

# Ottimizzazione di Campagne Pubblicitarie per Prenotazioni di Hotel con Algoritmi di Intelligenza Artificiale

Luca Alessandrelli, Francesco Trovò, Giulia Romano, Nicola Gatti

Politecnico di Milano, Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria  
{luca.alessandrelli, francesco1.trovo, giulia.romano, nicola.gatti}@polimi.it

## Abstract

Nel corso dell'ultimo decennio, per mezzo della diffusione di Internet, il mercato pubblicitario online è cresciuto costantemente. Il successo di questa forma di pubblicità è dovuto alla possibilità di misurare con precisione l'efficacia delle inserzioni e di raggiungere una ampia gamma di potenziali acquirenti, selezionandoli in base alle loro caratteristiche e preferenze. Le numerose opportunità generate da tale mercato hanno alimentato l'interesse sia dell'industria che della comunità scientifica. In particolare, il campo della Intelligenza Artificiale (IA) ha avuto un ruolo fondamentale nel fornire meccanismi automatici a supporto sia degli inserzionisti, sia di coloro che forniscono spazi per annunci online. In questo lavoro, il nostro focus è rivolto agli inserzionisti, il cui scopo è quello di ottimizzare le proprie campagne pubblicitarie online. In particolare, la collaborazione con un'azienda che si occupa della gestione di campagne pubblicitarie online per hotel presenti in tutto il mondo, ci ha permesso di realizzare un algoritmo in grado di eseguire un'ottimizzazione *safe* di tali campagne, garantendo all'azienda una determinata soglia minima di ritorno sugli investimenti (ROI). Il nostro metodo, inoltre, è stato progettato per adattarsi ad un ambiente non stazionario nel tempo e per suggerire agli inserzionisti l'apertura di nuove campagne che risultano essere promettenti. Infine, abbiamo applicato il nostro algoritmo su campagne pubblicitarie reali relative ad hotel e ne abbiamo valutato le prestazioni.

## 1 Introduzione

Il mercato pubblicitario online statunitense ha registrato entrate pari a 126.4 miliardi di USD a fine 2019, per poi raggiungerne 139.8 l'anno seguente. Inoltre, a livello mondiale, il suo valore di mercato è attualmente pari a 378 miliardi di USD e si stima che possa raggiungere i 646 miliardi nel 2024, a ulteriore conferma della costante crescita di questo settore.<sup>1</sup>

<sup>1</sup><https://www.statista.com/statistics/237974/online-advertising-spending-worldwide/>

Il *marketing online* comprende un insieme di attività dirette alla promozione di prodotti o servizi tramite strumenti digitali. Uno dei maggiori punti di forza della pubblicità online è la possibilità di raggiungere un ampio pubblico e di creare contenuti *ad hoc* per ogni tipologia di utente. Alcune piattaforme pubblicitarie, ad esempio Facebook Ads e quelle legate ai social network, dispongono di informazioni relative agli utenti (per esempio età, genere, città di provenienza, interessi) che possono essere sfruttate per targetizzare le inserzioni pubblicitarie, in modo da massimizzare la successiva probabilità di acquisto del prodotto sponsorizzato. Inoltre, è possibile tracciare i feedback degli utenti in seguito alla visualizzazione degli annunci monitorando se l'inserzione viene cliccata e se tale azione porta all'acquisto del prodotto sponsorizzato.

## 2 Ottimizzazione di Campagne Pubblicitarie

A partire dal 2019 abbiamo sviluppato un progetto di Intelligenza Artificiale (IA) per l'ottimizzazione automatica di campagne pubblicitarie online in collaborazione con l'azienda *AdsHotel*, che si occupa di web marketing per di hotel presenti in tutto il mondo.<sup>2</sup> Lo scopo del progetto è quello di sviluppare un sistema automatico per pubblicizzare gli hotel.

