

Un Percorso Sfidante tra Informatica e Matematica Gamification e Metacognizione per l'apprendimento della Ricerca Operativa

Fabrizio Marinelli^{1*} and 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 di introduzione alla **Ricerca Operativa** mira a integrare le conoscenze multidisciplinari degli studenti, supportandoli nelle scelte post-diploma. I suoi obiettivi includono lo sviluppo di competenze di **problem solving** e **modellizzazione quantitativa**, potenziando la **sinergia matematica-informatica** e la motivazione verso le materie STEM.

Viene adottata una metodologia didattica innovativa basata su: (a) un **approccio “sfidante”** con problemi reali e complessi; (b) la **costruzione di conoscenza di gruppo** tramite attività collaborative; (c) la **gamification** con sfide tra gruppi e individui; (d) la stimolazione del **processo metacognitivo** attraverso scommesse sulla qualità delle soluzioni; (e) la segmentazione delle attività per ottimizzare l'efficacia del tempo di spiegazione teorica.

La sequenza didattica adatta gli argomenti alle competenze pregresse e allo sviluppo di nuove, privilegiando una didattica attiva. Le spiegazioni teoriche sono brevi e fornite solo quando lo studente ne percepisce la necessità, in linea con un approccio ispirato al *Necessity Learning Design* [Sbaraglia]. In questo contesto, il meccanismo della “scommessa” non solo attiva la metacognizione ma stimola anche la ricerca di una dimostrazione rigorosa della qualità del proprio lavoro.

L'impatto sul coinvolgimento degli studenti è stato elevato, con significativi risultati nell'attivazione dei meccanismi di problem solving e modellizzazione. Basandosi sui questionari di gradimento, il percorso didattico ha pienamente realizzato gli obiettivi prefissati.

1 Introduzione

Questo articolo presenta un'esperienza didattica innovativa sviluppata nell'ambito del DM 65/2023[^1], finalizzata al **potenziamento delle competenze STEM** [^2], **digitali e di innovazione** tramite un corso di introduzione alla **Ricerca Operativa**. Il progetto ha coinvolto 16 studenti di una classe V dell'articolazione Sistemi Informativi Aziendali dell'Istituto Tecnico Economico “Grazioso Benincasa” di Ancona[^3].

Nelle programmazioni curriculari di tale indirizzo, le tematiche della Ricerca Operativa sono spesso trattate in modo non organico, frammentate tra matematica, informatica ed economia aziendale. Il corso proposto, in linea con gli obiettivi del DM 65/2023, mira a:

- Integrare conoscenze e abilità multidisciplinari per affrontare e risolvere problemi quantitativi complessi.

*Docente esperto che ha proposto il corso

†Tutor

- Applicare principi matematici e algoritmi a problemi decisionali non banali.
- Sviluppare competenze di problem solving scientifico e pensiero critico.
- Accrescere la motivazione verso lo studio delle discipline STEM, in particolare matematica e informatica.
- Costruire un sapere multidisciplinare che metta in nuova luce l'importanza di discipline tradizionali.

Il percorso didattico si è articolato in **cinque incontri di due ore ciascuno**, nei quali sono state proposte 11 domande individuali e 5 sfide di gruppo.

2 Approccio Didattico

Il corso è stato concepito come un **gioco** per massimizzare il coinvolgimento degli studenti, con le seguenti regole:

- Ogni partecipante riceve una dotazione iniziale di 1000 “doblioni”.
- I partecipanti sono raggruppati in squadre.
- I dobloni si guadagnano rispondendo correttamente a domande individuali.
- Le squadre partecipano a gare, scommettendo da 10 a 200 dobloni sulla propria performance.

Le attività di gruppo si basano sulla **sfida cooperativa**. Viene presentato un problema decisionale accattivante e realistico, prima di ogni spiegazione teorica formale. I gruppi, in competizione, sono invitati a determinare soluzioni al problema sotto forma di numeri, modelli o algoritmi.

Al termine del tempo prestabilito, i gruppi consegnano la loro soluzione e scommettono una quantità di dobloni sulla qualità della propria proposta rispetto a quelle degli altri gruppi. Segue la fase di attribuzione dei punteggi, durante la quale il formatore mostra pubblicamente le soluzioni e valuta le performance. Al termine della valutazione, uno studente per gruppo esplicita le strategie utilizzate.

