

Προγραμματισμός ιταλικού
πρωταθλήματος
Ποδοσφαίρου(Serie A)

Παπαχρήστου
Μάριος-Γιώργος
1083864

Περιεχόμενα

Περιγραφή προβλήματος:	3
Εργαλεία:	3
Παραδοχές:	4
Μοντελοποίηση :	4
Λειτουργία προγράμματος / Αποτελέσματα:	10
Συμπεράσματα	13
Βιβλιογραφία:	13

Περιγραφή προβλήματος:

Το ιταλικό πρωτάθλημα θεωρείται ένα από τα τοπ 5 κορυφαία πρωταθλήματα στον κόσμο. Από το 1930 όπου και ξεκίνησε από έχει καταφέρει να φτάσει σε ένα υψηλό επίπεδο με οπαδούς και θαυμαστές από όλον τον κόσμο.

Κάθε χρόνο η Ιταλική ομοσπονδία ποδοσφαίρου καλείται να δημιουργήσει το πρόγραμμα του πρωταθλήματος. Ο αριθμός των ομάδων αλλά και οι περιορισμοί που επιβάλλονται καθιστούν αδύνατη την επίλυση του προβλήματος με το χέρι. Για αυτό είναι απαραίτητη η δημιουργία κατάλληλου προγράμματος γραμμικού προγραμματισμού. Το ιταλικό πρωτάθλημα αποτελείται από 20 ομάδες και έχει την μορφή ενός μη-κατοπτρισμένου Round robin τουρνουά δηλαδή η σειρά των αγώνων του πρώτου γύρου δεν ταυτίζεται με αυτήν του δεύτερου.

Εργασία:

Για την επίλυση του προβλήματος χρησιμοποιήθηκε η python και η βιβλιοθήκη ru1p.

Η ru1p είναι μια δυνατή και ,συντακτικά, απλή βιβλιοθήκη επίλυσης γραμμικών προβλημάτων.

Παραδοχές:

Ευρωπαϊκές υποχρεώσεις. Καθώς είναι αδύνατο να γνωρίζει από πριν κάποιος την απόδοση των ομάδων στις ευρωπαϊκές διοργανώσεις δεν μπορεί να προγραμματιστεί εκ των προτέρων

Μοντελοποίηση :

Αρχικά ορίζουμε δυο μεταβλητές:

$x_{i,j,k} = 1$ όταν η ομάδα i παίζει εντός έδρας εναντίον της j την αγωνιστική k

Και

$y_{i,k} = 1$ όταν η ομάδα i παίζει εντός έδρας την αγωνιστική k

Η σχέση που τις συνδέει είναι:

$$y_{i,k} = \sum_{j=0}^n x_{i,j,k} \quad , i \neq j$$

N : αριθμός ομάδων

```
# HOME = 1, AWAY = 0

# x = 1 when team i plays at home versus team j on matchday k
x = pulp.LpVariable.dicts("x", (range(num_teams), range(num_teams), range(num_matchdays)), 0, 1, pulp.LpBinary)

# y = 1 when team i plays at home on matchday k
y = pulp.LpVariable.dicts("y", (range(num_teams), range(num_matchdays)), 0, 1, pulp.LpBinary)

# Create the problem
problem = pulp.LpProblem("Schedule", pulp.LpMinimize)

# Connect y to x
for i in range(num_teams):
    for k in range(num_matchdays):
        problem += y[i][k] == pulp.lpSum([x[i][j][k] for j in range(num_teams)])
```

Περιορισμοί:

Οι περιορισμοί χωρίστηκαν σε 8 κατηγορίες με βάση την μορφή τους.

