

Insegnare la psicometria: Come aumentare l'interesse per una disciplina STEM in un corso di studi non-STEM

Teaching Psychometrics: How to increase interest in a STEM discipline in a non-STEM course of study

Enseñar la psicometría: cómo aumentar el interés en una disciplina STEM en un curso de estudio que no es STEM

Andrea Bosco

*Dipartimento di Scienze della Formazione, Psicologia, Comunicazione
Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Italia*

Sunto. *Le discipline STEM e in particolare la matematica possono essere motivanti e utili anche per gli studenti che si iscrivono a corsi di laurea non-STEM. Tuttavia, queste discipline possono essere percepite come ostiche e meno rilevanti rispetto alle discipline più tradizionali, come le scienze umane o sociali. Per motivare gli studenti, è possibile definire chiaramente il valore delle discipline STEM. Presentare le discipline STEM in modo coinvolgente e accessibile. È possibile adottare metodologie didattiche innovative che stimolino l'interesse e la curiosità degli studenti e favorire il lavoro di gruppo che può aiutare gli studenti a comprendere meglio le discipline e a sviluppare competenze di collaborazione e problem solving. In particolare, ci si concentra sull'insegnamento della psicometria, una disciplina che richiede competenze matematiche e statistiche avanzate. La psicometria può essere motivante per gli studenti se viene presentata in modo chiaro e accessibile e se si concentra sulle applicazioni pratiche della disciplina. Le tecnologie possono essere utilizzate per rendere l'apprendimento della psicometria più coinvolgente e interattivo. Ad esempio, i docenti possono utilizzare software di simulazione per aiutare gli studenti a comprendere i concetti matematici e statistici. Tra le strategie didattiche che possono essere utilizzate per motivare gli studenti a studiare la psicometria, l'autore propone quindi l'uso delle tecnologie e la Team-based learning. In conclusione, le discipline STEM possono essere motivanti e utili anche per gli studenti che si iscrivono a corsi di laurea umanistici. Per motivare questi studenti, è importante definire chiaramente il valore delle discipline STEM, presentarle in modo coinvolgente e accessibile e favorire il lavoro di gruppo.*

Parole chiave: Didattica della psicometria; matematica; discipline STEM; tecnologie; team-based learning

Abstract. *STEM subjects, especially mathematics, can be motivating and useful for*

students who enroll in non-STEM undergraduate programs. However, these subjects can be perceived as difficult and less relevant than traditional subjects such as the humanities or social sciences. To motivate students, the author proposes a series of strategies, including clearly define the value of STEM subjects. Students need to understand how these subjects can be useful for their future careers and personal lives. Present STEM subjects in a stimulating and accessible way. Teachers can use innovative teaching methods that stimulate students' interest and curiosity. Foster teamwork. Teamwork can help students better understand STEM subjects and develop collaboration and problem-solving skills. In particular, the focus is on the teaching of psychometrics, a discipline that requires advanced mathematical and statistical skills. Psychometrics can be motivating for students if it is presented clearly and accessibly and if it focuses on the practical applications of the discipline. Technologies can be used to make the learning of psychometrics more stimulating and interactive. For example, teachers can use simulation software to help students understand mathematical and statistical concepts. Among the teaching strategies that can be used to motivate students, there is the team-based learning. In conclusion, STEM subjects can be motivating and useful for students who enroll in liberal arts, social and psychological undergraduate programs. To motivate these students, it is important to clearly define the value of STEM subjects, present them in a stimulating and accessible way, and foster teamwork.

Keywords: teaching psychometrics; mathematics; STEM subjects; technologies; team-based learning

Resumen. *Las disciplinas STEM y, en particular la matemática, pueden ser motivadoras y útiles para los estudiantes que se matriculan en carreras que no son STEM. Sin embargo, estas disciplinas pueden percibirse como difíciles y menos relevantes que disciplinas más tradicionales, como las humanidades o las ciencias sociales. Para motivar a los estudiantes, se puede definir claramente el valor de las disciplinas STEM. Presentar las disciplinas STEM de una manera atractiva y accesible. Es posible adoptar metodologías docentes innovadoras que estimulen el interés y la curiosidad de los estudiantes y fomenten el trabajo en grupo, que puede ayudar a los estudiantes a comprender mejor las disciplinas y a desarrollar habilidades de colaboración y resolución de problemas. En particular, nos enfocamos en la enseñanza de la psicometría, una disciplina que requiere habilidades matemáticas y estadísticas avanzadas. La psicometría puede resultar motivadora para los estudiantes si se presenta de forma clara y accesible y si se centra en las aplicaciones prácticas de la disciplina. Se pueden utilizar tecnologías para hacer que el aprendizaje de la psicometría sea más atractivo e interactivo. Por ejemplo, los profesores pueden utilizar software de simulación para ayudar a los estudiantes a comprender conceptos matemáticos y estadísticos. Por esto, entre las estrategias didácticas que se pueden utilizar para motivar a los estudiantes a estudiar psicometría, el autor propone el uso de tecnologías y el aprendizaje basado en equipos. En conclusión, las disciplinas STEM también pueden ser motivadoras y útiles para los estudiantes que se matriculan en carreras de*

humanidades. Para motivar a estos estudiantes, es importante definir claramente el valor de las disciplinas STEM, presentarlas de una manera atractiva y accesible y fomentar el trabajo en equipo.

Parabras clave: Enseñanza de la psicometría; matemáticas; disciplinas STEM; tecnología; aprendizaje en equipo

1. Introduzione

Si dice che il grande economista John Maynard Keynes fosse solito ripetere un vecchio proverbio inglese che suona più o meno così: si può portare il cavallo alla fontana, ma non lo si può convincere a bere. Di là del significato che questa massima aveva per uno dei principali sostenitori del liberalismo sociale, credo rappresenti una valida metafora dell'insegnamento. Il nostro compito è favorire l'apprendimento e correggere eventuali distorsioni nel metodo d'insegnamento e poi, però, dobbiamo saper attendere che chi apprende trovi la propria strada, che partecipi attivamente alla propria formazione. In alcuni casi la convergenza tra offerta e domanda di formazione è facile da realizzare. Alcune discipline mainstream o prototipiche all'interno di un corso di studi universitario trovano spontaneamente il pieno apprezzamento degli studenti e delle studentesse. Sono quelle discipline che apportano le conoscenze che erano fin dal principio interessate ad approfondire. Vi sono poi altre discipline che allo sguardo dell'esperto risultano vantaggiose per la piena espressione degli atti tipici di una professione e che però non mostrano la medesima validità di facciata di quelle prototipiche di cui sopra, risultano spesso più ostiche e meno chiaramente associabili a quello che, magari sulla base di un pregiudizio, è considerato il core business di una professione associata a un percorso di formazione universitaria. In questo breve saggio intendo affrontare proprio questo argomento: come si possono creare le condizioni per motivare gli studenti ad avvicinarsi, impegnarsi e appassionarsi allo studio di discipline STEM in corsi universitari non-STEM quali quelli umanistici o delle scienze sociali. Farò più direttamente riferimento agli insegnamenti riferibili al settore scientifico disciplinare di psicometria che costituiscono le discipline con maggiore contenuto tecnico – in senso matematico e statistico – tra quelle che gli studenti dei corsi universitari in psicologia incontrano nel loro percorso universitario e certamente quelle che di più sembrano divergere da ciò che è considerato prototipico all'interno di quei corsi di studi e dalla professione cui preparano.