Ogni prodotto è associato a una campagna pubblicitaria che, a sua volta è costituita da varie inserzioni, per ognuna delle quali è possibile scegliere un target. Per mostrare un annuncio pubblicitario online, gli inserzionisti devono prendere parte ad un'asta gestita dalla piattaforma pubblicitaria. Gli inserzionisti dichiarano una *bid*, ovvero la massima cifra che sono disposti a spendere per un click sul proprio annuncio, e un *budget*, ovvero il massimo importo giornaliero destinato ad una campagna. L'inserzionista deve quindi fissare un valore di bid  $x_{j,t}$  e un valore di budget  $y_{j,t}$  ad ogni istante temporale  $t$ , ovvero ogni giorno, per ciascuna campagna  $C_j$ . Nella letteratura scientifica, ci si riferisce a questo problema come *ottimizzazione congiunta di bid e budget* (vedi Nuara *et al.* 2022). Tuttavia, in alcuni scenari, è di fondamentale importanza garantire una soglia minima di Return On Investment (ROI) dell'azienda. Molti inserzionisti puntano, infatti, a smerciare grandi quantità di prodotto, mantenendo al contempo un profitto elevato. Introdurre il vincolo di ROI nel problema di ottimizzazione richiede lo sviluppo di nuovi modelli e soluzioni rispetto a quelle presenti in letteratura.

<sup>2</sup><https://www.adshotel.com/>

Tecnicamente, possiamo modellizzare questo scenario come un problema di ottimizzazione soggetto ad un vincolo di budget ed un vincolo di ROI. Un'aspetto cruciale del problema è che, i valori del budget e del ROI giornalieri che derivano dall'aver partecipato all'asta fissando una certa bid, non sono noti a priori. Tuttavia, possono essere stimati attraverso i dati raccolti sequenzialmente che derivano dall'interazione tra le inserzioni e gli utenti giorno dopo giorno. Questo aspetto fa sì che il problema da risolvere possa essere trattato tramite tecniche di *online learning*. Non è infatti possibile utilizzare tecniche offline poiché solitamente non si hanno dati storici relativi alle nuove pubblicitarie, ma devono essere acquisiti giorno dopo giorno.

### 3 Modello di Ottimizzazione

La maggior parte dei lavori presenti in letteratura, si occupa di massimizzare il guadagno, ovvero i volumi, rispettando i soli vincoli di budget, come ad esempio Feldman *et al.* 2007, Zhang *et al.* 2012, Nuara *et al.* 2019, e Nuara *et al.* 2022. Abbiamo quindi ristretto la nostra attenzione ai pochi lavori che trattano l'ottimizzazione *safe* di campagne pubblicitarie introducendo delle garanzie sul profitto minimo. Nello specifico abbiamo adottato alcune soluzioni proposte nel lavoro Castiglioni *et al.* 2022, in cui i vincoli di ROI sono soddisfatti in alta probabilità durante tutto il processo di ottimizzazione della campagna pubblicitaria. Questa garanzia si traduce in una dinamica di apprendimento *smooth*, che punta ad evitare forti cali di profitto dovuti all'eccessiva esplorazione di nuove strategie di bidding. Infatti, la violazione della soglia minima di ROI imposta dalle aziende rappresenta uno dei maggiori ostacoli all'adozione di tecniche di bidding automatico in applicazioni reali. È dunque di fondamentale importanza controllare l'esplorazione dell'algoritmo, mitigando i rischi e garantendo un processo di apprendimento *safe* lungo tutto l'orizzonte temporale. Abbiamo, quindi, creato un algoritmo *safe* ispirato a quello proposto da Castiglioni *et al.* 2022, adattandolo al nostro specifico scenario. Nello specifico, l'abbiamo integrato con un sistema che si interfaccia con la già esistente piattaforma di AdsHotel e, infine, adattato per garantire un'ottimizzazione *safe* delle bid con vincoli di ROI.