1) Μια ομάδα παίζει μόνο ένα παιχνίδι κάθε αγωνιστική

$$\sum_{j=1}^n (x_{i,j,k} + x_{j,i,k}) = 1$$
$$j, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad k = 1, 2, 3, \dots, 2(n-1)$$

```
# Constraint 1: Each team plays exactly one game on each matchday
for i in range(num_teams):
    for k in range(num_matchdays):
        problem += pulp.lpSum([x[i][j][k] + x[j][i][k] for j in range(num_teams) if j != i]) == 1
```

2) Κάθε ομάδα παίζει δύο παιχνίδια με κάθε μια από τις υπόλοιπες, ένα εντός έδρας και ένας εκτός.

$$\sum_{j=1}^n (x_{i,j,k}) = 1$$
$$\sum_{j=1}^n (x_{j,i,k}) = 1$$
$$j, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad k = 1, 2, 3, \dots, 2(n-1)$$

```
# Constraint 2: Each team plays against each other team twice (both home and away) over the entire season
for i in range(num_teams):
    for j in range(num_teams):
        if i != j:
            problem += pulp.lpSum([x[i][j][k] for k in range(num_matchdays)]) == 1
            problem += pulp.lpSum([x[j][i][k] for k in range(num_matchdays)]) == 1
```

3) Δυο ομάδες παίζουν μια φορά στο πρώτο γύρο και μια φορά στο δεύτερο

$$\sum_{k=0}^{\frac{M}{2}} (x_{i,j,k} + x_{j,i,k}) = 1$$

$$\sum_{\frac{M}{2}}^M (x_{i,j,k} + x_{j,i,k}) = 1$$

$$j, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, M$$

M= ο αριθμός αγωνιστικών.

```
# Constraint 3: Each pair of teams plays once in each half of the season
half_matchdays = num_matchdays // 2
for i in range(num_teams):
    for j in range(num_teams):
        if i != j:
            problem += pulp.lpSum([x[i][j][k] + x[j][i][k] for k in range(half_matchdays)]) == 1
            problem += pulp.lpSum([x[i][j][k] + x[j][i][k] for k in range(half_matchdays, num_matchdays)]) == 1
```

4) Κάθε ομάδα παίζει το πολύ δυο φορές συνεχόμενα εντός/εκτός έδρας

$$y_{i,k} + y_{i,k+1} + y_{i,k+2} \leq 2$$

$$i = \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

$$k = \{1, 2, 3, \dots, M-2\}$$

```
# Constraint 4: Each team plays at most two consecutive home or away games
for i in range(num_teams):
    for k in range(num_matchdays - 2):
        problem += y[i][k] + y[i][k + 1] + y[i][k + 2] <= 2
```

5) Η ρεβάνς δύο ομάδων απέχει τουλάχιστον d παιχνίδια από το πρώτο τους παιχνίδι. Εδώ αρκεί να εξεταστεί το διάστημα γύρω από το τέλος του πρώτου γύρου καθώς από προηγούμενο περιορισμό έχει εξασφαλιστεί ότι κάθε ομάδα παίζει μια φορά με κάποια άλλη στον ίδιο γύρο

$$x_{i,j,k} + x_{i,j,k+d} \leq 1$$

$$x_{j,i,k} + x_{j,i,k+d} \leq 1$$

$$k=\{17,18,19,20,21\}$$

$$d = \{2,3..8\}$$

```
# Constraint 5: Minimum distance of _ matchdays between games of the same teams
match_distance = selection
for i in range(num_teams):
    for j in range(num_teams):
        if i != j:
            for k in range(half_matchdays - match_distance, half_matchdays + match_distance):
                for d in range(1, match_distance + 1):
                    if k + d < num_matchdays:
                        problem += x[i][j][k] + x[i][j][k + d] <= 1
                        problem += x[j][i][k] + x[j][i][k + d] <= 1
```

6) Στις αγωνιστικές 1,2,5,6 και 38 δεν πραγματοποιούνται αγώνες μεταξύ των ομάδων:

Inter,Milan,Juventus,Napoli,Atalanta,Roma,Lazio
καθώς και τα τοπικά ντέρμπι του Τορίνο (Juventus-Torino) και της Τοσκάνης

$$x_{i,j,k} + x_{j,i,k} = 0$$

i,j= οι ομάδες που αναφέρθηκαν παραπάνω

$$k=\{1,2,5,6,38\}$$

```
# Constraint 6: On MD1, MD2, MD5, MD6 and MD38 neither the
# matches between Napoli, Inter, Milan, and Atalanta nor the local derbies of
# Tuscany (EMPOLI-FIORENTINA) can be scheduled.
for k in [0, 1, 4, 5, num_matchdays - 1]:
    for i in [0,3, 4,6, 5, 8, 9, 10,13,11]: # Atalanta, Empoli, Fiorentina, Inter, Milan, Napoli
        for j in [0, 3,4,6, 5, 8, 9,10,13, 11]:
            if i != j:
                problem += x[i][j][k] + x[j][i][k] == 0
```

7) Πρέπει να υπάρχει απόλυτη εναλλαγή μεταξύ εντός και εκτός έδρας μεταξύ των Lazio-Roma, Juventus-Torino, Milan-Inter, Empoli-Fiorentina

$$y_{L,k} + y_{R,k} = 1$$

$$y_{J,k} + y_{T,k} = 1$$

$$y_{M,k} + y_{I,k} = 1$$

$$y_{E,k} + y_{F,k} = 1$$

L = Lazio, R = Roma

J = Juventus, T = Torino

M = Milan, I = Inter

E = Empoli, F = Fiorentina

k = {1, 2, 3, ..., M}, M = αριθμός παιχνιδιών

```
# Constraint 7: There must be an absolute alternation of home and away matches between
# the following combinations of Clubs: EMPOLI - FIORENTINA, INTER - MILAN
#JUVENTUS - TORINO, LAZIO - ROMA

# Empoli (4) - Fiorentina (5)
for k in range(num_matchdays):
    problem += y[4][k] + y[5][k] == 1

# Inter (8) - Milan (9)
for k in range(num_matchdays):
    problem += y[8][k] + y[9][k] == 1

#Roma (3) - Lazio (6)
for k in range(num_matchdays):
    problem += y[3][k] + y[6][k] == 1

#Juventus (10) - Torino (13)
for k in range(num_matchdays):
    problem += y[10][k] + y[13][k] == 1
```

8) Κάθε αγωνιστική μπορεί να έχει μέχρι ένα τοπικό ντέρμπι. Δηλαδή μπορεί να πραγματοποιείται μόνο ένα από τα ματς : Lazio-Roma, Juventus-Torino, Milan-Inter, Empoli-Fiorentina.

$$x_{L,R,k} + x_{R,L,k} + x_{J,T,k} + x_{T,J,k} + x_{M,I,k} + x_{I,M,k} + x_{E,F,k} + x_{F,E,k} \leq 1$$

L = Lazio, R = Roma
J = Juventus, T = Torino
M = Milan, I = Inter
E = Empoli, F = Fiorentina
 $k = \{1, 2, 3, \dots, M\}$, M = αριθμός παιχνιδιών

```
# Constraint 8: All local derbies must be played on different matchdays
# Milan (9) - Inter (8), Fiorentina (5) - Empoli (4), Roma (3) - Lazio (6),
# Juventus (10) - Torino (13)
for k in range(num_matchdays):
    problem += (
        x[8][9][k] + x[9][8][k] +
        x[5][4][k] + x[4][5][k] +
        x[3][6][k] + x[6][3][k] +
        x[10][13][k] + x[13][10][k]
    ) <= 1
```

