

# Προγραμματιστικά Εργαλεία και Τεχνολογίες για Επιστήμη Δεδομένων

Εργασία στην Python, 27/11/2023, Θάναος Βουλόδημος.

Προθεσμία παράδοσης: Κυριακή 28/1/2024.

## Πρόβλημα “time-travel”

Κάποιος φίλος σας φυσικός ανακάλυψε κάτι πολύ παράξενο: βρήκε τον τρόπο να κάνει αγοραπωλησίες μετοχών στο χρηματιστήριο της Νέας Υόρκης, όχι σήμερα (όπως ο υπόλοιπος κόσμος, πφφφ), αλλά σε οποιαδήποτε ημερομηνία θέλει στο παρελθόν! Συγκεκριμένα, ανακάλυψε έναν άτοκο τραπεζικό λογαριασμό, που την 1/1/1960 περιείχε 1 δολάριο, και κάποιον σχεδόν μαγικό τρόπο να δίνει εντολές για την αγορά ή την πώληση μετοχών όποια μέρα θέλει, χρησιμοποιώντας τα χρήματα που υπάρχουν σε αυτόν το λογαριασμό. Προφανώς, η αγορά μετοχών γίνεται με την αφαίρεση χρημάτων από το λογαριασμό και η πώληση έχει ως αποτέλεσμα την πρόσθεση χρημάτων στο λογαριασμό.

Ο φίλος σας ζητάει τη βοήθειά σας για να βρει κάποια καλή ακολουθία αγορών και πωλήσεων που θα τον κάνει πλούσιο. Αν τον βοηθήσετε, σας προτείνει να μοιραστείτε τα κέρδη. Σκέφτεστε λίγο, ψάχνετε στο Internet και βρίσκετε ότι οι ιστορικές τιμές όλων των μετοχών του χρηματιστηρίου της Νέας Υόρκης είναι διαθέσιμες σε [ένα μεγάλο συμπιεσμένο αρχείο](#). Συγκεκριμένα, ο κατάλογος Stocks περιέχει για κάθε μετοχή  $s$  ένα αρχείο CSV με όνομα  $s.us.txt$  — για παράδειγμα, για τη μετοχή AAPL της Apple Inc. υπάρχει το αρχείο με όνομα `aapl.us.txt`. Κάθε τέτοιο αρχείο περιέχει, μεταξύ άλλων, για κάθε ημερομηνία  $d$  την τιμή *ανοίγματος* (open) της μετοχής  $s$  τη μέρα  $d$ , τη *μέγιστη* τιμή (high) της μετοχής  $s$  τη μέρα  $d$ , την *ελάχιστη* τιμή (low) της μετοχής  $s$  τη μέρα  $d$ , την τιμή *κλεισίματος* (close) της μετοχής  $s$  τη μέρα  $d$ , και τον *όγκο* (volume) των αγοραπωλησιών της μετοχής  $s$  τη μέρα  $d$  (δηλαδή το πλήθος των μετοχών που άλλαξαν χέρια).

Χρησιμοποιώντας αυτή την πληροφορία, σκέφτεστε ότι θα είναι μάλλον εύκολο να βοηθήσετε το φίλο σας και τον ρωτάτε τι ακριβώς θέλει. Εκείνος σας λέει ότι χρειάζεται μία ακολουθία  $N$  κινήσεων, κάθε μία από τις οποίες θα είναι μία τετράδα της μορφής  $(d_i, m_i, s_i, x_i)$  για  $0 \leq i < N$ , όπου  $d_i$  είναι η μέρα κατά την οποία θα εκτελεστεί,  $m_i$  ο κωδικός της κίνησης (βλ. παρακάτω),  $s_i$  ο κωδικός της μετοχής που αφορά και  $x_i$  το πλήθος των μετοχών είτε προς αγορά είτε προς πώληση.<sup>1</sup>

Τα βασικά είδη κινήσεων που μας συμφέρει να εκτελούμε είναι τα εξής:

- buy-low: αγόρασε στην ελάχιστη τιμή.
- sell-high: πούλησε στη μέγιστη τιμή.

