

Laboratorio di Algoritmi

Progetto “Finanziamenti” (settembre 2024)

Nota: La scadenza del progetto è fissata per martedì 10 settembre **compreso**.

Nota: Si consiglia di consultare sulla pagina web il documento che riporta le avvertenze utili per lo svolgimento del progetto. Si consiglia anche di verificare di tanto in tanto gli aggiornamenti a questo documento, che potranno riportare risposte ai dubbi degli studenti e correzioni di eventuali errori.

Il problema

Un gruppo di enti pubblici e privati, costituito da fondazioni bancarie, ONLUS e istituti di credito e assicurativi, ha istituito un sistema coordinato per gestire finanziamenti da erogare a progetti presentati da cittadini e associazioni. L’idea è che questi presentino le loro proposte di progetto al sistema e gli enti selezionino con un procedimento formale i progetti che intendono finanziare fra quelli disponibili.

Il sistema è organizzato nel modo seguente. L’orizzonte temporale considerato è di un anno solare, dal primo gennaio al 31 dicembre. In questo periodo, si verificano sei tipi di evento: la presentazione di un nuovo progetto, il ritiro di un progetto, la registrazione di un nuovo ente finanziatore, la cancellazione di un ente, la selezione di progetti da parte di un ente, la richiesta di una stampa riassuntiva della situazione corrente. Ad ogni evento, il sistema compie le operazioni opportune e aggiorna il proprio stato.

La proposta di un nuovo progetto specifica un numero intero identificativo, il nome del progetto, il budget richiesto (in migliaia di euro), la categoria, l’ISEE del proponente (numero intero), la data di inizio e quella di fine. Ci sono cinque possibili categorie di progetto, associate a numeri interi: culturale (1), sportivo (2), sociale (3), commerciale (4) e finanziario (5). Le date del progetto sono numeri interi compresi fra 1 e 365 e identificano il giorno corrispondente nell’anno corrente¹. Quando un progetto viene presentato, diventa subito disponibile per essere finanziato, e lo rimane fino al primo evento di selezione nel quale viene scelto o fino al suo eventuale ritiro.

Un progetto ritirato è disponibile fino al momento del ritiro stesso; poi cessa di esserlo. Se è stato finanziato prima del ritiro, il budget che richiede torna disponibile per l’ente che lo ha scelto in qualsiasi eventuale selezione che segua il ritiro. Un progetto viene presentato o ritirato una volta sola e l’eventuale ritiro segue sempre la presentazione.

Un ente finanziatore si registra fornendo il proprio numero intero identificativo, il nome e il budget disponibile (in migliaia di euro). Inoltre, fornisce le caratteristiche del proprio progetto ideale, cioè il valore numerico preferito per la categoria, per l’ISEE e per le date di inizio e fine. Un ente si registra o si cancella una volta sola e l’eventuale cancellazione segue sempre la registrazione.

Quando un ente decide di finanziare progetti, lo fa in base alle differenze in valore assoluto (dunque, sempre non negative) tra i valori numerici che definiscono ciascun progetto reale e i corrispondenti valori che definiscono il progetto ideale dell’ente. Tali valori si riferiscono alla categoria, all’ISEE, alla data di inizio e a quelli di fine del progetto. Per ciascuno di questi criteri di valutazione, si sottrae la differenza effettiva da quella massima possibile, che è riportata nella prima riga

¹Escludiamo gli anni bisestili per semplicità.

della tabella seguente. I quattro valori così ottenuti sono tanto maggiori quanto più simili sono i due progetti per il criterio a cui si riferiscono.

Dato	Categoria	ISEE	Inizio	Fine
Max diff.	4	99	364	364
Peso	100	4	1	1

Fatto ciò, si moltiplica ciascun valore per il peso del criterio corrispondente, che è riportato nella seconda riga della tabella, e si sommano i risultati. Il valore ottenuto è l'indice di preferenza dell'ente per il progetto. Infatti, è tanto più alto quanto più vicino è il progetto stesso a quello ideale per l'ente.

Durante una selezione, l'ente sceglie, fra i progetti disponibili, un sottoinsieme che abbia il massimo valore di preferenza (somma delle preferenze per i singoli progetti), ma rispetti il budget disponibile. Quindi un ente può finanziare i progetti che sceglie solo interamente. Il budget eventualmente non speso rimane disponibile per selezioni successive, che possono approfittare della proposta di nuovi progetti. Quando un progetto è selezionato, non è più disponibile per altri enti.