Comincerò col definire sinteticamente le criticità intrinseche delle discipline STEM e tra queste della matematica. Passerò quindi a discutere le difficoltà associate all'insegnamento delle discipline STEM e della matematica in corsi di studio non-STEM, in particolare della psicometria, disciplina alleata della

matematica e della statistica, nei corsi di psicologia. Concluderò con un cenno all'uso delle tecnologie al servizio dell'apprendimento di matematica, statistica e psicomètria e alla *Team-based learning* applicata all'oggetto di questo saggio e a come questa strategia didattica si accordi perfettamente con le indicazioni che provengono da chi insegna queste discipline presso i corsi di psicologia. L'obiettivo è aumentare l'interesse, ottimizzare la performance di studentesse e studenti in queste discipline attraverso l'incremento della motivazione all'approfondimento, anche attraverso il peer-tutoring caratteristico del lavoro in team.

2. Le criticità nell'insegnamento delle discipline STEM

Le discipline STEM si riferiscono principalmente all'apprendimento di contenuti di Scienza, Tecnologia, Ingegneria e Matematica. Includono discipline come matematica, fisica, ingegneria, informatica, biologia, chimica e altre ancora. Queste discipline sono spesso fortemente interdisciplinari, nel senso che coinvolgono aspetti e contenuti relativi a più discipline. Richiedono anche l'affinamento, da parte dello studente, di una spiccata capacità di problem-solving (e.g., Hiebert, 1996), nonché una profonda comprensione dei concetti matematici e scientifici sottostanti.

La difficoltà di insegnare discipline STEM è dovuta, quindi, all'intersecarsi di ragioni differenti. Uno dei motivi principali è che le discipline STEM sono intrinsecamente complicate e richiedono una grande quantità di conoscenze e la comprensione di concetti di base senza i quali risulta estremamente difficile orientarsi. Quindi, da una parte i molti pre-requisiti che devono essere posseduti, dall'altra il problem-solving e, infine, l'intensa rete di conoscenze interdisciplinari, potrebbero giustificare la difficoltà d'insegnamento di queste discipline rispetto altri tipi di saperi.

La psicomètria può essere pensata come una derivazione della matematica e della statistica applicata a problemi di misurazione quantitativa in psicologia. Include lo sviluppo e l'uso di test, i sondaggi e altri strumenti per misurare tratti psicologici, abilità e atteggiamenti e per analizzarne i dati raccolti nelle indagini empiriche condotte sul campo quanto in laboratorio.

2.1. Le criticità nell'insegnamento della matematica e discipline alleate in corsi di studio non-STEM: il caso della psicomètria nei corsi di psicologia

Come dicevamo, può essere difficile insegnare discipline STEM in un corso umanistico perché le discipline STEM tendono ad essere altamente tecniche e

richiedono agli studenti una buona comprensione e capacità di soluzione di problemi matematici e statistici. In un suo saggio Sartori (2011) attribuisce al grande psicologo americano e studioso dell'intelligenza Joy Guilford l'idea che lo sviluppo di una scienza derivi dalla sua capacità di fare uso della matematica, e certamente la psicometria - la psicofisica e la psicologia sperimentale ancor prima - costituiscono le più dirette articolazioni della matematica applicata alla psicologia quando ha cominciato a strutturarsi come scienza. È pertanto innegabile l'utilità delle applicazioni matematiche per istruire all'uso consapevole degli strumenti quantitativi che la scienza psicologica ha sviluppato nel tempo. D'altro canto, quando le matricole dei corsi triennali di psicologia arrivano a frequentare discipline che richiedono il ricorso alla matematica, provengono da percorsi della scuola secondaria superiore che hanno certamente fornito loro gli elementi di base dell'algebra e della geometria utili per affrontare i temi della disciplina psicometrica. Eppure, difficoltà e diffidenza nelle studentesse e negli studenti permangono e ciò è evidente dalle risposte ricevute nei questionari di valutazione degli insegnamenti di questo settore disciplinare. Solitamente i voti più bassi riguardano l'interesse che i rispondenti dichiarano per la disciplina.

Vediamo allora come un gruppo di docenti di statistica da sempre impegnato a insegnare questa disciplina declinata in corsi di studio psicologici ha pensato di poter risolvere il problema dell'accettabilità e dell'interesse per le discipline matematiche e statistiche a psicologia. Mi riferisco ad Aron, Coups e Aron che nel loro 'Statistics for Psychology', 6° edizione del 2014 (Aron et al., 2014) aprono il loro volume con una ricetta per il docente e una per lo studente che si appropria allo studio della disciplina.

Al docente gli autori anticipano che il loro obiettivo è stato da sempre di rendere l'apprendimento della disciplina veramente più piacevole e meno angosciante per gli studenti. Già questo obiettivo mi pare abbia un orientamento corretto. La letteratura scientifica sulla relazione vantaggiosa tra apprendimento ed emozioni positive è talmente copiosa che è irresponsabile non tenerne conto (e.g., Seligman et al., 2009). Quindi il primo compito che ci dobbiamo dare come docenti è quello di comunicare chiaramente che è possibile capire e usare quello che viene insegnato e che il rigore non necessariamente confligge con la piacevolezza delle attività proposte. Ma più in dettaglio, secondo gli autori già citati, quali sono gli 'aspetti core' dell'insegnamento della statistica e della psicometria agli psicologi?