Βάσει των πληροφοριών που έχουμε στη διάθεσή μας, γνωρίζουμε την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή κάθε μετοχής μέσα στη μέρα αλλά δε γνωρίζουμε με ασφάλεια αν η ελάχιστη τιμή προηγήθηκε χρονικά της μέγιστης ή αντίστροφα. Για το λόγο αυτό, θεωρούμε ότι αυτές οι αγορές και οι πωλήσεις γίνονται ανεξάρτητα, δηλαδή πρέπει εκ των προτέρων να έχουμε διαθέσιμα χρήματα για τις μετοχές που θέλουμε να αγοράσουμε και επίσης να έχουμε στην κατοχή μας τις μετοχές που θέλουμε να πουλήσουμε.

Ένας άλλος φίλος οικονομολόγος όμως μας πρότείνει ότι μπορούμε να έχουμε μεγαλύτερο κέρδος αν κάνουμε και *intra-day trading*, δηλαδή αν αγοράζουμε και πουλάμε *την ίδια μέρα*, εκμεταλλευόμενοι τη διακύμανση των μετοχών. Για το λόγο αυτό, προσθέτουμε και τα εξής είδη κινήσεων:

- buy-open: αγόρασε στην τιμή ανοίγματος.
- sell-open: πούλησε στην τιμή ανοίγματος.
- buy-close: αγόρασε στην τιμή κλεισίματος.
- sell-close: πούλησε στην τιμή κλεισίματος.

Οι κινήσεις εκτελούνται με χρονολογική σειρά. Μέσα στην ίδια μέρα, οι κινήσεις εκτελούνται με την εξής σειρά:

$\{ \text{buy-open}, \text{sell-open} \} \gg \{ \text{buy-low}, \text{sell-high} \} \gg \{ \text{buy-close}, \text{sell-close} \}$

δηλαδή σε τρεις ομάδες: κατά το άνοιγμα, κατά τη διάρκεια της μέρας και κατά το κλείσιμο. Πριν να εκτελεστούν οι εντολές κάθε ομάδας, πρέπει να υπάρχουν στο λογαριασμό αρκετά χρήματα για όλες τις εντολές αγορών και να έχουμε στην κατοχή μας όλες τις μετοχές προς πώληση. Η σειρά με την οποία εκτελούνται οι εντολές κάθε ομάδας δεν έχει σημασία.

Ορίζουμε ως **κέρδος** (σε δολάρια) μίας έγκυρης ακολουθίας κινήσεων το υπόλοιπο του λογαριασμού αφού εκτελεστούν όλες οι κινήσεις, όπως περιγράφηκε παραπάνω, έχοντας ξεκινήσει με 1 δολάριο στο λογαριασμό την 1/1/1960.

Δεδομένης μίας έγκυρης ακολουθίας, ορίζουμε ως **αποτίμηση** (σε δολάρια) για μία συγκεκριμένη ημέρα το άθροισμα του υπολοίπου του λογαριασμού και της αξίας όλων των μετοχών που βρίσκονται στην κατοχή μας στο κλείσιμο εκείνης της ημέρας (δηλαδή το άθροισμα των γινομένων των μετοχών επί των αντίστοιχων τιμών κλεισίματος).

**Προσοχή!** Προκειμένου να μην αλλοιωθεί το συνεχές του χωροχρόνου και να μην εξαφανιστούν η Νέα Υόρκη και το χρηματιστήριό της από προσώπου γης,<sup>2</sup> τόσο το συνολικό πλήθος των μετοχών  $s$  που αγοράζουμε όσο και το συνολικό πλήθος των μετοχών  $s$  που πουλάμε την ημέρα  $d$  δεν πρέπει να ξεπερνούν το 10% του όγκου της μετοχής  $s$  την ημέρα  $d$ .

<sup>1</sup> Για λόγους απλότητας, στην εργασία αυτή κάνουμε την αφελή παραδοχή ότι οι αγοραπωλησίες μετοχών δεν έχουν προμήθεια.