Quando un ente cancella la propria registrazione, ovviamente non seleziona più progetti, non compare nella stampa della situazione e non partecipa alla fase finale descritta in seguito. Tutti i progetti che l'ente ha selezionato in precedenza tornano disponibili per essere finanziati a partire da quel momento.

Al termine dell'anno, un comitato di coordinamento raccoglie il budget residuo di tutti gli enti ancora registrati nel sistema e ripescava alcuni dei progetti ancora disponibili. L'obiettivo del ripescaggio è determinare il sottoinsieme di progetti più "diversificato" compatibile col budget raccolto. La diversità di un sottoinsieme di progetti è definita come la somma di tutte le distanze a coppie tra i progetti del sottoinsieme. Il problema non ammette algoritmi polinomiali né pseudopolinomiali. Verrà quindi risolto con la seguente euristica.

Dato un progetto iniziale finanziabile (cioè non ritirato, non ancora finanziato e compatibile col budget residuo), gli si aggiunge il progetto finanziabile che ha la massima distanza da esso. La distanza fra due progetti è definita come fatto in precedenza per la distanza fra un progetto effettivo e uno ideale. Si considerano però le differenze effettive senza sottrarre da quelle massime, dato che in questo caso i valori alti sono preferiti a quelli bassi. Ai primi due progetti si aggiunge quello che ha la massima somma delle distanze dai due progetti scelti. Si procede scegliendo il progetto con la massima somma delle distanze dai progetti già scelti, finché vi sono progetti finanziabili. In caso di parità, si considera sempre il progetto con l'identificativo minimo, per semplicità. Siccome la soluzione dipende dal progetto scelto per primo, l'algoritmo va ripetuto considerando ogni possibile progetto iniziale e restituendo al termine la soluzione migliore fra quelle così generate. Anche in questo caso, fra soluzioni equivalenti si sceglierà quella ottenuta partendo dal progetto di indice minimo.

Il progetto

Il progetto richiede di realizzare un programma che riceva dalla linea di comando il nome di un file di testo, ne legga una sequenza di eventi e reagisca correttamente a ciascuno di questi. Ogni riga del file descrive un evento: il formato della descrizione di ciascun possibile evento e la reazione appropriata sono descritti nel seguito.

Presentazione di un progetto

Questo evento è introdotto dalla parola chiave *proposta*, seguita da

- un *identificativo* (numero intero)

- una *descrizione* (stringa alfanumerica, composta da una singola parola di al più $\ell = 50$ caratteri²).
- un *budget richiesto* (numero intero, espresso in migliaia di euro)
- una *categoria* (numero intero fra 1 e 5)
- un *ISEE* (numero intero compreso fra 1 e 100)
- una *data di inizio* (numero intero fra 1 e 365)
- una *data di fine* (numero intero fra 1 e 365)

Ad esempio:

proposta 23 CampoTennis 5 2 6 205 340

rappresenta la proposta del progetto n°23, di nome “CampoTennis”, che richiede 5 000 euro, appartiene alla categoria delle attività sportive, ha un proponente con ISEE pari a 6 ed è previsto svolgersi dal 24 luglio (205-esimo giorno dell’anno) al 6 dicembre (340-esimo giorno dell’anno).

Ritiro di un progetto

Questo evento è introdotto dalla parola chiave **ritiro**, seguita dall’identificativo numerico del progetto. Ad esempio:

ritiro 23

rappresenta il ritiro del progetto n°23.

Registrazione di un nuovo ente

Questo evento è introdotto dalla parola chiave **registrazione**, seguita da:

- un *identificativo* (numero intero)
- una *descrizione* (stringa alfanumerica, composta da una singola parola di al più $\ell = 50$ caratteri)
- un *budget disponibile* (numero intero, espresso in migliaia di euro)
- una *categoria preferita* (numero intero fra 1 e 5)
- un *ISEE preferito* (numero intero fra 1 e 100)
- una *data di inizio preferita* (numero intero fra 1 e 365)
- una *data di fine preferita* (numero intero fra 1 e 365)

Ad esempio:

registrazione 5 BancoFiducia 35 2 45 80 140

rappresenta la registrazione dell’ente n°5, di nome “BancoFiducia”, che dispone di 35 000 euro, preferisce la categoria delle attività sportive, i progetti proposti da soggetti con ISEE pari a 45 e che si svolgono dal 21 marzo (80-esimo giorno dell’anno) al 20 maggio (140-esimo giorno dell’anno).

