di inserirli al completamento della spiegazione di un argomento.

L'evento CAPTCHA casuale è indipendente dal tipo di file della sessione. In fase di creazione o di modifica della sessione, viene impostato un timeslot, ovvero un intervallo di tempo calcolato in secondi entro il quale, in un istante casuale, sempre in

secondi, appare la finestra col CAPTCHA. Quindi la casualità è all'interno di un timeslot. Durante l'intera sessione FAD, che comincia nel momento in cui viene mostrato a schermo il file e termina quando l'utente arriva all'ultima pagina del documento, o alla fine del video, è in esecuzione un timer della durata del timeslot impostato. Giunto all'istante casuale, automaticamente stabilito alla partenza del timer stesso, appare la finestra col CAPTCHA ed il timer viene messo in pausa. Dopo che l'utente ha inserito la sequenza corretta di caratteri, egli riprende la visualizzazione della sessione e al contempo il timer riprende la sua esecuzione fino al termine del timeslot. Nello stesso istante, riparte un nuovo timer, sempre della durata di un timeslot e viene settato un nuovo istante temporale casuale, generalmente diverso da quello precedente, raggiunto il quale appare la finestra con un nuovo CAPTCHA. La sequenza di timer viene interrotta quando l'utente chiude la sessione o, nel caso di un file video o audio, quando questo raggiunge la fine.

Si possono definire tre tipologie di casualità che vengono adottate per il sistema:

1. *Casualità nel contenuto*: i caratteri appartenenti alla sequenza del CAPTCHA sono del tutto casuali e hanno un range di 36 elementi, ovvero 26 lettere minuscole e 10 cifre.
2. *Casualità nello spazio*: la finestra che rivela il CAPTCHA appare in un punto casuale dello schermo, per meglio testare il tempo di risposta dell'utente alla risoluzione di un CAPTCHA.
3. *Casualità nel tempo*: gli istanti temporali in cui la finestra col CAPTCHA appare, sono casuali entro l'intervallo di tempo del timeslot.

Gli eventi CAPTCHA casuali soddisfano tutte e tre le casualità, mentre quelli manuali soddisfano le prime due. Lo studente non è al corrente né della logica di impostazione degli eventi CAPTCHA manuali nelle pagine del file testuale o negli istanti temporali del file multimediale, né del timeslot impostato per gli eventi CAPTCHA casuali. Il timer in esecuzione durante la sessione è del tutto trasparente allo studente.

Al fine di utilizzare i CAPTCHA anche per consentire l'uso del percorso formativo FAD solo all'utente autorizzata, è stato introdotto nella sperimentazione la generazione del CAPTCHA mediante crittografia visuale, che genera uno dei due "share" (puntinato di pixel quadrati bianchi e neri) in modo che la sua perfetta sovrapposizione sullo "share" in dotazione dell'utente, faccia apparire la sequenza del CAPTCHA, come mostrato in Fig.2.

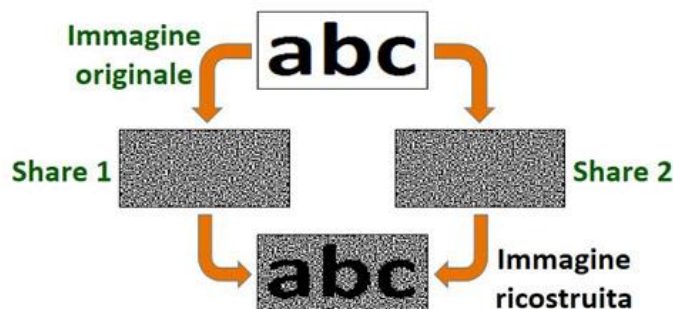


Fig.2 – Esempio di crittografia visuale

## 2.2 Metriche

Tramite l'utilizzo dei CAPTCHA, il sistema calcola il grado di attenzione dello studente durante la sessione FAD. Un alto grado di attenzione dimostra che lo studente è concentrato sulla lezione, è effettivamente davanti allo schermo e sta seguendo rigorosamente l'avanzare della sessione. Viceversa, un basso grado di attenzione stabilisce che lo studente non è concentrato sulla lezione, perché è annoiato dagli argomenti trattati oppure perché è distratto da qualcos'altro.

