

Il Modello tra Problema e Soluzione: Un Percorso tra Competizione e Consapevolezza

Fabrizio Marinelli^{1*} e Gionata Massi^{2†}

¹ Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Università Politecnica delle Marche Ancona, Italia
fabrizio.marinelli@staff.univpm.it

² Istituto di Istruzione Superiore Savoia Benincasa
Ancona, Italia
gionata.massi@savoiaabenincasa.it

Sommario

Il corso presentato in questo articolo mira a integrare le conoscenze multidisciplinari degli studenti, rafforzare i saperi nelle discipline scientifiche e favorire un orientamento consapevole per le scelte post-diploma. I suoi obiettivi formativi includono lo sviluppo di competenze di *problem solving* e modellazione quantitativa, potenziando la sinergia tra informatica e matematica e la motivazione verso le materie STEM¹.

Il corso è proposto con una metodologia didattica innovativa che integra: (a) un approccio *problem-based*, (b) elementi di *gamification*, (c) l'attivazione dei processi *metacognitivi* e (d) la *segmentazione* della lezione.

Lo sviluppo procede per problemi, in funzione degli schemi cognitivi già formati. Sono stati affrontati alcuni problemi decisionali tipici della programmazione matematica: zaino, rettangolo isoperimetrico di area massima, mix ottimo di produzione e dieta di costo minimo. Dopo una breve introduzione di un problema nuovo o già noto, gli studenti si sfidano nella ricerca di una soluzione al problema dato, riflettono sul loro processo cognitivo, sul quale "scommettono", e solo dopo aver preso visione delle soluzioni e dei metodi sviluppati, ottengono una breve spiegazione teorica. La spiegazione, che cristallizza i contenuti e i metodi di ricerca, risulta più efficace rispetto alla lezione frontale.

L'impatto sul coinvolgimento degli studenti è stato elevato, con significativi risultati nell'attivazione dei meccanismi di *problem solving* e modellazione. Sulla base dei feedback forniti dai questionari di gradimento, il percorso didattico ha pienamente realizzato gli obiettivi prefissati. Il metodo didattico, infine, appare facilmente estendibile ad argomenti quali la programmazione, le basi di dati e l'ingegneria del software.

1 Introduzione

L'esperienza didattica descritta è proposta dall'Istituto di Istruzione Superiore "Savoia Benincasa" di Ancona nell'ambito del DM 65/2023², finalizzato al *potenziamento delle competenze STEM, digitali e di innovazione*³.

*Ha concepito e sviluppato il corso e tutto il materiale didattico. Ha svolto il ruolo di *formatore esperto* del progetto.

†Ha svolto il ruolo di tutor.

¹STEM è un acronimo che sta per *Science, Technology, Engineering and Mathematics*, ovvero Scienze, Tecnologia, Ingegneria e Matematica.

²Decreto del Ministro dell'Istruzione e del Merito, 12 aprile 2023, n. 65

³Progetto scolastico "Citizen scientists of the future" M4C1I3.1-2023-1143-P-31174, C.U.P. H34D23002330006 finanziato dal Piano nazionale di ripresa e resilienza, Missione 4 – Istruzione e ricerca – Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle università – Investimento 3.1 "Nuove competenze e nuovi linguaggi", finanziato dall'Unione europea – Next Generation EU – "Azioni di potenziamento delle competenze STEM e multilinguistiche".

La proposta, frutto della collaborazione tra i dipartimenti di *Informatica, Matematica e Scienze Giuridiche, Economiche e Geografiche*, si è concretizzata grazie al supporto dell'Università Politecnica delle Marche.

Il corso è stato offerto alla classe quinta dell'Istituto Tecnico Economico articolazione *Sistemi Informativi Aziendali*, composta da 16 studenti, essendo l'unica classe a includere l'Informatica nel curriculum.

La scelta metodologica, condizionata dai requisiti del DM 65/2023 [5], ha fatto tesoro delle esperienze didattiche, in ambito universitario, del primo autore di questo articolo, ispirate alle principali metodologie per l'insegnamento e l'apprendimento delle discipline STEM nel ciclo terziario [2].

