**Multiple instance learning**

Nel machine learning, multiple-instance learning (MIL) è un tipo di apprendimento supervisionato (supervised learning).

Invece di ricevere un set di istanze etichettate individualmente, il learner riceve una serie di **bags** ognuna delle quali contiene più istanze.

Es. Nel caso di multiple-instance binarie, una bag può essere etichettata negativamente se tutte le istanze in essa contenute sono negative. E’ sufficiente invece che una sola delle sue instaze siapositiva per etichettarla (labeled) come bag positiva.

Da una collezione di labeled bags il learner cerca di (una delle due):

* Indurre un concetto che etichetti correttamente le singole istanze
* Imparare come etichettare le bags senza indurre il concetto

Babenko (2008)  fornisce un semplice esempio per MIL.

Immagina diverse persone e ognuna di loro ha un portachiavi che contiene poche chiavi. Alcune di queste persone sono in grado di entrare in una certa stanza e altre no. Il compito è quindi quello di prevedere se una determinata chiave o un determinato portachiavi può farti entrare in quella stanza. Per risolvere questo problema dobbiamo trovare la chiave esatta che è comune a tutte le catene chiave "positive". Se siamo in grado di identificare correttamente questa chiave, possiamo anche classificare correttamente un'intera catena di chiavi: positiva se contiene la chiave richiesta o negativa se non contiene.

A seconda del tipo e della variazione dei dati treaning, il Machine learning può essere categorizzato approssimativamente in tre framework:

* apprendimento supervisionato;
* apprendimento non supervisionato;
* e apprendimento di rinforzo;

**L'apprendimento a più istanze (MIL)** rientra nel quadro di apprendimento supervisionato, in cui ogni istanza di formazione ha un'etichetta, discreta o di valore reale. MIL si occupa di problemi con una conoscenza incompleta delle etichette nei set di addestramento. Più precisamente, nell'apprendimento a più istanze, il set di formazione è costituito da "bags" etichettati, ognuno dei quali è una raccolta di istanze senza etichetta. Una borsa è etichettata positivamente se almeno un'istanza in essa è positiva ed è etichettata negativamente se tutte le istanze in essa sono negative.

L'obiettivo del MIL è quello di prevedere le etichette di borse nuove e mai viste.

**Storia**

Keeler et al., [[2]](https://en.wikipedia.org/wiki/Multiple_instance_learning#cite_note-Keeler-2) nel suo lavoro nei primi anni '90 è stato il primo ad esplorare l'area di MIL. Il termine vero e proprio apprendimento multiistanza è stato introdotto a metà degli anni '90 da Dietterich et al. mentre studiavano il problema della previsione dell'attività dei farmaci. [[3]](https://en.wikipedia.org/wiki/Multiple_instance_learning#cite_note-Dietterich-3) Hanno cercato di creare un sistema di apprendimento in grado di prevedere se una nuova molecola fosse qualificata per produrre qualche farmaco o meno, analizzando una raccolta di molecole note. Le molecole possono avere molti stati alternativi di bassa energia, ma solo uno, o alcuni di essi, sono qualificati per produrre un farmaco. Il problema è sorto perché gli scienziati potevano solo determinare se la molecola è qualificata o meno, ma non potevano dire esattamente quale delle sue forme a bassa energia ne fosse responsabile.

Uno dei modi proposti per risolvere questo problema era utilizzare l'apprendimento supervisionato e considerare tutte le forme a bassa energia della molecola qualificata come istanze di allenamento positivo, mentre tutte le forme a bassa energia delle molecole non qualificate come istanze negative. Dietterich et al. ha dimostrato che tale metodo avrebbe un alto rumore di falsi positivi, da tutte le forme a bassa energia che sono etichettate erroneamente come positive, e quindi non erano realmente utili. [[3]](https://en.wikipedia.org/wiki/Multiple_instance_learning#cite_note-Dietterich-3) Il loro approccio consisteva nel considerare ogni molecola come un sacchetto etichettato e tutte le forme alternative a bassa energia di quella molecola come istanze nel sacchetto, senza etichette individuali. Formulando così l'apprendimento a più istanze.