Nel lavoro svolto, sono stati misurati tutti quei parametri estrapolabili dallo scenario rappresentato dalla visualizzazione di un CAPTCHA e dell'inserimento dei caratteri che lo compongono. Partendo da questi parametri, è stata formulata un'espressione che determina in maniera dettagliata il grado di attenzione dello studente. Tali parametri sono:

1. *Numero di caratteri del CAPTCHA*: lunghezza della sequenza di caratteri mostrata nella finestra; il valore di questo parametro è impostato a priori nel sistema.
2. *Numero di tentativi*: numero di volte in cui l'utente inserisce una sequenza di caratteri prima di individuare quella corretta.
3. *Numero di tasti premuti*: numero di tasti premuti dall'utente prima di comporre correttamente l'intera sequenza.
4. *Tempo di reazione*: intervallo di tempo dall'istante in cui appare la finestra col CAPTCHA all'istante in cui l'utente digita il primo carattere della sequenza.
5. *Frequenza media di digitazione*: numero di caratteri digitati dall'utente nell'unità temporale, considerando dal secondo all'ultimo carattere digitato.

**Numero di tentativi.** Se l'utente ha necessità di usufruire di più tentativi per inserire la sequenza corretta, significa che il suo livello di concentrazione è basso. Con l'aumentare del numero di tentativi che l'utente sfrutta per inserire la sequenza corretta, aumenta la probabilità di mancanza di attenzione verso la sessione FAD. Uno studente attento digita la sequenza corretta sfruttando un solo tentativo. Nell'ideazione dell'espressione per il calcolo del grado di attenzione, si è considerato il numero di tentativi ed è stata definita la funzione  $f(n)$ , con  $n$  numero naturale e così definita:

$$f(n) = \begin{cases} \frac{N^2 - n^2}{N^2 - 1} & \text{per } 1 \leq n \leq N \\ 0 & \text{per } n > N \end{cases}$$

$n$  indica il numero di tentativi sfruttati dall'utente per inserire la sequenza corretta e  $N$  il numero minimo di tentativi per i quali il contributo di tale metrica al calcolo del grado di attenzione è nullo. Il grafico della funzione  $f(n)$  per  $N = 5$  è rappresentato in Fig.3.

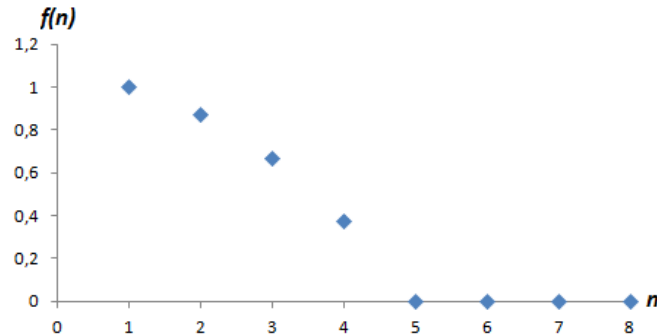


Fig.3 – Grafico della funzione  $f(n)$ .

E' stata scelta questa funzione perché il suo contributo al grado di attenzione deve ridursi all'aumentare del numero di tentativi utilizzati dall'utente per inserire la sequenza corretta (quindi esso decresce più velocemente con l'aumentare di  $n$ ). Tale scelta è stata effettuata poiché si ritiene più grave sbagliare su più tentativi rispetto ad uno solo.

**Numero di tasti premuti.** L'utente può accorgersi di aver digitato un carattere errato e quindi cancellarlo per scrivere il carattere giusto. Per cancellazione si intende la pressione del tasto Backspace oppure la selezione di uno dei caratteri digitati. Questa situazione può verificarsi più volte in un unico tentativo di inserimento. Il sistema monitora il numero di tasti premuti dall'utente e, nel caso esso superi il numero di caratteri mostrati a video, significa che sono state effettuate delle cancellazioni. Il numero di tasti premuti può quindi determinare il grado di attenzione dell'utente per le stesse motivazioni del numero di tentativi: al crescere del numero di caratteri digitati, si riduce il grado di attenzione. Il contributo di questo parametro nel calcolo del grado di attenzione dello studente è dato dalla funzione  $g(k)$ , con  $k$  numero naturale e così definita:

$$g(k) = \begin{cases} \frac{K - k}{K - C} & \text{per } C \leq k \leq K \\ 0 & \text{per } k > K \end{cases}$$