2.1.1. Praticare il linguaggio matematico

Nella spiegazione è indispensabile fornire una descrizione accurata dei simboli (che devono essere riportati nella loro forma più semplice possibile), per evitare

che restino dei dubbi sul significato degli elementi di base del linguaggio utilizzato. Le formule definitorie sono poste al centro della spiegazione di ogni argomento. Quando poi tali formule sono scelte per essere applicate, la quantità di dati da elaborare negli esercizi e nelle verifiche deve essere adeguatamente ridotta per rendere i calcoli gestibili. Quindi, resta importante insegnare il calcolo a mano, per esempio, di una varianza perché è importante essere consapevoli della pratica del calcolo, pure informando studentesse e studenti che i pacchetti statistici disponibili open source fanno quello stesso compito senza sforzo alcuno. La formula definitoria aiuta tutti gli studenti a procedere con la sequenza delle corrette operazioni. Per la varianza dovremo pertanto dire che il calcolo della varianza inizia con il calcolare lo scostamento di ogni valore della serie dalla media. Tutti gli scostamenti devono essere elevati al quadrato (operazione che elimina i segni), e poi si calcola la loro media. Tutto questo corrisponde alla formula semplificata $varianza = [\sum(X - M)^2]/N$ invece della più complicata (e corretta sul piano computazionale) $varianza = [\sum X^2 - (\sum x)^2/N]/N$.

Personalmente, mi chiedo anche se sia necessaria e imprescindibile per la diffusione della disciplina tra gli psicologi la pratica di mandare a memoria le formule o se non sia più vantaggioso consentire il loro recupero da un formulario. Questa pratica favorirebbe quanti potrebbero incontrare difficoltà specifiche di apprendimento a carico delle funzioni mnestiche. Tale abilità di base non dovrebbe essere al centro della verifica di profitto e anzi, insieme ad altri aspetti che non sono oggetto diretto di insegnamento, finisce per svolgere il ruolo di variabile confondente durante le verifiche di profitto (per una trattazione approfondita di questo tema si veda Coderre, 2022).

2.1.2. Usare più codici e più modalità nella spiegazione

Il secondo aspetto ha a che fare con i diversi codici che possono essere utilizzati durante l'introduzione degli argomenti in classe. È, pertanto, buona prassi adottata dai citati autori ricorrere a versioni sia numeriche che verbali delle spiegazioni e, ove possibile fornirne anche la versione visiva/grafica. I diversi modi di esprimere la medesima idea aumentano la possibilità che sia acquisita e consolidata nel tempo. Essi favoriscono inoltre i diversi stili cognitivi che, seppure non determinanti, possono dare un contributo al processo di apprendimento (per una rassegna recente Wang et al., 2022).

2.1.3. La psicometria come supporto alla lettura di articoli scientifici

Il terzo aspetto riguarda il ruolo che lo studio della statistica e della psicometria ha nell'apprendimento della tecnica di lettura degli articoli scientifici. Questo aspetto è certamente uno dei più rilevanti per giustificare la presenza di insegnamenti di discipline statistiche e psicometriche nei corsi di studio

umanistici e psicologici, in particolare. Infatti, dovremmo essere attenti a comunicare che nel corso della vita professionale, il costante aggiornamento previsto dagli attuali ordinamenti professionali richiederà di dedicare parte del proprio tempo di lavoro alla lettura di articoli scientifici che nella maggior parte dei casi riporta, in modo non scolastico, le statistiche utilizzate, cioè senza spiegare dettagliatamente i passaggi, confidando implicitamente nella disponibilità di quelle nozioni nel lettore esperto.

2.1.4. La psicometria come supporto all'aggiornamento tecnico

Il quarto punto sottolinea il ruolo che ha l'aggiornamento e l'attualizzazione dei contenuti. È vero che dagli anni cinquanta in poi non sono stati introdotti nuovi metodi o tecniche che abbiano modificato significativamente il contenuto delle discipline statistiche e psicometriche, ma è altrettanto vero che i ricercatori si concentrano oggi più di allora su temi quali la dimensione dell'effetto, la potenza e i limiti dei test di significatività, gli esiti delle meta-analisi e su questi, più di tutti, sul ruolo che i computer e la politica dei software statistici open source hanno avuto nella diffusione di analisi statistiche sempre più sofisticate, appannaggio non più di pochi.

2.1.5. Agire sulla motivazione

Il quinto punto riguarda la necessità di agire direttamente sulla motivazione delle studentesse e degli studenti. La prima proposta per raggiungere l'obiettivo di avere in classe studentesse e studenti motivati consiste nel ricorso a esempi, argomenti o popolazioni che risultano interessanti per loro. È pertanto necessario fare ricorso a temi relativi alla psicologia nelle sue diverse declinazioni, come anche alle neuroscienze, affinché le studentesse e gli studenti apprezzino le specificità dei diversi approcci, sottolineando le soluzioni che la statistica e la psicometria trovano per comprendere in profondità quei temi, cercando quindi attivamente di contrastare quella sensazione che a volte si ha di studiare la teoria perché è necessario. Una seconda iniziativa riguarda una questione più sottile che ha che fare con la nozione di insight. In altri termini è estremamente utile rendere la spiegazione tanto semplice e sistematica da consentire che chi apprende possa dire frequentemente «ho capito», favorendo quindi quel senso di illuminazione che si ha quando si realizza che, finalmente, un concetto è diventato chiaro e si appresta a diventare familiare. È noto quanto ciò che ho descritto sostenga il senso di autoefficacia che è un mediatore favorente l'aumento della frequenza di comportamenti più significativi ai fini dell'apprendimento delle conoscenze e delle competenze tipiche della disciplina (la letteratura sui mediatori psicologici in grado di favorire l'apprendimento della matematica nei corsi universitari è copiosa, si veda p.e. Damrongpanit, 2019).

2.1.6. La psicometria come campo di ricerca dinamico

Il sesto suggerimento degli autori citati è di porre l'enfasi sui metodi statistici e psicometrici come campo di ricerca vivo, dinamico e in evoluzione. È necessario dedicare tempo per descrivere problemi nascenti e modi originali per risolverli, come anche narrare episodi legati a ricercatori famosi, alle applicazioni pratiche della disciplina, a fatti della storia della disciplina che possono risultare interessanti per studentesse e studenti e in grado di avvicinare chi studia all'argomento sempre più visto come uno sforzo umano, non dato in natura, di trovare un modo per dare un senso all'insieme di informazioni ottenute negli studi e nelle ricerche. L'obiettivo è di favorire un atteggiamento interrogativo e vigile, uno stile di apprendimento che sia il più vicino possibile a quello del ricercatore impegnato nella propria indagine.

2.2. Un patto in aula: Cosa chiedere agli studenti?

Ma cosa è richiesto alle studentesse e agli studenti da Aron, Coups e Aron per raggiungere l'obiettivo di padroneggiare gli aspetti più significativi della statistica in psicologia e della psicometria? Gli autori sono consapevoli che gli studenti di psicologia sono poco avvezzi alla matematica ma certamente più in sintonia con le idee. Per questa ragione ritengono necessario procedere con spiegazioni che mettano in evidenza l'importanza che la tecnica ha per il raggiungimento della conoscenza e la sua relazione con le idee sottostanti.