L'ultima fase è la **formalizzazione guidata**, dove il formatore illustra la teoria. Questo avviene nel momento in cui la conoscenza formale diventa “necessaria” per gli studenti, per tradurre il problema in variabili, funzione obiettivo e vincoli, o per visualizzare/calcolare lo spazio delle soluzioni e definire strategie o algoritmi. L'induzione nell'esigenza di un nuovo modello o costruito è simile al *Necessity Learning Design* (NLD), differenziandosi leggermente in quanto gli studenti potrebbero aver già trovato una soluzione empirica al problema.

L'approccio è affine al *Problem-Based Learning* (PBL) ma ne potenzia il coinvolgimento attivo attraverso elementi di **gamification**:

- Vengono proposte situazioni complesse del mondo reale, le quali, a differenza di quanto rigidamente prescritto dal PBL, possiedono una soluzione quantitativa “esatta” o ottimale.
- Gli studenti lavorano in gruppo, confrontandosi con il problema, sviluppando possibili modelli e algoritmi risolutivi.
- Gli studenti costruiscono una conoscenza di gruppo attraverso l'apprendimento autodiretto, induttivo e cooperativo.
- Viene sviluppata e potenziata la competenza di *problem solving*.

L'introduzione della scommessa ha la duplice finalità di attivare il processo metacognitivo e di indurre l'esigenza di **dimostrare formalmente la bontà della soluzione proposta**.

3 Contenuti

Il percorso didattico ha affrontato diverse tipologie di problemi di Ricerca Operativa.

Il primo problema proposto è stato quello dello **zaino (0-1 knapsack problem)**. La sfida individuale iniziale ha richiesto agli studenti di selezionare, tra quattro oggetti con peso e valore specifici, quelli da inserire in un bagaglio a mano per massimizzare il valore complessivo senza superare un limite di peso. Successivamente, è stata mostrata l'enumerazione di tutte le soluzioni possibili. Il problema è stato contestualizzato a scenari reali come il caricamento di container o veicoli. La sfida di gruppo ha poi richiesto di caricare un furgone scegliendo tra 50 oggetti, massimizzando il valore trasportato. Al termine, sono state analizzate le strategie algoritmiche dei gruppi, focalizzando la discussione sulla necessità di determinare se la soluzione trovata fosse la migliore possibile.

Successivamente, si è affrontato il problema della **determinazione del rettangolo di area massima dato il perimetro**. La sfida individuale ha previsto l'uso di un foglio di calcolo per determinare le lunghezze dei lati. La soluzione analitica è stata poi confrontata con procedure di calcolo basate su simulazioni numeriche, inducendo la necessità di un modello matematico per dimostrare formalmente l'ottimalità. È stato introdotto un linguaggio per esprimere problemi di programmazione matematica (es. AMPL). La seconda sfida di gruppo ha richiesto di descrivere un problema ambientato nel *vecchio west* nei termini della programmazione matematica, definendo variabili di decisione, funzione obiettivo e vincoli.

Si è poi ritornati al problema dello zaino per un processo metacognitivo sulle modalità risolutive. Sono state proposte sfide individuali sulla determinazione del numero di sotto-insiemi e sulla definizione di variabili e vincoli per il problema dello zaino. La discussione ha condotto alla comprensione dell'**intrattenibilità computazionale** del problema dello zaino con molti oggetti tramite ricerca esaustiva (2^{50} soluzioni). Dal problema reale, si sono astratte le entità del modello: variabili, funzione obiettivo e vincoli, richiamando concetti noti come variabili booleane, array e codifiche binarie, e mostrando esempi reali di problemi con complessità esponenziale.

Dai problemi combinatori si è passati alla **programmazione lineare** con una sfida di gruppo su un problema di mix ottimo di produzione (due variabili) nel settore dolciario. Lo sviluppo della conoscenza è proseguito con sfide individuali sulla determinazione di variabili di decisione, vincoli e funzione obiettivo, e sulla ricerca della soluzione ottima. La discussione delle strategie ha fatto emergere, seppur senza conoscenza formale del metodo, principi analoghi alle strategie di scelta delle variabili nel metodo del simplesso e al test di ammissibilità. Attraverso un processo di elicitazione, è stato costruito il modello matematico completo del problema, quindi illustrato il metodo del simplesso in forma grafica. La gara di gruppo successiva ha previsto l'applicazione del metodo grafico del simplesso ad un'istanza di programma lineare, attivando conoscenze pregresse su rette, derivate, gradienti e curve di livello.