<sup>2</sup> Μεγάλη μπαρούφα, λες και δεν του αλλάξαμε ήδη τα φώτα του συνεχούς, αλλά όλες οι σχετικές ταινίες sci-fi έτσι λένε.

## Τι πρέπει να παραδώσετε:

Επισυνάψτε σε e-mail που θα στείλετε στη διεύθυνση [progds@courses.softlab.ntua.gr](mailto:progds@courses.softlab.ntua.gr) μέχρι την καταληκτική ημερομηνία παράδοσης τα ακόλουθα:

1. Μία έγκυρη ακολουθία  $N \leq 1000$  κινήσεων με μεγάλο κέρδος.

Θα αποθηκεύσετε την ακολουθία σε ένα αρχείο κειμένου `small.txt` με την εξής γραμμογράφιση. Η πρώτη γραμμή θα πρέπει να περιέχει το πλήθος  $N$  των κινήσεων. Κάθε μία από τις επόμενες  $N$  γραμμές θα περιγράφει μία κίνηση, σύμφωνα με το παράδειγμα που ακολουθεί (το παράδειγμα οδηγεί σε κέρδος 570.371, 72741 δολαρίων):

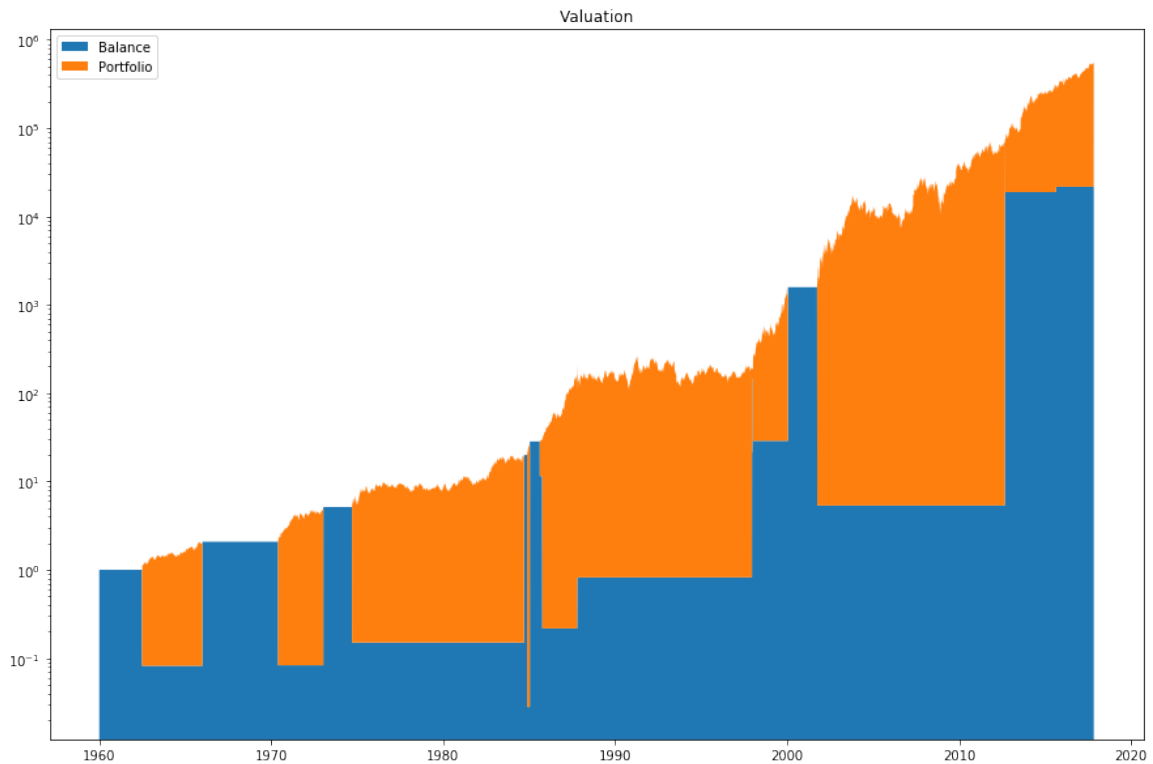
```
27
1962-06-27 buy-low GE 2
1965-12-31 sell-high GE 2
1970-05-27 buy-low GE 4
1973-01-11 sell-high GE 4
1974-09-13 buy-low GE 10
1984-09-14 sell-high GE 10
1984-11-19 buy-low AAPL 57
1985-01-15 sell-high AAPL 57
1985-08-15 buy-low AAPL 73
1985-10-07 buy-low GE 6
1987-10-19 sell-open AAPL 73
1987-10-19 buy-low AAPL 99
1987-10-19 sell-high GE 6
1987-10-19 buy-close GE 7
1997-12-16 sell-high GE 7
1997-12-30 buy-low AAPL 300
1998-01-06 buy-low AAPL 45
1998-01-06 sell-high AAPL 45
2000-01-20 sell-high AAPL 399
2001-10-01 buy-low AMZN 286
2012-08-30 sell-high AMZN 286
2012-09-04 buy-low FB 3000
2015-08-24 buy-open FB 200
2015-08-24 buy-low GE 190
2015-08-24 sell-high FB 200
2015-08-24 sell-close GE 190
2017-11-01 sell-high FB 3000
```