Il primo punto che potrebbe motivare allo studio della disciplina è il vantaggio connesso a una più approfondita comprensione degli articoli di ricerca. Senza una sufficiente base di conoscenza nelle discipline statistiche e psicometriche la lettura dei resoconti scientifici rischia di rimanere in superficie. Il secondo punto riguarda la possibilità di portare avanti la propria ricerca durante i master o i corsi di specializzazione. Nel contesto nordamericano e internazionale nel quale i tre studiosi hanno sviluppato la propria esperienza di insegnamento, la frequenza di master e specializzazioni richiede sistematicamente ad allieve e allievi di procedere con lo sviluppo di progetti di ricerca, di taglio clinico-applicativo senza dubbio, ma pur sempre attività che richiedono un massiccio lavoro sui dati raccolti. Il contesto italiano, purtroppo, non necessariamente richiede di procedere con una propria ricerca e analisi dei dati raccolti, soprattutto nei corsi di specializzazione che abilitano alla psicoterapia in cui la fase di descrizione e analisi dei casi conserva preminentemente la cifra di una valutazione aneddotica e raramente fondata sulla sistematica analisi dei dati in prospettiva statistica e psicometrica. La distanza che c'è all'interno dei corsi di formazione alla psicoterapia, in Italia

significativamente demandata ai privati, tra analisi clinica - ideografica - e analisi statistica, probabilistica, psicometrica dei casi, si riflette anche nei corsi di studio universitari di II livello (master e corsi di studio magistrali) ove solo parzialmente si dà la giusta importanza all'approccio statistico e psicometrico al dato, e i laureandi sono impiegati nelle raccolte dei dati mentre le analisi statistiche sono demandate, di frequente, a figure intermedie e già avviate alla ricerca, come dottorandi, assegnisti e ricercatori junior. In questo contesto risulta più difficile consolidare l'idea che una buona preparazione di base in discipline statistiche e psicometriche può avere per la formazione professionale in psicologia.

Il terzo punto che potrebbe essere ben sviluppato e presentato nelle fasi di introduzione dei corsi di statistica e psicometria a psicologia è il valore aggiunto di riflessione e approfondimento che tali insegnamenti richiedono e che possono risultare di grande aiuto a chi intende indagare e analizzare comportamenti, atteggiamenti, rappresentazioni mentali degli esseri umani. In sostanza, le competenze e le conoscenze sviluppate nello studio della psicometria risultano di grande utilità per la maturazione di un atteggiamento critico e analitico.

2.3. Cosa consigliare a chi affronta lo studio della psicometria?

I tre autori già citati forniscono anche cinque suggerimenti fondamentali per il successo nello studio delle discipline statistiche e psicometriche nei corsi di studio psicologici.

2.3.1. Più logica che algebra

Il primo riguarda l'approccio allo studio, più orientato alla logica, ai concetti, ai principi che alla matematica. Più orientato ai perché che ai come. Sono proprio questi elementi a essere indispensabili nella professione psicologica. Una mera attenzione a ottenere i numeri giusti non produce uno scarso vantaggio competitivo nella strutturazione del proprio profilo professionale.

Il secondo riguarda la sequenzialità e la gerarchia dei concetti oggetto di studio. È indispensabile avere piena familiarità (che si conquista con lo svolgimento delle esercitazioni intermedie) con i concetti passati prima di passare ai successivi.

2.3.2. Aspetti pratici per un apprendimento di successo

Il terzo consiglio consiste nel seguire le lezioni con regolarità. La maggior parte degli argomenti è concatenato e la conoscenza è cumulativa. Interrompere il processo di apprendimento, può risultare svantaggioso.

Il quarto consiglio consiste nel approfondire il massimo sforzo, di studio e di esercitazione, dalle prime lezioni, dal momento che gli elementi di base insegnati

nelle prime lezioni risulteranno sempre utilizzati fino alla fine del percorso.

Ultimo ma non meno importante consiglio è di cercare il supporto e il confronto con gli altri studenti. I gruppi di studio e di discussione, il confronto sullo svolgimento delle esercitazioni, sono il valore aggiunto di qualunque processo di apprendimento. I docenti più accorti tendono a favorire questi scambi.

3. Metodologie didattiche innovative per favorire l'apprendimento delle discipline STEM in corsi di studio non-STEM

Esistono diverse tecniche di insegnamento efficaci ed evidence-based per le discipline STEM nei corsi universitari non-STEM. Queste includono l'uso di attività pratiche, simulazioni e studio di casi, nonché l'uso di ausili visivi quali diagrammi e grafici. In tutto questo la tecnologia può essere un supporto molto significativo per favorire l'apprendimento. Inoltre, è importante offrire agli studenti ampie opportunità di praticare e applicare le conoscenze acquisite. È importante definire obiettivi e aspettative chiare per gli studenti attraverso un patto d'aula, nonché frequenti valutazioni formative intermedie per garantire che gli studenti consolidino le conoscenze, la metacognizione e la fondamentale capacità di autovalutazione.

3.1. Le tecnologie al servizio dell'apprendimento delle discipline STEM

Le tecnologie possono svolgere un ruolo cruciale nel supportare l'apprendimento in vari ambiti, tra cui le discipline STEM - e tra queste la matematica - e anche la psicomètria. Di là dal poter fornire una formula in grado di essere applicata in tutte le circostanze, è certamente vero che vi sono alcuni aspetti della tecnologia che sono ormai entrati a fare parte delle nostre pratiche formative (si veda p.e. Carreira et al. 2017). Ecco una serie di esempi di come le tecnologie possono migliorare l'apprendimento in queste aree:

3.1.1. Corsi online e piattaforme di apprendimento

I corsi online offrono accesso a una vasta gamma di argomenti STEM, consentendo agli studenti di imparare al proprio ritmo. Diverse piattaforme offrono corsi in vari ambiti STEM e tra queste la matematica. Tali piattaforme sono in grado di adattare i contenuti alle esigenze individuali degli studenti (vedi sotto paragrafo successivo). Queste piattaforme forniscono feedback immediato per aiutare a rinforzare i concetti, come anche commenti personalizzati in base

agli errori commessi. Le più note e accreditate sono:

- Khan Academy (<https://www.khanacademy.org/>),
- Coursera (<https://www.coursera.org/>),
- edX (<https://www.edx.org/>).