Infine, è stata proposta una sfida di gruppo sul **problema della dieta** con più di due alimenti. Anche per questo problema, tramite sfide individuali, si sono identificate le variabili di decisione, i vincoli e la funzione obiettivo. È seguita un'illustrazione sui concetti di spazi a dimensioni maggiori di tre per fornire una base di conoscenza 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. Su 16 studenti, 15 hanno partecipato ad almeno 7 ore del corso, con l'unica assenza prolungata dovuta a problemi di salute.

La maggioranza degli studenti ha manifestato un **accresciuto interesse per la matematica e l'informatica**, percepito in una nuova ottica. Questa osservazione è corroborata dai questionari di gradimento

anonimi, dove 10 studenti su 15 hanno affermato che il formatore è stato “capace di suscitare interesse e coinvolgere”, 9 hanno ritenuto il corso utile per le informazioni fornite, 8 per le abilità/capacità operative sviluppate e 7 per l’interesse complessivo suscitato.

Lo sviluppo delle competenze di problem solving e modellizzazione è stato evidente negli esiti delle sfide individuali e di gruppo, dove gli studenti hanno dimostrato capacità di analizzare un problema, identificare le entità del modello e tentare una formalizzazione. L’elemento della scommessa ha stimolato una profonda **riflessione sulla validità delle proprie strategie e soluzioni**, sebbene non siano state osservate intense discussioni e argomentazioni *all’interno* dei gruppi riguardo le scommesse stesse, quanto piuttosto sulla soluzione del problema.

La **spiegazione formale è risultata più significativa e meglio compresa** dopo che gli studenti si erano confrontati attivamente con il problema. Gli studenti hanno colto il ruolo complementare di matematica e informatica, comprendendo meglio le distinzioni tra descrizioni dichiarative (es. linguaggio matematico, SQL) e linguaggi procedurali.

Il lavoro di gruppo si è svolto, con l’eccezione di un singolo studente particolarmente demotivato, in modo molto partecipe. Anche studenti solitamente meno coinvolti hanno contribuito attivamente alla risoluzione delle sfide.

(Considerazione: Inserire qui un’immagine sintetica o un grafico sui risultati del questionario di gradimento potrebbe essere molto efficace, se lo spazio lo consente.)

Un limite riscontrato è stato la **ristrettezza dei tempi**: 10 ore complessive potrebbero essere state insufficienti per approfondire tutti gli aspetti, suggerendo che 15 ore sarebbero state più adeguate.

5 Conclusioni e Prospettive Future

L’approccio didattico descritto si è rivelato **efficace nel raggiungere gli obiettivi formativi del DM 65/2023**. L’approccio attivo stimola gli studenti nel processo di costruzione di una conoscenza più profonda. La gamification aumenta la motivazione e la collaborazione, mentre il meccanismo della scommessa stimola la metacognizione e la ricerca autonoma di validazione. La spiegazione teorica, presentata solo dopo il tentativo empirico degli studenti, risulta più interessante e l’alternanza tra fasi attive e momenti di ascolto della spiegazione ottimizza l’efficacia della lezione.

Questo modello didattico può essere applicato con successo ad altri argomenti dell’informatica o della matematica, anche in contesti educativi diversi. In particolare, si adatta bene al Liceo Scientifico (indirizzo Scienze Applicate). Per annualità differenti o altri ordini di scuola, i contenuti dovrebbero essere adattati alle conoscenze pregresse e alle capacità di astrazione tipiche della fascia d’età.

In prospettiva futura, si potrebbe sviluppare una versione online del sistema di assegnazione dei punteggi come *proof of concept* per una piattaforma didattica. Sarebbe inoltre prezioso realizzare una seconda edizione del corso con un **monitoraggio più sistematico e scientifico** del conseguimento delle competenze e dell’efficacia didattica, per raccogliere dati più robusti a supporto delle osservazioni qualitative iniziali.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano le prof.sse Annamaria Rossi e Silvana Sabracone, rispettivamente insegnanti di Matematica ed Economia Aziendale nella classe target, per aver concesso parte delle loro ore al fine di realizzare il progetto e per aver assistito a parte lezioni del corso. I loro feedback contribuiranno a migliorare il progetto.