2 Metodologia didattica

La proposta didattica, articolata in fasi diverse in un'ottica di *lezione segmentata* [4], integra e rielabora vari approcci attivi, fondendoli in un'unica metodologia: si ispira al *Problem-Based Learning* (PBL) [3], ma con una fase risolutiva più estesa e la presenza di risposte oggettivamente verificabili; adotta la *gamification* [1], arricchita da un meccanismo di scommessa che funge da incentivo; infine, stimola la *metacognizione* [8], sia implicitamente, tramite esercizi di modellazione e un meccanismo di scommesse, sia esplicitamente durante la discussione. Questo impianto si traduce in un *serious game*, in cui ogni partecipante ha una dotazione iniziale di 1000 *doblioni* e guadagna dobloni rispondendo correttamente a domande individuali. I partecipanti collaborano in squadra alla risoluzione di problemi e, insieme al proprio gruppo, possono *scommetterne* da 10 a 200 dobloni sulla qualità della propria soluzione, con la possibilità di incrementare o ridurre la propria dotazione in base all'esito. Per l'esperienza descritta, sono state formate quattro squadre di quattro studenti ciascuna, con composizione casuale e invariata per tutta la durata del corso.

La struttura del corso è basata sullo studio dei problemi descritti nel par. 3. Ogni problema è affrontato attraverso una sequenza di attività che si sviluppano in modo progressivo: si parte con la presentazione del contesto, seguita da domande individuali su casi semplici o concetti di base. Dopo un primo aggiornamento della classifica e un momento di confronto, viene introdotta una soluzione algoritmica naïve, a cui seguono esempi reali e più complessi. Le squadre si cimentano poi in una sfida su problemi di maggiore difficoltà, seguita da un nuovo aggiornamento della classifica e da una discussione finale. L'attività si conclude con la spiegazione del modello o dell'algoritmo risolutivo.

Le *domande individuali* hanno un tempo di risposta di pochi minuti, in base alla difficoltà, e sono gestite tramite uno strumento online (smartphone o computer). Le *sfide di gruppo* prevedono un tempo di qualche decina di minuti e consistono nella risoluzione di un problema decisionale presentato in modo accattivante e realistico. A differenza dei problemi classici del PBL, quelli proposti ammettono spesso una risposta numerica di cui è possibile verificare l'esattezza ma non l'*ottimalità* e quindi il livello di competitività. Gli studenti utilizzano fogli elettronici di calcolo o carta e penna, e la raccolta dei risultati avviene manualmente oppure tramite strumenti online.

Contestualmente alla consegna, ogni gruppo *scommette* sulla qualità della propria soluzione. L'introduzione della "scommessa" stimola una riflessione metacognitiva sul ragionamento che ha condotto alla soluzione, e attiva un "bisogno di verifica" dell'ipotesi formulata. L'induzione di questo desiderio di conoscenza è affine al *Necessity Learning Design* (NLD), ma in questo contesto la *necessità* non origina dall'impossibilità di fornire una soluzione, bensì dalla difficoltà di certificare la correttezza – e spesso l'*ottimalità* – della soluzione stessa.

Al termine della fase di attribuzione dei punteggi, durante la quale il formatore mostra pubblicamente le soluzioni e ne valuta le performance, uno studente per gruppo illustra le strategie adottate rendendo esplicito il processo cognitivo. Infine, il formatore spiega la teoria, innescando la conoscenza formale quando gli studenti ne dovrebbero aver percepito la necessità.

3 Problemi e sfide

Questa sezione descrive i problemi proposti nel corso, evidenziando i contenuti e le competenze disciplinari sviluppate.

3.1 Problema dello Zaino [7]

Il corso ha introdotto il Problema dello Zaino attraverso un'attività progressiva: inizialmente, una sfida individuale ha invitato gli studenti a selezionare, tra quattro oggetti con peso e valore assegnati, quelli da inserire in un bagaglio a mano per massimizzare il valore senza superare un limite di peso. In seguito, è stata analizzata l'enumerazione esaustiva delle possibili combinazioni. Il problema è stato poi contestualizzato con esempi reali, come il caricamento di container. Nella sfida di gruppo, gli studenti hanno affrontato l'ottimizzazione del carico di un furgone con 50 oggetti. La discussione conclusiva si è concentrata sulle strategie adottate dai vari gruppi e sull'importanza della verifica dell'ottimalità delle soluzioni proposte.