Per quanto è in mia conoscenza, per la psicometria non esistono strumenti specifici. I corsi online potrebbero coprire argomenti relativi alla misurazione e alla valutazione psicologica.

3.1.2. Apprendimento adattivo

Le piattaforme di apprendimento adattativo utilizzano algoritmi per adattare i contenuti educativi proposti ai singoli studenti, adattando il livello di difficoltà in base ai progressi registrati. I sistemi di apprendimento adattativo possono identificare le aree in cui gli studenti incontrano difficoltà e fornire risorse mirate per rafforzare la loro comprensione di specifici concetti matematici. In psicometria esistono modelli di test adattativo che adattano dinamicamente la difficoltà/endorsability delle domande e degli item in base alle risposte del partecipante, garantendo una valutazione più accurata e rapida delle sue capacità. Non vi sono, per quanto in mia conoscenza, esperienze di apprendimento adattivo delle tematiche psicometriche.

3.1.3. Strumenti collaborativi e comunità online

Un'ulteriore evoluzione delle piattaforme di apprendimento sono le funzioni interne a queste pensate specificatamente per favorire il peer-tutoring e le abilità di interazione tra studenti. Le piattaforme collaborative online consentono agli studenti di lavorare insieme a progetti STEM, favorendo lo sviluppo di abilità di lavoro di squadra e la comunicazione orientata all'obiettivo. In psicometria le comunità online possono fornire uno spazio di confronto tra professionisti e studenti per discutere teorie e modelli psicometrici, condividere risorse e collaborare a progetti di ricerca.

3.1.4. Laboratori simulati, in virtual e augmented reality, gamification

Le simulazioni e i laboratori virtuali consentono agli studenti di esplorare concetti complessi in un ambiente controllato. Ad esempio, le simulazioni di fisica possono aiutare gli studenti a comprendere principi come la gravità e il movimento. In matematica possono illustrare concetti e modelli matematici, rendendo le idee astratte più tangibili e concrete. Gli strumenti grafici online, in cui è possibile modificare i parametri di una funzione per vederne immediatamente gli effetti nel grafico, possono aiutare a visualizzare le relazioni matematiche e ad acquisire familiarità con quanto succede, al cambiare dei parametri. In psicometria, le simulazioni possono essere utilizzate per illustrare i

risultati dei test psicologici, i cambiamenti di un profilo al variare dei parametri e in funzione di diverse trasformazioni lineari e non-lineari dei punteggi ottenuti da un campione di partecipanti.

Le piattaforme gamificate spesso incorporano tecniche di risoluzione dei problemi e di pensiero critico. Esistono numerose app matematiche adatte a diversi gruppi di età, che aiutano gli studenti a esercitarsi e rinforzare i concetti matematici attraverso attività interattive e piacevoli (un esempio recente di applicazione in Lee et al., 2023). In psicometria gli strumenti software possono essere utilizzati per somministrare e analizzare valutazioni psicologiche in modo efficiente. Questi strumenti garantiscono procedure di test standardizzate e risultati accurati. Vi sono anche semplici applicazioni che permettono di esercitarsi con la capacità di cogliere visivamente, per esempio, la correlazione tra due variabili presentata mediante un grafico a dispersione (<https://www.guessthecorrelation.com/>).

La realtà aumentata e la realtà virtuale possono fornire esperienze immersive, consentendo agli studenti di esplorare virtualmente complessi fenomeni scientifici. Modelli 3D possono migliorarne la comprensione. Anche in matematica, e quindi per estensione in psicometria, si possono creare ambienti matematici interattivi, consentendo agli studenti di visualizzare concetti astratti in uno spazio tridimensionale o scenari virtuali di valutazioni psicometriche, fornendo un ambiente di test realistico per le persone sottoposte a valutazioni psicologiche.

3.1.5. Chatbot supportato da AI e apprendimento della matematica

Sempre più diffusi e al centro del dibattito, tra utilizzatori entusiasti e detrattori convinti, sono i sistemi di conversazione automatica gestiti da un agente di intelligenza artificiale. Ovviamente essi possono avere un ruolo anche nell'apprendimento della matematica e della psicometria. Un chatbot può assistere su una ampia varietà di concetti matematici, da aritmetica di base a argomenti più avanzati (e.g.; Lee & Yeo, 2022; Nguyen et al., 2019). Ecco alcuni modi in cui un chatbot orientato alla matematica può essere utile:

- risoluzione dei problemi: il chatbot può aiutare gli utenti a risolvere problemi matematici passo dopo passo, fornendo spiegazioni e assistenza lungo il percorso;
- fornire chiarimenti sui concetti: gli utenti possono chiedere al chatbot di spiegare concetti matematici specifici, aiutandoli a comprendere i principi sottostanti;
- training: il chatbot può generare e fornire problemi di pratica agli utenti da risolvere, aiutandoli a rinforzare la loro comprensione e migliorare le loro abilità;

- correzione degli esercizi: gli studenti possono utilizzare il chatbot per ottenere assistenza con i compiti di matematica, che si tratti di risolvere equazioni, disegnare funzioni o di qualsiasi altra attività matematica;
- personalizzazione, interazione, disponibilità: il chatbot può adattare le sue risposte in base al livello di competenza dell'utente, fornendo problemi più impegnativi per studenti avanzati o spiegazioni più semplici per neofiti. L'interfaccia conversazionale risulta più coinvolgente, rendendo il processo di apprendimento più accettabile anche per chi non si sente portato per la disciplina. Il sistema è in grado di fornire soluzioni e spiegazioni 24 ore al giorno, sette giorni su sette, in qualsiasi momento in cui lo studente senta il desiderio di studiare ed esercitarsi.

È certamente evidente che tanti vantaggi sono controbilanciati da rischi connessi con la possibilità di ottenere risposte non sempre appropriate. Risultano essere strumenti più utili per chi ha già un buon livello di preparazione che per il neofita assoluto che potrebbe non essere in grado di discernere tra risposte appropriate e inappropriate.

In sintesi, le tecnologie a nostra disposizione offrono una vasta gamma di strumenti e piattaforme che possono migliorare notevolmente l'esperienza di apprendimento in ambito STEM, della matematica e per estensione della psicometria fornendo opportunità di apprendimento interattivo, adattativo e collaborativo. L'integrazione di queste tecnologie negli ambienti educativi può contribuire a esperienze di apprendimento più efficaci e coinvolgenti per gli studenti.