Un'ulteriore caratteristica che contraddistingue il nostro scenario è la non stazionarietà dovuta a diversi fattori quali la stagionalità, le festività e gli eventi imprevisti, come la pandemia dovuta al COVID-19. Abbiamo quindi impiegato tecniche che non solo fanno learning sui dati acquisiti nel tempo, ma che calibrano anche tali informazioni in base ai cambiamenti dell'ambiente. Considerare questo fattore è di fondamentale importanza per garantire buone performance nel tempo.

Infine, abbiamo inserito la possibilità di ampliare il numero di campagne pubblicitarie aprendone di nuove e promettenti. Nello specifico, dato un hotel, stimiamo la performance delle campagne chiuse sfruttando i dati generati da hotel simili. Attraverso tecniche di monitoraggio online siamo poi in grado di capire quali campagne sono promettenti e suggerirne l'apertura al gestore dell'hotel.

### 4 Tecniche Impiegate

Il problema descritto è stato risolto con tecniche data-driven, utilizzando i dati acquisiti online in maniera sequenziale. In particolare abbiamo impiegato tecniche presenti nella letteratura relativa all'ambito dell'IA adattandole ad uno scenario pubblicitario online reale.

L'algoritmo che abbiamo creato per l'ottimizzazione *safe* di campagne pubblicitarie si basa su tecniche quali Combinatorial MAB [Chen *et al.*, 2013] e Gaussian Process [Rasmussen e Williams, 2006] che permettono di costruire delle stime affidabili anche con pochi dati e forniscono la garanzia teorica di minimizzare (in alta probabilità) la perdita dovuta all'incertezza sui valori delle campagne, come mostrato in Castiglioni *et al.* 2022.

Inoltre, per gestire la non stazionarietà dell'ambiente abbiamo utilizzato delle tecniche di *change detection test* per individuare in maniera adattiva le variazioni che occorrono nell'ambiente. Nello specifico abbiamo adattato l'algoritmo ADWIN [Bifet e Gavalda, 2007] che analizza una sequenza di dati e automaticamente restringe o allarga l'insieme di dati considerati in base a quanti cambiamenti dell'ambiente sono stati individuati.

### Riferimenti bibliografici

- [Bifet e Gavalda, 2007] Albert Bifet e Ricard Gavalda. Learning from time-changing data with adaptive windowing. In *Proceedings of the 2007 SIAM international conference on data mining*, pages 443–448. SIAM, 2007.
- [Castiglioni *et al.*, 2022] Matteo Castiglioni, Alessandro Nuara, Giulia Romano, Giorgio Spadaro, Francesco Trovò, e Nicola Gatti. Safe online bid optimization with return-on-investment and budget constraints subject to uncertainty, 2022.
- [Chen *et al.*, 2013] W. Chen, Y. Wang, e Y. Yuan. Combinatorial multi-armed bandit: General framework and applications. In *ICML*, pages 151–159, 2013.
- [Feldman *et al.*, 2007] J. Feldman, S. Muthukrishnan, M. Pal, e C. Stein. Budget optimization in search-based advertising auctions. In *ACM EC*, pages 40–49, 2007.
- [Nuara *et al.*, 2019] A. Nuara, N. Sosio, F. Trovò, M. C. Zaccardi, N. Gatti, e M. Restelli. Dealing with interdependencies and uncertainty in multi-channel advertising campaigns optimization. In *WWW*, pages 1–11, 2019.
- [Nuara *et al.*, 2022] Alessandro Nuara, Francesco Trovò, Nicola Gatti, e Marcello Restelli. Online joint bid/daily budget optimization of internet advertising campaigns. *Artificial Intelligence*, To appear, 2022.
- [Rasmussen e Williams, 2006] C. E. Rasmussen e C. K. Williams. *Gaussian processes for machine learning*, volume 1. MIT Press, 2006.
- [Zhang *et al.*, 2012] W. Zhang, Y. Zhang, B. Gao, Y. Yu, X. Yuan, e T.-Y. Liu. Joint optimization of bid and budget allocation in sponsored search. In *SIGKDD*, pages 1177–1185, 2012.