Soluzione al problema dell'apprendimento a istanze multiple che Dietterich et al. proposto è l'algoritmo del rettangolo parallelo all'asse (APR). [[3]](https://en.wikipedia.org/wiki/Multiple_instance_learning#cite_note-Dietterich-3) Tenta di cercare rettangoli paralleli all'asse appropriati costruiti dalla congiunzione degli elementi. Hanno testato l'algoritmo sul set di dati Musk, [[4]](https://en.wikipedia.org/wiki/Multiple_instance_learning#cite_note-Musk-4) che è un test concreto di dati sulla previsione dell'attività dei farmaci e il benchmark più comunemente utilizzato nell'apprendimento a più istanze. L'algoritmo APR ha ottenuto il miglior risultato, ma APR è stato progettato tenendo conto dei dati di Musk.

Il problema dell'apprendimento multiistanza non riguarda solo la ricerca di farmaci. Nel 1998, Maron e Ratan hanno trovato un'altra applicazione dell'apprendimento a istanze multiple per la classificazione delle scene nella visione artificiale e hanno ideato il framework Diverse Density. [[5]](https://en.wikipedia.org/wiki/Multiple_instance_learning#cite_note-Maron-5) Data un'immagine, un'istanza viene considerata come una o più sottoimmagini di dimensioni fisse e la borsa delle istanze viene considerata l'intera immagine. Un'immagine viene etichettata come positiva se contiene la scena di destinazione, ad esempio una cascata, e negativa in caso contrario. L'apprendimento di più istanze può essere utilizzato per apprendere le proprietà delle immagini secondarie che caratterizzano la scena di destinazione. Da lì in poi, questi framework sono stati applicati a un ampio spettro di applicazioni, che vanno dall'apprendimento del concetto di immagine e dalla categorizzazione del testo, alla previsione del mercato azionario.

**Esempi**

Prendiamo ad esempio la classificazione delle immagini. Amores (2013).

Data un'immagine, vogliamo conoscere la sua classe di destinazione in base al suo contenuto visivo. Ad esempio, la classe di destinazione potrebbe essere "spiaggia", dove l'immagine contiene sia "sabbia" che "acqua". In termini MIL, l'immagine è descritta come una borsa X = {X1 , .., Xn} dove ciascuno Xi è il vettore di caratteristiche (chiamato istanza ) estratto dalla corrispondente regione i-esima nell'immagine e ‘N’ è il totale delle regioni (istanze) che partizionano l'immagine.

La borsa è etichettata come positiva ("spiaggia") se contiene sia istanze della regione "sabbia" che istanze della regione "acqua".

Esempi di dove viene applicato MIL sono:

* Attività della molecola
* Previsione dei siti di legame delle proteine ​​leganti la calmodulina [6]
* Funzione di previsione per isoforme impiombate alternativamente Li, Menon & et al. (2014) , Eksi et al. (2013)
* Classificazione delle immagini Maron & Ratan (1998)
* Classificazione di testi o documenti Kotzias et al. (2015)
* Predire siti di legame funzionali di MicroRNA bersaglia Bandyopadhyay, Ghosh & et al. (2015)
* Classificazione delle immagini mediche Zhu et al. (2016) , PJSudharshan et al. (2019)

Numerosi ricercatori hanno lavorato sull'adattamento delle tecniche di classificazione classiche, come le macchine a vettori di supporto o il potenziamento , per lavorare nel contesto dell'apprendimento a più istanze.

**Definizione**

Se lo spazio delle istanze è X, quindi l'insieme delle bags è l'insieme delle funzioni Nx = {B : X -> N} che è isomorfo all'insieme dei multi-sottoinsiemi di X.  
Per ogni borsa B ∈ Nx ed ogni istanza x ∈ X, B(x) è visto come il numero di volte X che si verifica B.

Sia Y lo spazio delle etichette, quindi un "concetto di istanze multiple" è una mappa c : Nx -> Y L'obiettivo di MIL è apprendere un tale concetto.

**Presupposti**

La maggior parte del lavoro sul Multiple instance learning sta nel creare le relazioni tra le istanze in una bag e l’etichetta della classe della bag. Proprio per la sua importanza, l’assunzione e anche chiamata “standard MI assumption”

* **Standard assumption – Presupposti standard**

Il presupposto standard prende ogni istanza x ∈ X per avere un'etichetta associata y ∈ {0,1} che è nascosto al learning.

Ila coppia (x, y) è chiamato "concetto a livello di istanza". Una bag è ora vista come un insieme di concetti a livello di istanza ed è etichettata come positiva se almeno una delle sue istanze ha un'etichetta positiva e negativa se tutte le sue istanze hanno etichette negative. Formalmente, se B = {(x1 , y1) … (Xn , Yn)} è una bag.

L’etichetta di B è .

L’ipotesi MI