3.2. Una proposta di team-based learning per l'insegnamento della psicometria

Oltre alle tecnologie riferibili a soluzioni ICT, vi sono anche le cosiddette tecnologie didattiche. Tra le tecniche innovative che possono essere utilizzate per favorire l'apprendimento della psicometria e di altre discipline STEM anche in contesti di studio non-STEM, ci sono sia il team-based learning (TBL, p.e. Lotti, 2019; Swanson et al., 2019)⁵ che il problem-based learning (PBL, p.e. Thorndahl & Stentoft, 2020; Juandi & Tamur, 2021). Entrambe le strategie si riferiscono al modello generale cosiddetto di apprendimento attivo, il TBL è una strategia di classe capovolta (in cui si chiede agli studenti di arrivare in classe avendo già

⁵ Si veda anche la 'Guida alla metodologia del Team Based Learning', predisposta da UNIGE Teaching and Learning Centre. Disponibile da <https://utlc.unige.it/sites/utlc.unige.it/files/pagine/Guida%20alla%20metodologia%20del%20Team%20Based%20Learning.pdf>

affrontato lo studio di uno o più argomenti) che mira all'applicazione delle conoscenze acquisite. È anche una metodologia formativa e valutativa che può essere utilizzata per giungere a una valutazione di profitto che tenga conto sia del lavoro individuale che di quello di gruppo. È una strategia basata su piccoli gruppi di studenti (5-7 persone) che collaborano per la maggior parte delle attività. Queste hanno sempre l'obiettivo di individuare le risposte corrette a quesiti o problemi applicativi che il docente propone. Mentre il PBL è un approccio didattico centrato sullo studente che si propone di analizzare un dato problema come base di partenza per pianificare l'apprendimento di nuove conoscenze necessarie per la sua soluzione. Per quanto è in mia conoscenza non ci sono esperienze già pubblicate nella letteratura internazionale sull'uso di tali approcci per l'insegnamento specificatamente della psicomotricità, ma vi sono altre esperienze in discipline alleate che possono essere usate come esempio. Entrambe queste strategie sono adatte all'insegnamento delle discipline STEM nei corsi non-STEM, poiché forniscono agli studenti un'esperienza pratica e applicativa e consentono loro di sviluppare capacità di risoluzione dei problemi avvalendosi anche del team work, pratica che richiede di acquisire specifiche abilità che sono sempre più richieste nel mondo del lavoro. Proviamo a fare un esempio di come potremmo impostare una lezione sulle proprietà fondamentali dei test psicologici adottando la strategia della TBL.

Partiremo dall'assegnare lo studio di un documento (che può anche essere corredato da video esplicativi, tabelle, *slide presentation*) che introduca l'argomento in modo basilare e in cui si descrivano le tre proprietà fondamentali per definire la qualità di un test psicologico che sono la sua attendibilità (con quale precisione il test è in grado di misurare ciò che intende misurare), la validità (metodi diversi per verificare quale variabile latente effettivamente misura) e le norme (quali sono i parametri ottenuti dalla popolazione tenendo conto delle stratificazioni più significative in funzione delle variabili: genere, età, livello di istruzione, professione etc.). Immaginiamo di concentrarci solo sulla prima delle tre proprietà. Si potrà fare riferimento alla sola teoria classica dell'errore oppure se si vuole rendere più completa la trattazione si potranno introdurre anche gli argomenti della teoria della generalizzabilità e la teoria della risposta all'item. Per ognuno dei modelli teorici sarà necessario presentare oltre ai presupposti, anche il dettaglio delle formule per ottenere gli indici in grado di rispondere ai quesiti sull'attendibilità del test. L'articolazione matematica è per ognuna di esse abbastanza complessa per cui è ragionevole pensare che già questa parte richieda più documenti e più occasioni d'incontro in aula. Quindi gli studenti arrivano in aula avendo, chi più chi meno, affrontato lo studio dell'argomento. Cosa li aspetta? La strutturazione del lavoro in aula è piuttosto rigida.

Il primo step è l'Individual Readiness Assurance Test (I-RAT) in cui ogni

studente individualmente risponde a 10-20 domande a scelta multipla sulle nozioni principali. Questa fase di valutazione individuale ha lo scopo di favorire l'impegno di ognuno e quindi di avere una stima della preparazione di partenza. Immaginando una griglia di risposta a quattro alternative (una sola giusta), il rispondente ha a disposizione quattro punti per ogni domanda e potrà distribuire i suoi quattro punti in funzione del suo grado di sicurezza nel dare la risposta: tutti e quattro i punti su una sola alternativa nel caso di certezza, un punto a ogni alternativa in caso di assoluta incertezza. Ovviamente sono ammesse anche le soluzioni intermedie: due punti per due alternative che appaiono ugualmente probabili e così via. Lo scopo del rispondente è di ottimizzare la distribuzione dei punti a disposizione massimizzando il punteggio. Alla fine del tempo assegnato, il docente ritira i fogli di risposta.

Il secondo step è il cosiddetto Team Readiness Assurance Test (T-RAT). Gli studenti si raccolgono nei gruppi precedentemente costituiti dal docente sulla base del criterio di creare gruppi eterogenei per provenienza di studi precedenti, grado d'interesse per la disciplina etc. I gruppi devono nuovamente rispondere alle stesse domande a scelta multipla già proposte nel I-RAT. Il gruppo deve giungere alla scelta di una sola alternativa, e quando l'accordo non è pieno, i partecipanti al gruppo devono discutere tra loro per giungere a una convergenza. Se la risposta è corretta al primo tentativo, il gruppo ottiene il massimo punteggio, altrimenti subisce delle penalizzazioni nei tentativi successivi. Questa fase affina la collaborazione, il peer tutoring, e permette anche ai meno interessati o motivati di entrare in interazione positiva con gli altri componenti del gruppo. È un dato ormai acquisito in letteratura che la prestazione del gruppo è migliore della prestazione ottenuta anche dal migliore dei partecipanti. La collaborazione è piegata alle esigenze di ottenere una buona performance per il gruppo, e la valutazione ottenuta dal gruppo servirà a definire in parte il voto finale.

Il terzo step è il cosiddetto appello o ricorso. Durante lo svolgimento del T-RAT può emergere che alcune domande sono state formulate non chiaramente e che questo può aver causato una riduzione del punteggio. Se questo è avvenuto, il gruppo può fare ricorso usando un apposito modulo fornito dal docente. Alla fine della lezione tutti i ricorsi vengono esaminati dal docente; se accolti, danno diritto a una revisione del punteggio (ma solo per il gruppo che ha inoltrato il ricorso).

Questa parte della metodica ha lo scopo di fornire un feedback al docente sulla costruzione delle domande (alcune delle quali potrebbero essere state volutamente costruite in modo ambiguo o basate su informazioni non completamente contenute nei documenti da studiare e in questo modo attivare la discussione interna al gruppo) ma ha anche un secondo fine che è quello di fare sviluppare un atteggiamento critico ed esercitare la competenza argomentativa

necessaria per scrivere il ricorso e, in caso di accoglimento, di ottenere la revisione del punteggio.