3.2 Problema del rettangolo isoperimetrico di area massima

Successivamente, allo scopo di mettere a confronto l'approccio procedurale, centrato sulla descrizione dei passi che portano al calcolo di una soluzione, con quello dichiarativo, focalizzato invece sulla descrizione delle caratteristiche della soluzione stessa, è stato proposto il problema di determinare il rettangolo di area massima, dato il perimetro. Le domande individuali hanno guidato gli studenti nell'esplorazione delle possibili soluzioni che, successivamente, sono state confrontate con quella ottenuta tramite un primo esempio di modello di programmazione matematica. È stato quindi introdotto il linguaggio AMPL per la programmazione matematica e, nella seconda sfida di gruppo, gli studenti hanno formalizzato un problema decisionale, specificando variabili decisionali, funzione obiettivo e vincoli.

3.3 Ancora sul Problema dello Zaino

Si è poi ritornati al Problema dello Zaino per un approfondimento metacognitivo sulle strategie risolutive. Sono state proposte sfide individuali sulla determinazione del numero di sottoinsiemi di un insieme dato. La discussione ha portato alla comprensione dell'impraticabilità della ricerca esaustiva nella soluzione di questo e altri problemi reali analoghi, evidenziata dal numero esponenziale di soluzioni ammissibili (2^{50} nel caso proposto). Dal problema reale, quindi, sono state astratte le entità del modello di programmazione matematica (variabili, funzione obiettivo, vincoli), richiamando concetti già noti come variabili booleane, array e codifiche binarie.

3.4 Programmi lineari nel piano: un esempio di mix ottimo di produzione [6]

Dai problemi combinatori si è passati alla programmazione lineare, introdotta attraverso una sfida di gruppo su un problema di mix ottimo di produzione in due variabili. Lo sviluppo della conoscenza è proseguito con domande individuali mirate all'identificazione delle variabili decisionali, dei vincoli e della funzione obiettivo, nonché alla ricerca della soluzione ottima. La discussione delle strategie adottate ha messo in luce principi riconducibili al metodo del simplesso e al test di ammissibilità. Attraverso un processo di elicitazione guidata, è stato costruito il modello matematico completo e illustrato il metodo del simplesso in forma grafica. La successiva sfida di gruppo ha previsto l'applicazione del metodo grafico del simplesso a un'istanza di programma lineare, richiamando conoscenze pregresse su rette, derivate, gradienti e curve di livello.

3.5 Programmazione Lineare: il problema della dieta economica [6]

Infine, è stata proposta una sfida di gruppo su un problema di programmazione lineare in più variabili, nello specifico il problema della dieta economica. Anche per questo problema, tramite domande individuali, sono state identificate le variabili di decisione, i vincoli e la funzione obiettivo. È seguita un'illustrazione sui concetti di spazi a dimensioni maggiori di tre, fornendo le basi per la risoluzione di problemi di programmazione lineare più complessi.

4 Risultati

Gli studenti hanno mostrato un coinvolgimento e una motivazione mediamente superiori rispetto alle lezioni tradizionali: 15 su 16 hanno partecipato ad almeno 7 ore del corso, con un'unica assenza prolungata dovuta a motivi di salute. La maggior parte ha manifestato un rinnovato interesse per matematica e informatica, percepite in una nuova luce. I questionari anonimi confermano questa tendenza: 10 studenti su 15 hanno ritenuto il formatore *capace di suscitare interesse e coinvolgimento*, 9 hanno giudicato il corso *utile per i contenuti*, 8 per le *abilità/capacità sviluppate*, e 7 per l'*interesse complessivo*.

Le competenze di *problem solving* e modellazione sono emerse chiaramente nelle sfide di gruppo e nelle domande individuali, dove gli studenti hanno saputo analizzare i problemi, individuare le entità rilevanti e tentare una formalizzazione. Il meccanismo della scommessa ha favorito la riflessione critica sulla validità delle strategie adottate, pur non essendo al centro delle discussioni nei gruppi che invece erano principalmente rivolte alla soluzione dei problemi.

La spiegazione formale è risultata più efficace dopo il confronto attivo con i problemi, favorendo una comprensione più profonda del ruolo complementare di matematica e informatica, in particolare nella distinzione tra linguaggi dichiarativi (come il linguaggio matematico o SQL) e procedurali.