$C$  indica il numero caratteri che costituiscono il CAPTCHA ed è un valore preimpostato nel sistema (si è scelto di utilizzare codici CAPTCHA di 6 caratteri, quindi  $C = 6$ ),  $k$  indica il numero di tasti premuti dall'utente per inserire la sequenza e  $K$  il numero minimo di caratteri per i quali il contributo di tale metrica al calcolo del grado di attenzione è nullo. Per valutare  $K$  è stata presa in considerazione la lunghezza del CAPTCHA. In particolare, si è scelto  $K = 3C$ . La Fig.4 mostra il grafico della funzione  $g(k)$  per  $C = 6$  e  $K = 3C$ .

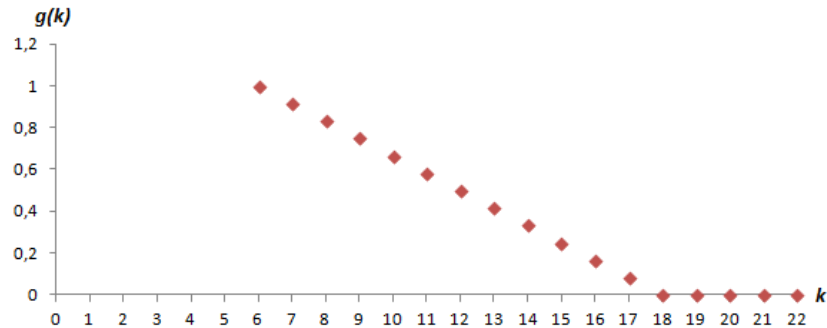


Fig.4 – Grafico della funzione  $g(k)$ .

**Tempo di reazione.** Se l'utente durante la sessione FAD è distratto da altro mentre è in postazione di studio oppure è lontano da essa, impiega molto tempo per digitare il primo carattere della sequenza. Se invece egli è concentrato sulla lezione, all'apparizione del CAPTCHA, si appresta alla digitazione in poco tempo. E' necessaria quindi una soglia temporale che permetta di classificare il tempo di reazione. Per il calcolo del contributo del tempo di reazione, è stata messa a punto la funzione  $h(t_R)$ , con  $t_R$  numero reale positivo e così definita:

$$h(t_R) = \begin{cases} \frac{T^2 - t_R^2}{T^2 - a^2} & \text{per } 0 \leq t_R \leq T \\ 0 & \text{per } t_R > T \end{cases}$$

Dove  $t_R$  è il tempo di reazione dell'utente,  $a$  è la soglia temporale e  $T$  è il tempo minimo per il quale il contributo del tempo di reazione al calcolo del grado di attenzione è nullo. Sono state eseguiti dei test per determinare la soglia  $a$ . Si è impostato  $a = 2.9$  secondi. La Fig.5 mostra il grafico della funzione  $h(t_R)$  per  $a = 2.9$  e  $T = 10$ .

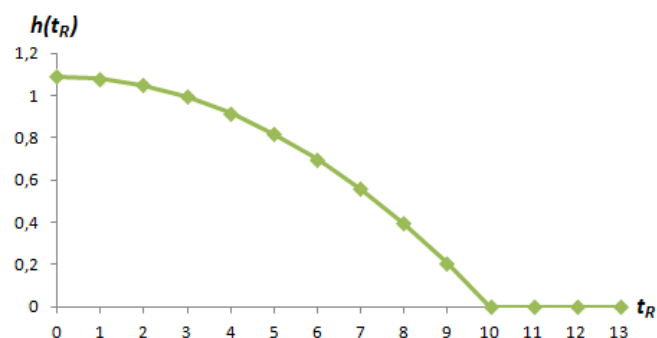


Fig.5 – Grafico della funzione  $h(t_R)$ .