²Questa indicazione di massima serve a dimensionare le stringhe. Non va intesa come un invito a considerare $O(1)$ il numero di possibili progetti nelle analisi di complessità e nemmeno il tempo e lo spazio richiesti a gestirli. Lo stesso vale nel seguito per gli enti. Per semplicità, però, assumeremo lo stesso parametro per le due dimensioni.

Cancellazione di un ente

Questo evento è introdotto dalla parola chiave **cancellazione**, seguita dall'identificativo numerico dell'ente. Ad esempio:

cancellazione 5

rappresenta la cancellazione dell'ente n°5.

Stampa della situazione

Questo evento è rappresentato dalla semplice parola chiave **stampa**, e richiede al programma di stampare a video nell'ordine:

1. una riga contenente solo la parola chiave **Enti**;
2. l'elenco ordinato per registrazione³ degli enti che risultano attualmente registrati e non eliminati, uno per riga; di ogni ente va riportato l'identificativo, la descrizione, la lista degli identificativi dei progetti finanziati, ordinata per valori crescenti, e infine il budget residuo, tutti separati da spazi singoli;
3. una riga contenente solo la parola chiave **Progetti finanziati**;
4. l'elenco ordinato per proposta⁴ dei progetti che risultano attualmente proposti, finanziati e non ritirati, uno per riga; di ogni progetto va riportato l'identificativo e la descrizione, l'identificativo e la descrizione dell'ente finanziatore, il budget richiesto, la categoria, l'ISEE, la data di inizio e la data di fine nel formato sopra descritto;
5. una riga contenente solo la parola chiave **Progetti disponibili**;
6. l'elenco ordinato per proposta dei progetti che risultano attualmente proposti, non ancora finanziati e non ritirati, uno per riga; di ogni progetto va riportato l'identificativo e la descrizione, il budget richiesto, la categoria, l'ISEE, la data di inizio e la data di fine nel formato sopra descritto.

Selezione di progetti da finanziare

Questo evento è introdotto dalla parola chiave **selezione**, seguita dall'identificativo dell'ente che svolge la selezione. Richiede al programma di identificare un sottoinsieme di progetti disponibili (proposti, non ritirati e non ancora finanziati) che abbia indice totale di preferenza massimo e sia compatibile con il budget dell'ente.

Il programma deve stampare a video la soluzione ottima del problema⁵, scrivendo su una sola riga la parola chiave **Ente**, seguita dall'identificativo dell'ente, dalla parola chiave **finanzia** e dalla lista degli identificativi dei progetti finanziati, ordinata per identificativi crescenti e terminata dalla parola chiave **budget residuo** seguita dal valore del budget che rimane dopo l'erogazione del finanziamento. I vari termini vanno tutti separati da spazi singoli. Il formato rimane lo stesso se il budget dell'ente non basta a finanziare alcun progetto, salvo che la lista dei progetti è vuota.

Ad esempio:

Ente 5 finanzia 23 40 61 budget residuo 3

³È banalmente l'ordine con cui compaiono nella sequenza degli eventi.

⁴È banalmente l'ordine con cui compaiono nella sequenza degli eventi. Questo vale anche per i progetti che tornano disponibili dopo la cancellazione di un ente finanziatore: mantengono l'ordine di proposta originale.

⁵È possibile che ve ne sia più d'una, con uguale valore ottimo.

rappresenta la scelta da parte dell'ente n° 5 di finanziare i progetti n° 23, 40 e 61, rimanendo con un budget residuo disponibile di 3 000 euro.

Ripescaggio dei progetti

Questo evento non compare esplicitamente nei dati in ingresso, ma viene automaticamente considerato al termine dei dati stessi. Il programma deve stampare a video la soluzione ottenuta con l'algoritmo euristico descritto più sopra, scrivendo su una sola riga le parole chiave **Comitato finanzia**, seguite dalla lista degli identificativi dei progetti finanziati, ordinati per valori crescenti, separati da spazi singoli e terminati dalle parole chiave **budget residuo** seguite dal valore del budget che rimane disponibile dopo l'erogazione dell'ultimo finanziamento. Ad esempio:

```
Comitato finanzia 21 32 50 budget residuo 9
```

rappresenta la scelta da parte del comitato di coordinamento di finanziare i progetti n° 21, 32 e 50, rimanendo con un budget residuo disponibile di 9 000 euro. Per semplicità, se il budget disponibile non basta a finanziare alcun progetto, la lista dei progetti è vuota, ma il formato non cambia.