Il quarto step è la cosiddetta mini-lezione. Gli approcci per procedere con la mini-lezione sono molteplici. La versione più semplice consiste in una rilettura delle domande assegnate da parte del docente, una breve spiegazione connessa con lo specifico argomento della domanda, il riferimento alle parti dei documenti che maggiormente contribuivano a formulare la risposta corretta. Lo scopo è duplice: accertarsi che le nozioni di base siano effettivamente acquisite, ma anche soffermarsi su quegli aspetti che hanno generato durante le fasi del I-RAT e T-RAT un maggior numero di risposte errate.

L'ultimo step consiste nel Team Application (o T-APP). Il docente ha in precedenza individuato un problema aperto e pone una serie di domande a scelta multipla che possono anche richiedere di dover analizzare dati, applicare tecniche e ottenere dei parametri che poi dovranno essere interpretati. In questo caso, lo scopo non è tanto verificare la conoscenza di nozioni, ma piuttosto la capacità di trasferire le conoscenze acquisite sui dati provenienti da casi reali e farlo avvalendosi delle risorse del gruppo (ogni gruppo al suo interno potrebbe organizzarsi assegnando a ogni componente lo svolgimento di una parte dell'intera procedura). Per ogni domanda i gruppi hanno un certo tempo. Alla fine di questo tempo ogni gruppo indica qual è la risposta secondo loro corretta. Il docente non svela immediatamente chi ha dato la risposta corretta, ma piuttosto invita un portavoce di ogni gruppo (che può essere designato di volta in volta) a spiegare la linea di ragionamento ed eventualmente la scelta / il risultato dell'applicazione delle formule statistiche che hanno portato alla soluzione. Questa procedura stimola ulteriormente la riflessione, aiuta a comprendere gli altri punti di vista / le alternative di soluzione del medesimo problema, genera le condizioni per i processi di *self-correction*, stimola gli insight, trasforma la classe in un ambiente di apprendimento attivo, in una sorta di seminario in cui tutti i partecipanti possono avere un ruolo e dare un contributo alla propria e all'altrui formazione.

Il TBL prevede anche una procedura di autovalutazione, la cosiddetta 'Valutazione tra pari'. Tutti i componenti del gruppo sono chiamati a dare un giudizio sul contributo degli altri componenti, rispetto ad alcuni criteri scelti dal docente e condivisi fin da subito. Quello che segue è un elenco non esaustivo dei criteri più utilizzati:

Preparazione – i componenti del mio gruppo erano preparati quando sono venuti in classe? (il giudizio può essere dato in funzione degli esiti della discussione al T-RAT)

Contributo – essi hanno contribuito in modo produttivo e positivo alla discussione di gruppo (T-RAT) e al lavoro (T-APP)?

- Rispetto per le posizioni altrui – essi hanno incoraggiato gli altri a contribuire con le loro idee?
- Flessibilità – essi hanno cercato attivamente di integrare le posizioni quando vi era disaccordo su qualcosa?

La Valutazione tra pari è utile soprattutto per far sperimentare a studentesse e studenti il ruolo di valutatori, per capire e apprezzare le differenze tra stili comunicativi e atteggiamenti differenti, per capire che è possibile distinguere la prestazione sulla base del contributo alla riuscita del processo. In una parola, far uscire le studentesse e gli studenti dall'idea di un corpo studentesco indifferenziato, dare spazio ai talenti e riconoscere le specificità e le differenze.

4. Conclusioni

Se provassimo a rileggere il TBL alla luce delle indicazioni che Aron et al. (2014) considerano elementi chiave per la buona riuscita di un corso di statistica per psicologi e per estensione di psicometria, certamente scopriremmo che molti degli aspetti del TBL finiscono per incontrare le indicazioni dei tre autori.

Un TBL richiede certamente un lavoro preparatorio esteso da parte del docente, in primo luogo deve esplicitare gli obiettivi di apprendimento, e questo processo impone di fare una scelta, tenuto conto di variabili quali: le caratteristiche della classe (numerosità, provenienza, motivazione), il tempo a disposizione per le lezioni, il tipo di utilizzo che studentesse e studenti faranno di quelle conoscenze una volta completato il corso. In altri termini sarà necessario individuare chiaramente le competenze che saranno il vero obiettivo di apprendimento, stabilire le propedeuticità tra argomenti, i collegamenti tra loro. Procederà quindi con la definizione del problema che vuole mettere al centro del T-APP. Il problema utilizzato per la TBL deve rispondere a quattro principi conosciuti come le quattro S: deve essere Significativo, deve simulare qualcosa che il professionista di domani si troverà realmente a fare, deve essere lo Stesso per tutti i gruppi formati nella classe, la risposta deve essere Simultanea, infine deve richiedere una risposta Specifica, chiara e univoca (non necessariamente nella forma di un valore numerico, si può trattare anche di un breve elaborato). In questo caso dovrà scegliere il problema tenendo conto dell'attualità dei contenuti, e per agire sulla motivazione dovrà ricorrere a esempi, argomenti che destino l'interesse degli studenti e che possano stimolare l'insight e l'autoefficacia, evidenziando come i metodi statistici e psicometrici sono un campo di ricerca dinamico. Farà riferimento, quando possibile, a problemi nascenti e modi originali per risolverli.

Il passaggio successivo per il docente è individuare le fonti delle informazioni che dovranno essere fornite agli studenti. È determinante che le fonti indicate

permettano di rispondere a tutte le domande pensate per il RAT. Non vi sono limiti sul formato delle fonti, come abbiamo già detto, la molteplicità dei media aumenta la possibilità di incontrare i gusti e le preferenze delle studentesse e degli studenti. Il contenuto dei documenti dovrebbe richiedere uno studio indipendente di qualche ora (comunque non più di 10) e risultare sufficienti per affrontare RAT e T-APP. Quanto maggiore è la complessità dell'argomento tanti di più saranno i moduli da prevedere e per ogni modulo saranno preparati domande e problema. In questa fase il lavoro del docente richiede essenzialmente una riflessione sulla corretta sequenza con cui presentare gli argomenti all'interno del singolo modulo e tra i moduli tra loro. Se si vuole sottolineare anche in questa fase come la statistica e la psicomotricità possano aiutare a leggere gli articoli scientifici, se ne possono includere uno o più tra i materiali da studiare.