**Frequenza media di digitazione.** Partendo dall'istante temporale in cui viene digitato il primo carattere della sequenza, che come si è detto determina il tempo di reazione, l'utente prosegue l'inserimento del resto del codice, impiegando un certo tempo. Utilizzando questo valore ed il numero di caratteri che compongono il CAPTCHA (ad esclusione del primo), è possibile determinare la frequenza media di digitazione dei caratteri:

$$f_{media} = \frac{\text{lunghezza del CAPTCHA} - 1}{\text{intervallo di digitazione (dal 2° all'ultimo carattere)}}$$

La frequenza media di digitazione è alta se lo studente sta seguendo con attenzione la lezione; se l'utente è disattento, la digitazione dei tasti è più lenta e di conseguenza la frequenza si riduce. Anche per questo parametro, è necessario stabilire una soglia che indichi se la frequenza è classificabile come alta o bassa. La velocità di digitazione su una tastiera varia da persona a persona e dipende dal livello di informatizzazione dell'utente. Esso è alto per utenti di età più giovane, come ad esempio i nativi digitali, abituati ad utilizzare quotidianamente i dispositivi elettronici, oppure per chi svolge un'attività professionale con un computer. Tale livello è invece più basso per utenti di età avanzata o non abituati all'utilizzo di dispositivi elettronici. Non è possibile quindi considerare per il calcolo del grado di attenzione la sola frequenza di digitazione del CAPTCHA, dato che una bassa velocità non presuppone che l'utente sia stanco e disattento, ma può indicare la presenza di un utente con un basso livello di informatizzazione.

Per questo motivo, si è scelto di associare alla frequenza media di digitazione dei caratteri del CAPTCHA un altro parametro, ovvero la frequenza media di digitazione del particolare utente in un momento diverso dalla sessione FAD. Si è deciso di estrapolare questo parametro in fase di registrazione dell'utente alla piattaforma. Il sistema gli mostra tre finestre sequenziali, ognuna contenente un CAPTCHA. L'utente deve inserire da tastiera i codici letti. In questo modo viene rilevata la frequenza media di digitazione in uno scenario in cui l'utente può essere considerato attento. Questo valore viene poi utilizzato per il calcolo della seguente metrica:

$$\frac{f_{FAD}}{f_0}$$

dove  $f_{FAD}$  è la frequenza media di digitazione di un CAPTCHA durante una sessione FAD e  $f_0$  è la frequenza media di digitazione di un CAPTCHA durante la registrazione alla piattaforma. In questo modo la frequenza di digitazione risulta normalizzata al valore  $f_0$ .

### 2.3 Attention Degree

Per formulare l'espressione del grado di attenzione, è stato assegnato ad ogni metrica un suo peso su un totale di 100. In particolare:

- Al tempo di reazione è stato assegnato peso 45;
- Al numero di tentativi, peso 25;
- Alla frequenza media, peso 20;
- Al numero di tasti premuti, peso 10.



E' stata infine ricavata l'espressione complessiva del grado di attenzione, indicato con AD (*Attention Degree*):

$$AD = 25 f(n) + 10 g(k) + 45 h(t_R) + 20 \frac{f_{FAD}}{f_0}$$

### 3 Conclusioni

La piattaforma di e-learning realizzata consente all'amministratore di dedurre il modo in cui un discente stia affrontando il proprio percorso formativo, analizzando il mutamento del suo grado di attenzione di sessione in sessione. L'amministratore può visualizzare le date di accesso dello studente a una sessione e lo stato di completamento, al fine di verificare se egli è o meno al passo con le lezioni. Inoltre, l'amministratore può esaminare il grado di attenzione di tutti gli studenti che seguono un corso o che hanno partecipato a una sessione. Questa informazione gli può essere utile per valutare l'efficienza del materiale messo a disposizione sulla piattaforma. Se un gran numero di discenti mostra uno scarso livello di attenzione, è possibile che dipenda dalla poca chiarezza di esposizione degli argomenti. In questo caso, l'azienda può decidere di modificare il materiale nel contenuto, oppure suddividerlo in sessioni secondo un diverso criterio. Se, invece, il corso o la sessione risultano seguiti con attenzione dagli studenti, la buona qualità del contenuto erogato è garantito e l'amministratore non dovrà alterare il materiale, ritenendosi soddisfatto del servizio reso dalla sua azienda.