Al termine del ripescaggio, bisogna poi stampare a video un rapporto finale sulla situazione, nel formato già descritto più sopra, salvo che per i progetti finanziati dal comitato si userà l'identificatore -1 e la descrizione **Comitato**.

Esempio Si consideri il seguente esempio, che riguarda due enti e dieci progetti.

```
registrazione 2 Istituto2 730 3 9 185 349
registrazione 1 Istituto1 857 1 36 328 351
proposta 6 Progetto6 160 1 12 25 340
proposta 4 Progetto4 169 1 85 2 175
selezione 1
proposta 8 Progetto8 173 2 84 44 337
selezione 1
proposta 7 Progetto7 130 1 52 118 156
ritiro 8
stampa
proposta 1 Progetto1 97 4 97 6 306
proposta 3 Progetto3 174 4 88 100 183
cancellazione 1
proposta 5 Progetto5 44 4 98 339 347
proposta 10 Progetto10 162 2 51 83 212
ritiro 1
selezione 2
proposta 2 Progetto2 102 1 63 321 355
proposta 9 Progetto9 198 2 89 122 236
```

Vengono prima registrati i due enti (**Istituto2** e **Istituto1**), con le loro caratteristiche. Poi vengono proposti i progetti **Progetto6** e **Progetto4**. Segue la prima selezione, da parte dell'**Istituto1**. Siccome è possibile finanziare entrambi i progetti, si stampa:

```
Ente 1 finanzia 6 4 budget residuo 528
```

Viene poi proposto il progetto **Progetto8**, e parte una seconda selezione da parte dell'**Istituto1**. Siccome il budget residuo è sufficiente a finanziare anche il nuovo progetto, che è l'unico disponibile, si stampa:

```
Ente 1 finanzia 8 budget residuo 355
```

L'evento successivo è una richiesta di report, che porta alla seguente stampa:

```
Enti
2 Istituto2 730
1 Istituto1 4 6 528
Progetti finanziati
6 Progetto6 1 Istituto1 160 1 12 25 340
4 Progetto4 1 Istituto1 169 1 85 2 175
Progetti disponibili
7 Progetto7 130 1 52 118 156
```

Vengono ora proposti i progetti **Progetto1** e **Progetto3**. Quindi, si elimina l'**Istituto1**, il che rende disponibili tutti i progetti che erano stati scelti da quell'istituto. In questo momento, quindi, ci sono cinque progetti disponibili.

Arrivano poi i progetti **Progetto5** e **Progetto10**, che fanno salire il numero a sette, ma subito dopo viene ritirato il **Progetto1**. La successiva selezione, da parte dell'**Istituto2**, avviene quindi fra sei progetti. Ne vengono finanziati cinque, il che porta alla seguente stampa:

```
Ente 2 finanzia 3 5 6 7 10 budget residuo 60
```

La sequenza degli eventi si conclude con la proposta dei progetti **Progetto2** e **Progetto9**. A questo punto, parte il ripescaggio, che raccoglie il budget residuo dagli enti rimanenti, cioè dal solo **Istituto2**. Nessuno dei tre progetti rimasti è compatibile col budget residuo, e quindi si stampa:

```
Comitato finanzia budget residuo 60
```

Il programma si conclude con la stampa della situazione finale, che è:

```
Enti
2 Istituto2 3 5 6 7 10 60
Progetti finanziati
6 Progetto6 2 Istituto2 160 1 12 25 340
7 Progetto7 2 Istituto2 130 1 52 118 156
3 Progetto3 2 Istituto2 174 4 88 100 183
5 Progetto5 2 Istituto2 44 4 98 339 347
10 Progetto10 2 Istituto2 162 2 51 83 212
Progetti disponibili
4 Progetto4 169 1 85 2 175
2 Progetto2 102 1 63 321 355
9 Progetto9 198 2 89 122 236
```

Chiarimenti

In questa sezione saranno riportate le risposte a domande e dubbi.