Nella preparazione delle domande a scelta multipla per i RAT, è importante ricordare che non devono essere troppe (spesso se ne preparano 10) ma ben distribuite tra i temi più rilevanti da trattare. Nel nostro caso le domande potrebbero riferirsi alle formule definitorie, alla teoria come anche all'applicazione di tecniche tenendo ben presente la necessità di limitare la complessità dei dati forniti se è richiesto lo svolgimento a mano dei calcoli. Non è escluso però, che i calcoli possano essere svolti ricorrendo a pacchetti statistici, se questo è stato oggetto di studio, e che si possano fornire formulari per evitare di pesare eccessivamente su aspetti non direttamente oggetto di studio (la capacità di memoria delle studentesse e degli studenti).

Nei materiali preparati per la mini-lezione, il docente ripercorre i contenuti su cui ha preparato le domande, soffermandosi principalmente su quegli aspetti del modulo che hanno raccolto un numero maggiore di errori nei RAT. In questa fase il docente può integrare le spiegazioni ricorrendo a modalità differenti: numerica, verbale-descrittiva, grafica.

Il lavoro basato sull'interazione tra studentesse e studenti e in particolare il T-RAT, il T-APP e la valutazione tra pari costituiscono delle metodiche tese ad attivare le vantaggiose sinergie basate sul peer tutoring, sul confronto tra pari che certamente sono alla base della riuscita di un percorso di apprendimento attivo. Una sistematica organizzazione delle attività di gruppo è in grado di far superare la diffidenza con cui spesso gli studenti approcciano le attività che rompono la routine della didattica frontale.

È chiaro a chi scrive che scardinare alcune convinzioni radicate nelle studentesse e negli studenti riguardo la propria attitudine alla matematica (p.e. Primi et al., 2020), a volte così scarsa nella percezione dei singoli da generare una vera e propria ansia per la matematica (p.e., Barroso et al., 2021), è un lavoro complesso che richiede dedizione e costanza. È altrettanto vero che l'innovazione didattica può venire in aiuto per dare un'occasione in più a ogni studentessa e a

ogni studente di stupirsi di capire la matematica e di imparare a farne buon uso anche nella preparazione a professioni che, almeno apparentemente, sembrerebbe non debbano servirsene.

Riferimenti bibliografici

- Aron, A., Aron, E.N., & Coups, E.J. (2014). *Statistics for psychology* (VI ed.). Pearson. [Ediz. it. A cura di G. Antonucci (2018). *Fondamenti di statistica. Introduzione alla ricerca psicologica*. Pearson.]
- Barroso, C., Ganley, C.M., McGraw, A.L., Geer, E.A., Hart, S.A., & Daucourt, M.C. (2021). A meta-analysis of the relation between math anxiety and math achievement. *Psychological Bulletin*, 147(2), 134–168. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/bul0000307>
- Carreira, S., Clark-Wilson, A., Faggiano, E., & Montone, A. (2017). From acorns to oak trees: Charting innovation within technology in mathematics education. In F. Ferrara, E. Faggiano, & A. Montone (Eds.), *Innovation and Technology Enhancing Mathematics Education: Perspectives in the Digital Era* (pp. 9–35). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61488-5_2
- Coderre, E.L. (2022). Teaching Psychometrics: The Importance of Validity in Assessment Design. *College Teaching*, 70(1), 1–5. <https://doi.org/10.1080/87567555.2022.2119929>
- Damrongpanit, S. (2019). From modern teaching to mathematics achievement: The mediating role of mathematics attitude, achievement motivation, and self-efficacy. *European Journal of Educational Research*, 8(3), 713–727. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.8.3.713>
- Guilford, J.P. (1954). *Psychometric methods*. McGraw-Hill.
- Hiebert, J., Carpenter, T.P., Fennema, E., Fuson, K., Human, P., Murray, H., Olivier, A., & Wearne, D. (1996). Problem solving as a basis for reform in curriculum and instruction: The case of mathematics. *Educational researcher*, 25(4), 12–21.
- Suparman, S., Juandi, D., & Tamur, M. (2021). Review of problem-based learning trends in 2010-2020: A meta-analysis study of the effect of problem-based learning in enhancing mathematical problem-solving skills of Indonesian students. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1722(1), 012103. <https://doi:10.1088/1742-6596/1722/1/012103>
- Lee, D., & Yeo, S. (2022). Developing an AI-based chatbot for practicing responsive teaching in mathematics. *Computers & Education*, 191, 104646. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104646>
- Lee, J. Y., Pyon, C. U., & Woo, J. (2023). Digital twin for math education: A study on the utilization of games and gamification for university mathematics education. *Electronics*, 12(15), 3207. <https://doi.org/10.3390/electronics12153207>
- Lotti, A. (2019). Il Team Based Learning (TBL): un metodo formativo per apprendere a lavorare in gruppo. In A. Dipace & V. Tamborra, *Insegnare in Università. Metodi e*

- strumenti per una didattica efficace.* (pp. 141–165). Franco Angeli.
- Nguyen, H.D., Pham, V.T., Tran, D.A., & Le, T.T. (2019). Intelligent tutoring chatbot for solving mathematical problems in High-school. In Mothe, J., Son, L.H., Quoc Vinh, N.T., *Proceedings of the 11th International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE)* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/KSE.2019.8919396>
- Primi, C., Bacherini, A., Beccari, C., & Donati, M.A. (2020). Assessing math attitude through the Attitude Toward Mathematics Inventory–Short form in introductory statistics course students. *Studies in Educational Evaluation*, 64, 100838. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100838>
- Sartori, R. (2011). *Metodi e tecniche di indagine e intervento in psicologia - Colloquio, intervista, questionario, test.* LED.
- Seligman, M. E., Ernst, R. M., Gillham, J., Reivich, K., & Linkins, M. (2009). Positive education: Positive psychology and classroom interventions. *Oxford review of education*, 35(3), 293–311. <https://doi.org/10.1080/03054980902934563>
- Swanson, E., McCulley, L.V., Osman, D.J., Scammacca Lewis, N., & Solis, M. (2019). The effect of team-based learning on content knowledge: A meta-analysis. *Active learning in higher education*, 20(1), 39–50. <https://doi.org/10.1177/1469787417731201>
- Thorndahl, K.L., & Stentoft, D. (2020). Thinking critically about critical thinking and problem-based learning in higher education: A scoping review. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 14(1), 1–21. <https://doi.org/10.14434/ijpbl.v14i1.28773>
- Wang, T.H., & Kao, C.H. (2022). Investigating factors affecting student academic achievement in mathematics and science: cognitive style, self-regulated learning and working memory. *Instructional Science*, 50(5), 789–806. <http://dx.doi.org/10.1007/s11251-022-09594->