Ogni allievo può visionare il proprio livello di attenzione nei corsi seguiti, prendendo coscienza della propria condotta. Può comprendere se stia affrontando correttamente il proprio percorso formativo e se il suo ritmo di studio sia al passo con la pubblicazione delle sessioni. Può decidere di rivedere le sessioni a cui ha già partecipato, qualora sia convinto che il grado di attenzione mostrato non rispecchi le sue aspettative. Uno studente che prende sul serio il proprio apprendimento, non rischia di presentarsi all'esame finale con lacune sugli argomenti. La piattaforma gli permette di correggere i suoi errori in tempo e prepararsi al meglio per la valutazione.

Il tool realizzato soddisfa pienamente i requisiti definiti in fase di analisi. Tuttavia è possibile ampliarlo, estendendo le funzionalità di gestione della piattaforma. L'espressione del grado di attenzione ideata tiene conto dei parametri che si è scelto di monitorare durante le sessioni FAD, ma è anche possibile ampliare l'analisi aggiungendo nuove metriche misurabili. Inoltre, possono essere ideati nuovi test, per estrapolare più informazioni dalla condotta degli studenti. Per esempio, analizzare i parametri monitorati per ricavare l'andamento del grado di attenzione durante una sessione e decidere se suddividerla in sessioni differenti, qualora i discenti abbiano un livello di attenzione maggiore all'inizio, che si riduce con l'avanzare della sessione.

Il meccanismo di autenticazione dello studente prevede sia l'inserimento della password che il caricamento di un'immagine personale, riducendo la probabilità che un soggetto esterno possa prendere il posto dell'utente autorizzato. Questo però vale nel caso in cui quest'ultimo non voglia che qualcuno comprometta la sua condotta. Se lo studente, di sua volontà, cede la postazione di studio a un altro individuo, il sistema non può accorgersi della sostituzione e la scorrettezza emergerà solo in fase di valutazione

finale, quando la preparazione del discente non sarà all'altezza dei quesiti posti dagli esaminatori. Per risolvere questo problema, si può pensare di aggiungere nuovi controlli alla piattaforma, come un sistema che garantisca l'identificazione dello studente mediante riconoscimento facciale [5]. E' anche possibile implementare nuove forme di inserimento del codice CAPTCHA, come quello vocale: lo studente non digita la sequenza di caratteri da tastiera, ma ne legge il contenuto, permettendo al sistema di rilevare il segnale vocale ed eseguire un algoritmo di *speaker e speech recognition* per verificare se sia stato proprio l'utente autorizzato a pronunciare la sequenza.

Inoltre, si può pensare di sostituire i codici CAPTCHA con domande inerenti i contenuti della sessione, così un amministratore potrà inserire un evento CAPTCHA a conclusione di un qualsiasi argomento trattato. Se lo studente risponde correttamente alle domande poste, può proseguire nella sessione, altrimenti deve rileggere o rivedere la parte di lezione che affronta quell'argomento e rieseguire il test.

Allo stato attuale non risultano presenti in letteratura scientifica analoghe applicazioni ispirate a soluzioni combinate come quelle proposte in questo lavoro.

## **Bibliografia**

1. Moni Naor, Adi Shamir, "Visual cryptography", *Advances in Cryptology: Eurpocrypt '94*, Lecture Notes in Computer Science, vol. 950, Springer-Verlag, Berlin, pp. 1-12, 1995.
2. Giuseppe Ateniese, Carlo Blundo, Alfredo De Santis, Douglas R. Stinson, "Visual cryptography for general access structures", *Information and Computation*, vol. 129, pp. 86-106, 1996.
3. Giuseppe Ateniese, Carlo Blundo, Alfredo De Santis, Douglas R. Stinson, "Extended capabilities for visual cryptography", *Theoretical Computer Science*, vol. 250, pp. 143-161, 2001.
4. Meltem Sönmez Turan, Elaine Barker, William Burr, Lily Chen, "Recommendation for Password-Based Key Derivation – Part 1: Storage Applications", NIST Special Publication 800-132, December 2010.
5. G. Mastronardi, G. Buonomassa, T. Patruno, C. Pierri: "Tecniche Biometriche Combinate nei Processi di eLearning e eVoting", *Convegno Didamatica 2014*, Napoli, Mondo Digitale Anno XIII n. 54, pp. 891–904.