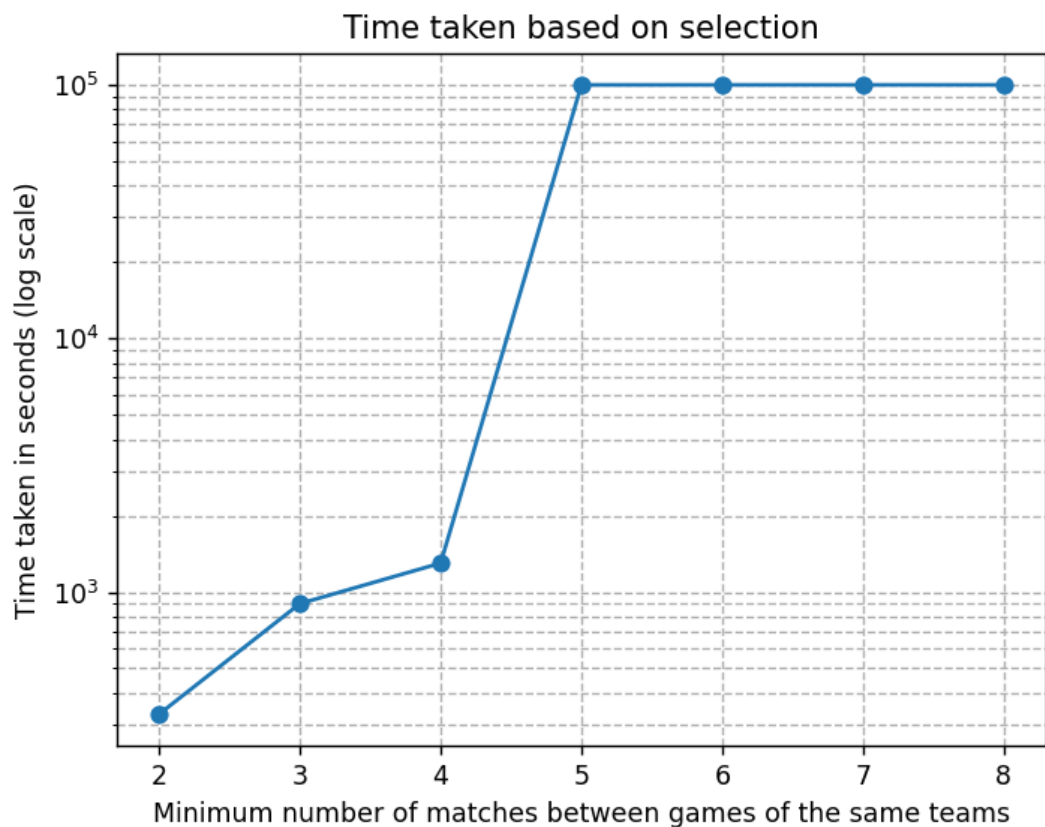
9) Καθώς στόχος του προβλήματος είναι η εύρεση
έγκυρης λύσης η αντικειμενική τιμή θα ισούται με 0.
Πράγμα που σημαίνει πως δεν έχει σημασία αν το
πρόβλημα λυθεί ως πρόβλημα μεγιστοποίησης ή
ελαχιστοποίησης .
 $Z=0$

```
# Objective value
Z = 0
problem += Z
```

Οι παραπάνω περιορισμοί θα αποτελέσουν την
αντικειμενική συνάρτηση.

Λειτουργία προγράμματος / Αποτελέσματα:

Αρχικά ο χρήστης έχει επιλογή να προβάλει ένα γράφημα που δείχνει τον χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος ανάλογα με την τιμή που θα επιλέξει για τον περιορισμό 5.