2. Μία έγκυρη ακολουθία  $N \leq 1.000.000$  κινήσεων με μεγάλο κέρδος, αποθηκευμένη σε ένα αρχείο κειμένου `large.txt` με τον ίδιο τρόπο όπως παραπάνω.
3. Μία έκθεση `report.pdf` που να περιγράφει τη μέθοδο που ακολουθήσατε για να βρείτε τις δύο ακολουθίες. Για κάθε ακολουθία, φροντίστε να συμπεριλάβετε στην έκθεσή σας ένα διάγραμμα της αποτίμησής σας συναρτήσει του χρόνου, όπως το Σχήμα 1 (που αντιστοιχεί στο δοθέν παράδειγμα).
4. Ένα συμπιεσμένο αρχείο `scripts.zip` (ή αντίστοιχο) που να περιέχει τυχόν `scripts` (ή `notebooks`) που χρησιμοποιήσατε για να διαβάσετε και να επεξεργαστείτε τα ιστορικά δεδομένα, να βρείτε τις ακολουθίες κινήσεων, να σχεδιάσετε τα διαγράμματα, κ.λπ.

Μπορείτε να δοκιμάσετε τις ακολουθίες που παράγετε υποβάλλοντας αυτές στην παρακάτω ιστοσελίδα (βλ. Σχήμα 2).

<https://courses.softlab.ntua.gr/progds/2023b/time-travel/>

**Προσοχή:** Το να βρείτε το μέγιστο δυνατό κέρδος είναι ένα πολύ δύσκολο αλγοριθμικό πρόβλημα. Προτείνω να μην το επιχειρήσετε. Επιστρατεύστε τη διαίσθηση και τη φαντασία σας και κάνετε ό,τι καλύτερο μπορείτε. Αν ποτέ βρεθείτε στην ευχάριστη θέση να μπορείτε να ταξιδέψετε πίσω στο χρόνο και η εργασία αυτή σας φανεί χρήσιμη, ο διδάσκων και οι φίλοι του θα δέχονται δωρεές ύψους 1% των κερδών σας. ☺



Σχήμα 1: Διάγραμμα αποτίμησης.

The screenshot shows a web browser window with the title 'The Time-Travel Project' and the URL 'courses.softlab.ntua.gr/progds/2023b/time-travel/'. The page content includes:

- The Time-Travel Project** 2023b edition
- Validate your solution:**
- Don't try this for large solutions. There's a limit to the size of the file you can submit and you will probably exceed it!
- A file upload section with a 'Choose file' button (showing 'No file chosen') and an 'Upload' button.
- Success:**
- After 27 transaction(s), your profit is **570371.72741** dollars.

Σχήμα 2: Ιστοσελίδα επικύρωσης ακολουθιών κινήσεων.