Il lavoro di gruppo ha coinvolto quasi tutti: con l'unica eccezione di uno studente meno motivato, anche gli studenti solitamente meno partecipi hanno contribuito attivamente alle sfide.

5 Conclusioni

L'esperienza ha evidenziato l'efficacia dell'approccio didattico proposto nel promuovere coinvolgimento, motivazione e sviluppo di competenze di *problem solving* e modellazione, soprattutto nei contesti in cui matematica e informatica si intrecciano. L'integrazione di elementi ludici e la stimolazione metacognitiva hanno favorito una comprensione più profonda dei concetti formali.

Il modello si è dimostrato coerente con gli obiettivi formativi del DM 65/2023, sostenendo la costruzione di competenze operative attraverso un approccio attivo. La *gamification* ha rafforzato motivazione e collaborazione, mentre il meccanismo della scommessa ha stimolato riflessione critica e autonomia nella validazione delle soluzioni. La teoria, introdotta dopo il confronto empirico, è risultata più significativa, e l'alternanza tra fasi pratiche e momenti di ascolto ha contribuito all'efficacia complessiva. Tuttavia, un limite rilevato riguarda la durata del corso: le 10 ore disponibili si sono rivelate strette; 15 ore avrebbero consentito un consolidamento più approfondito delle competenze.

Il modello didattico è facilmente adattabile ad altri temi di informatica o matematica e, secondo gli autori, si presta in modo particolare al Liceo Scientifico (indirizzo Scienze Applicate), mentre per altri ordini o annualità, i contenuti andrebbero modulati in base alle capacità di astrazione della specifica fascia d'età e alle conoscenze pregresse. In particolare, si ritiene naturale estendere questa metodologia ad altre aree dell'informatica. Ad esempio, nella programmazione dei calcolatori, si potrebbe definire

un percorso che richieda l'uso di strutture di controllo o di strutture dati a complessità crescente, mentre nella progettazione di basi di dati e nell'ingegneria del software, si potrebbero proporre problemi con pattern strutturali comuni, come le cardinalità delle associazioni presenti o i *design pattern*.

In prospettiva, sarebbe utile sviluppare una versione online del sistema di punteggio come *proof of concept* per una piattaforma didattica, e proporre/realizzare una seconda edizione del corso, accompagnata da un monitoraggio sistematico dell'efficacia e dell'acquisizione delle competenze che possa supportare con dati più robusti le osservazioni qualitative finora raccolte.

Riferimenti bibliografici

- [1] Patrick Buckley e Elaine Doyle. «Gamification and student motivation». In: *Interactive learning environments* 24.6 (2016), pp. 1162–1175.
- [2] Richard M. Felder e Rebecca Brent. *Teaching and Learning STEM: A Practical Guide*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2016.
- [3] Cindy E Hmelo-Silver. «Problem-based learning: What and how do students learn?» In: *Educational psychology review* 16.3 (2004), pp. 235–266.
- [4] Dany Maknouz. *La lezione segmentata: Ritmata, varia, integrata*. Bologna: Zanichelli, 2021. ISBN: 978-8808720184.
- [5] Ministero dell'Istruzione e del Merito. *Linee guida per le discipline STEM*. Documento ufficiale del Ministero dell'Istruzione e del Merito. 2023. URL: <https://www.mim.gov.it/documents/20182/0/Linee+guida+STEM.pdf/2aa0b11f-7609-66ac-3fd8-2c6a03c80f77> (visitato il giorno 31/05/2025).
- [6] Carlo Vercellis. *Ottimizzazione. Teoria, metodi, applicazioni*. Milano: McGraw-Hill Education, 2008. ISBN: 9788838664427.
- [7] Wikipedia contributors. *Problema dello zaino*. Wikipedia, l'enciclopedia libera. 2025. URL: https://it.wikipedia.org/wiki/Problema_dello_zaino (visitato il giorno 04/06/2025).
- [8] Aman Yadav, Haeseong Hong e Zhenyu Liu. «Computational Thinking and Metacognition». In: *The Cambridge Handbook of Computing Education Research*. A cura di Sara Fincher e Joshua Tenenber. Cambridge University Press, 2022, pp. 253–276. DOI: [10.1017/9781108781496.012](https://doi.org/10.1017/9781108781496.012).