Δοκιμάζοντας την επιλογή 5 δεν είχε βρεθεί αποτέλεσμα ύστερα από 6 ώρες οπότε τοποθετήθηκε ενδεικτικά η τιμή $1e5$ για αυτή και τις επόμενες τιμές

Ζητείται από τον χρήστη να επιλέξει τον ελάχιστο αριθμό αγώνων μεταξύ των δυο παιχνιδιών δύο ομάδων με μέγιστη επιλογή 8.
Το πρόγραμμα τυπώνει το πρωτάθλημά χωρισμένο στις αγωνιστικές του

Matchday 1:

Atalanta	Bologna
Cagliari	Internazionale
Fiorentina	Udinese
Lazio	Hellas Verona
AC Milan	Como
Juventus	Genoa
Napoli	Lecce
Venezia	Roma
Monza	Empoli
Parma	Torino

Matchday 2:

Atalanta	Lecce
Cagliari	Napoli
Roma	Hellas Verona
Fiorentina	Parma
AC Milan	Udinese
Torino	Bologna
Genoa	Empoli
Como	Juventus
Venezia	Internazionale
Monza	Lazio

Matchday 3:

Bologna	AC Milan
Roma	Monza
Empoli	Parma
Hellas Verona	Juventus
Internazionale	Atalanta
Napoli	Genoa
Udinese	Cagliari
Torino	Lazio
Lecce	Venezia
Como	Fiorentina

Matchday 4:

Atalanta	Hellas Verona
Cagliari	Fiorentina
Empoli	Roma
Lazio	Bologna
Internazionale	Udinese
Juventus	AC Milan
Napoli	Torino
Lecce	Genoa
Venezia	Como
Monza	Parma

Matchday 5:

Bologna	Internazionale
Roma	Lecce
Fiorentina	Venezia
Hellas Verona	Empoli
AC Milan	Cagliari
Udinese	Juventus
Torino	Como
Genoa	Atalanta
Monza	Napoli
Parma	Lazio

Matchday 6:

Atalanta	Udinese
Cagliari	Roma
Empoli	Bologna
Lazio	Lecce
Hellas Verona	AC Milan
Internazionale	Parma
Juventus	Monza
Napoli	Como
Genoa	Fiorentina
Venezia	Torino

Matchday 19:

Cagliari	Genoa
Fiorentina	AC Milan
Lazio	Roma
Internazionale	Torino
Juventus	Bologna
Napoli	Empoli
Udinese	Monza
Lecce	Hellas Verona
Como	Atalanta
Parma	Venezia

Matchday 20:

Bologna	Como
Empoli	Fiorentina
Lazio	Juventus
Hellas Verona	Internazionale
AC Milan	Monza
Udinese	Roma
Torino	Cagliari
Genoa	Napoli
Venezia	Lecce
Parma	Atalanta

=====	
Matchday 37:	
Atalanta	Internazionale
Bologna	Parma
Fiorentina	Lecce
Lazio	Cagliari
AC Milan	Juventus
Napoli	Hellas Verona
Udinese	Empoli
Torino	Genoa
Como	Roma
Monza	Venezia
=====	
Matchday 38:	
Bologna	Torino
Empoli	Monza
Lazio	Venezia
Hellas Verona	Atalanta
Internazionale	Cagliari
Juventus	Como
Udinese	Fiorentina
Genoa	Roma
Lecce	AC Milan
Parma	Napoli
=====	

Συμπεράσματα

Βλέπουμε ότι η δημιουργία ενός προγράμματος πρωταθλήματος ποδοσφαίρου είναι μια περίπλοκη διαδικασία που χρειάζεται κάποιος να λάβει υπόψη του πολλούς περιορισμούς.

Βιβλιογραφία:

Κριτήρια και κανόνες για τον προγραμματισμό του πρωταθλήματος :

<https://www.legaseriea.it/en/media/serie-a/2023-2024-serie-a-schedule-criteria-and-restriction>

<https://www.legaseriea.it/en/media/serie-a/criteria-to-be-followed-for-the-draw-of-the-serie-a-2024-2025-calendar>

Τεκμηρίωση της βιβλιοθήκης pulp που
χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση του προβλήματος
<https://pypi.org/project/PuLP/>

Διδακτικές διαφάνειες της κα. Δασκαλάκη, κ. Βαλουξή
και κ. Πέππα
<https://eclass.upatras.gr/courses/EE916/>